វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

រៀបរៀងដោយ
បណ្ឌិត ស៊ុំ វាសនា
២០២១

CAMBODIA
RESEARCH CREATIVITY INNOVATION

គាំទ្រថវិកាលើការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អដោយ
មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

រៀបរៀងដោយ
បណ្ឌិត ស៊ូ វាសនា
២០២១

គាំទ្រថវិកាលើការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អដោយ
មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ

ការិយាល័យស្រាវជ្រាវ

គណៈកម្មការនិពន្ធ

លោក បណ្ឌិត ស៊ូ វាសនា បុគ្គលិកការិយាល័យស្រាវជ្រាវ

គណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យ

១- លោក ធូ រេណូ ប្រធានការិយាល័យស្រាវជ្រាវ

២- លោកបណ្ឌិត ជ័យចាន់អឿន ព្រឹទ្ធបុរសរងមហាវិទ្យាល័យវិទ្យាសាស្ត្រ

៣- លោកបណ្ឌិត ឈិញ នីដា សាស្ត្រាចារ្យមហាវិទ្យាល័យសិក្សាអភិវឌ្ឍន៍

បុព្វកថា

ដំណើរអភិវឌ្ឍនៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជានៅក្នុងយុគសម័យទំនើបនេះ ជាមេរៀនដ៏ជោគជ័យបំផុតមួយដែលចាប់ឫសគល់ចេញពីការបញ្ចប់របបប្រល័យពូជសាសន៍ ការបញ្ចប់សង្គ្រាម ការផ្សះផ្សារជាតិ ការកសាងមូលដ្ឋានរឹងមាំនៃសន្តិភាពនិងស្ថិរភាព និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ច។ នៅក្រោយពេលដែលសន្តិភាពត្រូវបានកើតឡើងដោយបរិបូរណ៍នៅឆ្នាំ១៩៩៨ កម្ពុជាទទួលកំណើនសេដ្ឋកិច្ចខ្ពស់ គឺប្រមាណ ៨% ក្នុងមួយឆ្នាំ។ លើសពីនេះទៀត អត្រានៃភាពក្រីក្រត្រូវបានកាត់បន្ថយពីប្រមាណ៥៣% នៅឆ្នាំ ២០០៤ មកនៅទាបជាង១០% នៅឆ្នាំ២០១៩។ ដំណើរនៃការអភិវឌ្ឍជាតិជាសកម្មភាពដែលបន្តទៅមុខជាប់ជានិច្ច ហើយគោលនយោបាយថ្មីៗដែលមានលក្ខណៈអន្តរវិស័យគ្រប់ដណ្ដប់ ក៏កំពុងលេចរូបរាងឡើង ដើម្បីតម្រង់ទិសកម្ពុជាឆ្ពោះទៅកាន់ប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលមធ្យមកម្រិតខ្ពស់នៅឆ្នាំ ២០៣០ និងឈានឡើងជាប្រទេសមានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់ នៅឆ្នាំ២០៥០។ ការប្រែប្រួលឆាប់រហ័សនៃនិម្មាបនកម្មពិភពលោកនិងតំបន់ រួមទាំងទំនាក់ទំនងភូមិសាស្ត្រនយោបាយ បានផ្ដល់កាលានុវត្តភាពសម្រាប់ការអភិវឌ្ឍឧស្សាហកម្មនៅកម្ពុជា ដែលត្រូវបានរាជរដ្ឋាភិបាលចាត់ទុកជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃកំណើនសេដ្ឋកិច្ចកម្ពុជា។ រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជាបាន និងកំពុងបន្តពង្រឹង និងអភិវឌ្ឍវិស័យអប់រំឆ្ពោះទៅរកការស្រាវជ្រាវ និងនវានុវត្តន៍ ដើម្បីពង្រឹងសមត្ថភាពនិងជំនាញរបស់ធនធានមនុស្សនៅកម្ពុជា ឱ្យស្របទៅនឹងបរិបទថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍ ជាពិសេសការពង្រឹងសហគ្រិនភាពក្នុងការរៀបចំម៉ូដែលធុរកិច្ចថ្មីៗ។ ដើម្បីចាប់យកកាលានុវត្តភាពពីបដិវត្តន៍ឧស្សាហកម្មទី៤ និងសេដ្ឋកិច្ចឌីជីថលដែលកំពុងផុសផុលឡើង ប្រព័ន្ធអេកូឡូហ្ស៊ីដែលបង្កលក្ខណៈអំណោយផលដល់ការបង្កើតថ្មី នវានុវត្តន៍ ការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ត្រូវតែមានការកែលម្អ។

បណ្ដាប្រទេសនៅទ្វីបអាស៊ីកំពុងនាំមុខក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ដោយមានភាគហ៊ុនប្រមាណ៤៤% នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក។ ប្រទេសចិនកំពុងបន្តកសាងហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ ក៏ដូចជាសមត្ថភាពមនុស្ស។ ផ្ទុយទៅវិញ ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូង និងអាហ្វ្រិក កំពុងស្ថិតនៅឆ្ងាយពីការវិនិយោគនេះ ហើយជាលទ្ធផលប្រទេសទាំងនោះក៏ពុំមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ចគួរឱ្យកត់សម្គាល់ដែរ។ ទុនវិនិយោគសរុបលើការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍរបស់ប្រទេសនៅទ្វីបអាមេរិកខាងត្បូងនិងអាហ្វ្រិក មានប្រមាណ៥%នៃការវិនិយោគទាំងមូលរបស់ពិភពលោក ក្នុងពេលដែលតំបន់ទាំង២នេះមានប្រជាជនប្រមាណ២០%នៃប្រជាជនពិភពលោក។ ប្រទេសចំនួន៦ដែលមានលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេនៅក្នុងការវិនិយោគលើការស្រាវជ្រាវនិងអភិវឌ្ឍ រួមមានសហរដ្ឋអាមេរិក ចិន ជប៉ុន អាល្លឺម៉ង់ ឥណ្ឌា និងកូរ៉េខាងត្បូង ដែលស្មើនឹងប្រមាណ៧០%នៃទុនវិនិយោគសរុបរបស់ពិភពលោក។

តើចំណេះដឹង ផលិតផល និងសេវាកម្មថ្មីទាំងនេះកើតឡើងពីអ្វី? ហើយកើតឡើងដោយរបៀបណា? ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាកំពុងតែកសាងមូលដ្ឋានសម្រាប់ការត្រៀមខ្លួនទទួល និងប្រកួតប្រជែងក្នុងយុគសម័យបដិវត្តឧស្សាហកម្មទី៤ នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ចដែលផ្អែកលើពុទ្ធិ ហើយដែលប្រការនេះ

ចាំបាច់តម្រូវឱ្យពលរដ្ឋកម្ពុជា ត្រូវក្លាយខ្លួនជាពលរដ្ឋឌីជីថល ពលរដ្ឋសកល និងពលរដ្ឋដែលប្រកបដោយការទទួលខុសត្រូវ ដែលមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ចែកចាយ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិដើម្បីទទួលមនុញ្ញផល និងរួមចំណែកក្នុងកំណើន។ ធនាគារពិភពលោកបានធ្វើការកត់សម្គាល់តាំងពីឆ្នាំ ២០០២នូវបម្លាស់ប្តូរនៃមូលដ្ឋានសេដ្ឋកិច្ច ពីសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើកម្លាំងពលកម្ម និងធនធានអតិកម្ម (Labour and Resource Based Economy) ទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិ (Knowledge Based-Economy) ដែលក្នុងន័យនេះ ពុទ្ធិគឺជាគន្លឹះនៃការអភិវឌ្ឍ។ អាស្រ័យហេតុនេះ នៅលើគន្លងដែលកម្ពុជាកំពុងធ្វើដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សេដ្ឋកិច្ចឌីជីថល សង្គមកម្ពុជាត្រូវតែមានសមត្ថភាពក្នុងការផលិត ជ្រើសរើស បន្សាំ បង្កើតមុខរបរ និងប្រើប្រាស់ពុទ្ធិ ដើម្បីរក្សានិរន្តរភាពនៃកំណើន និងកែលម្អជីវភាពរស់នៅ។ សមត្ថភាពទាំងនេះ អាចកើតឡើងនៅពេលពលរដ្ឋកម្ពុជាមានឱកាសក្នុងការទទួលបានបទពិសោធន៍ពីការស្រាវជ្រាវ ការបណ្តុះគំនិតច្នៃប្រឌិត និងការស្វែងរកនវានុវត្តន៍។

កំណែទម្រង់វិស័យអប់រំ គឺជាការត្រួសត្រាយមាគ៌ាសម្រាប់ដំណើរឆ្ពោះទៅកាន់សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ និងប្រជាពលរដ្ឋប្រកបដោយភាពរស់រវើក។ តាមរយៈមូលដ្ឋានអប់រំ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិនឹងប្រមូលផ្តុំ បង្កើត និងចែករំលែក ទៅកាន់សមាជិកក្នុងសង្គមនូវសម្បទាអប់រំ ពិសេសគឺពុទ្ធិសម្បទាក្នុងបុព្វហេតុនៃមនុស្សជាតិនិងឧត្តមប្រយោជន៍នៃប្រទេស។ សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ គឺពុំគ្រាន់តែជាសង្គមដែលសម្បូរព័ត៌មានប៉ុណ្ណោះទេ តែជាសង្គមដែលប្រជាពលរដ្ឋអាចធ្វើបរិវត្តកម្មពីព័ត៌មានទៅជាមូលធនប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាព។ ការរីកចម្រើនទៅមុខជាលំដាប់នៃបច្ចេកវិទ្យានិងតំណភ្ជាប់ បានពង្រីកព្រំដែននៃការចូលទៅកាន់ និងការទទួលបានព័ត៌មានជាសកល ហើយដែលក្នុងន័យនេះ ការអប់រំនឹងបន្តវិវត្តទៅមុខនិងមានការផ្លាស់ប្តូរ។ សង្គមមួយដែលមានអំណាន និងរាប់ជាបុរេលក្ខខណ្ឌនៃជីវភាពប្រចាំថ្ងៃនៃប្រជាពលរដ្ឋ ពេលនោះបំណិននៃអំណាន និពន្ធ និងការគណនាលេខនព្វន្ត គឺជាចលករនៃការរៀនរបស់សិស្ស។ ធាតុដ៏ចម្បងមួយដែលស្ថិតនៅក្នុងការកសាងសង្គមដែលប្រកបដោយពុទ្ធិគឺសៀវភៅសិក្សា ហើយការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សាជាប្រចាំ គឺជានវានុវត្តន៍នៃវិស័យអប់រំដែលនាំទៅរកការសិក្សាពេញមួយជីវិត ការអភិវឌ្ឍសម្បទាអប់រំ និងការចែករំលែកចំណេះដឹង។ មូលដ្ឋានអប់រំ ជាពិសេសគឺគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាត្រូវមានតួនាទីដែលប្រកបដោយការឆ្លើយតប ចំពោះតម្រូវការខាងលើនេះ។ សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំត្រូវបន្តសិក្សាជាប់ជានិច្ច តាមរយៈការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ហើយដែលសៀវភៅសិក្សាទាំងនេះនឹងក្លាយជាស្ពាននៃទំនាក់ទំនងរវាងនវានុវត្តន៍នៃបច្ចេកវិទ្យា និងការរៀននិងបង្រៀននៅក្នុងថ្នាក់រៀន។

សង្គមប្រកបដោយពុទ្ធិ ក៏ជាសង្គមដែលបណ្តុះឱ្យមានរចនាសម្ព័ន្ធទន់នៃសេដ្ឋកិច្ចដែលពឹងផ្អែកលើពុទ្ធិដែរ។ ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងនៃបែបផែននេះរួមមាន Silicon Valley នៃសហរដ្ឋអាមេរិក សួនឧស្សាហកម្មវិស្វកម្មអាកាសយានយន្តនិងយានយន្តនៅទីក្រុង Munich ប្រទេសអាល្លឺម៉ង់ តំបន់ជីវបច្ចេកវិទ្យានៅក្រុង Hyderabad ប្រទេសឥណ្ឌា តំបន់ផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិកនិងសារគមនាគមន៍ឌីជីថលនៅទីក្រុង Seoul ប្រទេសកូរ៉េខាងត្បូង ក៏ដូចជាសួនឧស្សាហកម្មថាមពល និងឥន្ទនគីមីសាស្ត្រនៃប្រទេសប្រេស៊ីល ហើយក៏នៅមានទីក្រុងនៃប្រទេសជាច្រើនទៀតនៅលើពិភពលោក។ លក្ខណៈសម្បត្តិ

នៃទីក្រុងទាំងនេះគឺការប្រើប្រាស់និន្នាការនៃការអភិវឌ្ឍដែលជំរុញ និងតម្រង់ទិសដោយចំណេះដឹង ហើយដែលចំណេះដឹងទាំងនោះកើតចេញជាដំបូងពីការវិនិយោគទៅលើគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា ស្ថាប័នស្រាវជ្រាវ មជ្ឈមណ្ឌលឧត្តមភាពនៃជំនាញជាន់ខ្ពស់ ការប្រកួតប្រជែងដោយគុណាធិបតេយ្យ និងជាពិសេសគឺការបណ្តុះវប្បធម៌អំណាននិងនិពន្ធសៀវភៅ។ ល្បឿននៃការរីកចម្រើនផ្នែកពុទ្ធិ និងបច្ចេកវិទ្យាកំពុងមានសន្ទុះលឿនជាងអ្វីដែលសិស្ស និងនិស្សិតអាចទទួលបានពីគ្រូនៅគ្រឹះស្ថានសិក្សា ដែលធ្វើឱ្យគោលដៅនៃការអប់រំនៅពេលបច្ចុប្បន្ននេះ មានការប្រឈមខ្លាំងជាងពេលណាទាំងអស់។ ឧទាហរណ៍ ក្នុងមួយឆ្នាំមានសៀវភៅជាង២,២លានចំណងជើង ត្រូវបានសរសេរនិងបោះពុម្ព ដែលក្នុងនោះប្រទេសចិនមាន ៤៤០ពាន់ ចំណែកឯសហរដ្ឋអាមេរិកមាន៣០៥ពាន់ និងប្រទេសរុស្ស៊ីមាន១២០ពាន់ចំណងជើង។

ខណៈពេលដែលបច្ចេកវិទ្យាកំពុងរីកចម្រើនជារៀងរាល់ថ្ងៃ មធ្យោបាយសម្រាប់អំណានក៏មានច្រើនជម្រើសសម្រាប់សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជន រួមមានការអានសៀវភៅ ការអានលើឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិក ការអានដោយប្រើទូរសព្ទវៃឆ្លាត និងការអានលើកុំព្យូទ័រ ដែលសុទ្ធសឹងជាមធ្យោបាយសំខាន់ៗដែលនាំអ្នកអានទាំងឡាយឱ្យសម្រេចគោលបំណងអានរបស់ខ្លួន។ ម្យ៉ាងវិញទៀត អំណានដោយប្រើមធ្យោបាយបច្ចេកវិទ្យាទំនើប ចំណាយពេលតិច ងាយស្រួលអាន និងជួយដល់បរិស្ថានមួយកម្រិតទៀត។ នាពេលបច្ចុប្បន្ន សិស្ស-និស្សិត និងសាធារណៈជនកម្ពុជាដែលស្រឡាញ់អំណានកំពុងតែប្រើប្រាស់មធ្យោបាយអំណានទាំងនេះ។ បើយើងក្រឡេកមើលទៅប្រទេសជឿនលឿន ទោះបីជាបច្ចេកវិទ្យារីកចម្រើនខ្លាំងយ៉ាងណា អំណានតាមរយៈសៀវភៅនៅតែមានសន្ទុះដដែល។ ម្យ៉ាងវិញទៀត បច្ចេកវិទ្យាអានបែបទំនើបតាមរយៈឧបករណ៍ទំនើប អាស្រ័យលើលទ្ធភាពនៃធនធានអប់រំឌីជីថល និងមាតិកាឌីជីថលគ្រប់គ្រាន់ដែលបានផលិត និងបង្ហោះចែកចាយសម្រាប់អំណាន។

ក្នុងបរិបទកម្ពុជា ជាពិសេសក្នុងបរិការណ៍នៃការផ្ទុះរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានជំរុញឱ្យមានបរិវត្តកម្មឌីជីថលនៅក្នុងអេកូស៊ីស្តែមនៃការអប់រំ ជាពិសេសការអប់រំតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក និងការអប់រំពីចម្ងាយដើម្បីលើកកម្ពស់អំណាន តាមរយៈការផលិតមាតិកាឌីជីថលដែលមានភាពចម្រុះ ការកសាងសមត្ថភាពផ្នែកតំណភ្ជាប់និងវេទិកាឌីជីថល ការពង្រីកវិសាលភាពនៃមជ្ឈមណ្ឌលទិន្នន័យ និងការលើកកម្ពស់គុណភាពនៃការផលិតធនធានអប់រំឌីជីថល គួបផ្សំជាមួយការចែកសន្លឹកកិច្ចការឱ្យសិស្សយកទៅរៀននៅផ្ទះ និងការចុះទៅជួបជាមួយសិស្សជាបណ្តុំនៅតាមសហគមន៍។ ក្នុងន័យលើកកម្ពស់អំណាន និងភាពសម្បូរបែបនៃធនធានសៀវភៅសិក្សា ឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាពនិងភាពស័ក្តិសិទ្ធិ និងផ្តល់ឱកាសអំណានកាន់តែច្រើនថែមទៀតដល់សិស្សានុសិស្ស និស្សិត និងសាធារណៈជន ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាលើកទឹកចិត្តនូវចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

១. សាស្ត្រាចារ្យ អ្នកស្រាវជ្រាវ និងបុគ្គលិកអប់រំ សូមបន្តនិងបង្កើនការបោះពុម្ពស្នាដៃបន្ថែមទៀត ដើម្បីធ្វើឱ្យធនធានសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប ជាពិសេសធនធានអំណានជាខេមរភាសា

២. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា សូមផ្តល់លទ្ធភាពគ្រប់បែបយ៉ាង ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់ និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចចូលរួមអាន និងសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមគ្រប់លទ្ធភាពជាមួយធនធានអំណាន ជាពិសេសការរៀបចំឱ្យមានពេលវេលាសម្រាប់សហសិក្សា និងអំណានក្នុងបណ្ណាល័យ
៣. សាស្ត្រាចារ្យតាមមុខវិជ្ជា និងអ្នកស្រាវជ្រាវតាមជំនាញឬវិស័យ ត្រូវរៀបចំដំណើរការរៀនបង្រៀន និងស្រាវជ្រាវដែលមានដាក់បញ្ចូលកិច្ចការស្វ័យសិក្សា សហសិក្សា ឬការស្រាវជ្រាវបណ្ណាល័យដែលតម្រូវឱ្យនិស្សិត ត្រូវអាននិងស្រាវជ្រាវជាមួយធនធានអំណាន
៤. គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងមជ្ឈមណ្ឌលស្រាវជ្រាវ ត្រូវខិតខំឱ្យអស់លទ្ធភាពក្នុងការបង្កើតបណ្ណាល័យ មជ្ឈមណ្ឌលរក្សាឯកសារ ឬមជ្ឈមណ្ឌលអប់រំឌីជីថលជាដើម ដើម្បីឱ្យបុគ្គលិកអប់រំគ្រប់លំដាប់ថ្នាក់និងនិស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាអាចទទួលបាន និងស្វែងរកប្រភពសម្រាប់អំណានកាន់តែសម្បូរបែប និងមានភាពបត់បែន ឆ្លើយតបតាមតម្រូវការអ្នកអាន
៥. និស្សិតគ្រប់កម្រិតសិក្សាត្រូវខិតខំនិងចំណាយពេលអាន និងចាត់ទុកវប្បធម៌ និងអកប្បកិរិយាអំណានជាផ្នែកមួយ នៃពេលវេលានិងភាពស៊ីវិល័យនៃជីវិតប្រចាំថ្ងៃ
៦. បងប្អូនជនរួមជាតិ ដែលជាមាតាបិតា ឬអ្នកអាណាព្យាបាល សូមជួយជំរុញនិងបង្កលក្ខណៈកាន់តែច្រើនថែមទៀត ជាពិសេសការលៃលកចំណាយនៅក្នុងគ្រួសារសម្រាប់ការទិញសម្ភារៈសិក្សា សៀវភៅអាន និងឧបករណ៍សម្រាប់អំណានដល់កូនៗ ដែលចាត់ទុកជាការវិនិយោគមួយដ៏សំខាន់ សម្រាប់ បង្កើនចំណេះដឹង និងអនាគតរបស់ពួកគេ។

ដោយមានការគាំទ្រពីក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ នៅឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ដែលហៅកាត់ថា "មូលនិធិ ស.គ.ន." និងហៅជាភាសាអង់គ្លេសថា The Research Creativity and Innovation Fund ដែលហៅកាត់ជាភាសាអង់គ្លេសថា "RCI Fund"។ គោលដៅចម្បងនៃមូលនិធិនេះ គឺរួមចំណែកលើកកម្ពស់វប្បធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ បំផុសគំនិតច្នៃប្រឌិត និងជំរុញការធ្វើនវានុវត្ត ដើម្បីជាប្រយោជន៍ដល់វិស័យអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងទីផ្សារពលកម្ម និងសាកលភាវូបនីយកម្ម។ មូលនិធិ ស.គ.ន. បានសម្រេចកំណត់ប្រធានបទ ជាអាទិភាពសម្រាប់ការគាំទ្រដោយមូលនិធិចំនួន៣ រួមមានឌីជីថលនីយកម្មសម្រាប់បដិវត្តឧស្សាហកម្ម៤.០ (Digitalization for IR.4.0) ការស្រាវជ្រាវអនុវត្តលើវិស័យកសិកម្ម (Applied Agricultural Research) និងការស្រាវជ្រាវគរុកោសល្យសតវត្សទី២១ (21st Century Pedagogy Research)។

ដោយមានការធ្វើអាទិភាពវូបនីយកម្មទៅលើទិសដៅ នៃការប្រើប្រាស់ថវិកាមូលនិធិសម្រាប់ឆ្នាំ២០២០ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ និងក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានផ្តល់ការគាំទ្រដល់ការ**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សា (Text book) ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា**។ គោលបំណងនៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អ សៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា គឺដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រីកសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូនដល់និស្សិត

ដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ លើសពីនេះទៀត ការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា មានគោលដៅដូចខាងក្រោម ៖

- ឆ្លើយតបជាបន្ទាន់ចំពោះការខ្វះខាតធនធានសិក្សា ដែលជាតម្រូវការសិក្សារបស់និស្សិតនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា
- លើកកម្ពស់ទំនើបភាវូបនីយកម្ម និងឧត្តមានុវត្តន៍នៃការរៀននិងបង្រៀន និងការស្រាវជ្រាវនៅលើមុខវិជ្ជា កម្មវិធីសិក្សា ឬមុខជំនាញជាក់លាក់
- បង្កើនភាពស៊ីជម្រៅក្នុងការកសាងវិជ្ជាជីវៈនិងបទពិសោធន៍សម្រាប់ឋានៈសាស្ត្រាចារ្យ និងអ្នកស្រាវជ្រាវ
- រួមចំណែកដល់ការកសាងភាពជាសហគមន៍វិជ្ជាជីវៈ ការចែករំលែកបទពិសោធន៍ និងវប្បធម៌នៃការរៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សានៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា បានវាយតម្លៃខ្ពស់ចំពោះការបោះជំហានប្រកបដោយមនសិការវិជ្ជាជីវៈនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងបុគ្គលិកអប់រំទាំងអស់ ក្នុងការរៀបចំ រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដើម្បីបង្កើនបរិមាណ លើកកម្ពស់គុណភាព និងពង្រឹងសមធម៌នៃធនធានសិក្សាជាខេមរភាសា ជូននិស្សិតដែលកំពុងបន្តការសិក្សា និងត្រៀមខ្លួនធ្វើការស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។ សៀវភៅសិក្សាជាផ្នែកមួយនៃការទទួលស្គាល់គុណភាពអប់រំនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងជាធនធានសិក្សាដែលជាមូលដ្ឋានមួយដ៏សំខាន់ ក្នុងការគាំទ្រដល់ការបង្រៀន និងរៀន ហើយត្រូវមានបរិមាណគ្រប់គ្រាន់ ឆ្លើយតបទៅនឹងកម្មវិធីអប់រំ និងតម្រូវការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ជាគោលការណ៍ គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សាទាំងអស់ ត្រូវមានសៀវភៅសិក្សាដែលប្រើជាគោលសម្រាប់មុខវិជ្ជានីមួយៗ។ ចំនួនសៀវភៅសិក្សាដែលគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ និងការសិក្សារបស់និស្សិត ត្រូវមានយ៉ាងតិចមួយចំណងជើងក្នុងមួយមុខវិជ្ជា ហើយត្រូវតម្កល់យ៉ាងតិច២ច្បាប់ នៅក្នុងបណ្ណាល័យ ឬអាចរកបានតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក។ ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា លើកទឹកចិត្តបន្ថែមទៀតជូនដល់គ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលបានស្នើសុំថវិកាមូលនិធិរួច សូមចូលរួមបន្ថែមទៀតដើម្បីបង្កើនចំនួនចំណងជើងសៀវភៅ។ ចំណែកគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សារដ្ឋ និងឯកជនដែលពុំទាន់បានដាក់ពាក្យស្នើសុំសូមចូលរួម ដើម្បីជាគុណប្រយោជន៍ដល់តម្រូវការដ៏ទទូច និងថ្លៃថ្លានៃនិស្សិតកម្ពុជាក្នុងការសិក្សា និងស្រាវជ្រាវនៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។

សេចក្តីបញ្ជាក់
នៃមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍

សៀវភៅសិក្សានេះជាលទ្ធផលនៃការស្នើសុំអនុវត្តថវិកាមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ ក្នុងគម្រោង**រៀបរៀង និពន្ធ និងកែលម្អសៀវភៅសិក្សា ដែលនឹងត្រូវប្រើប្រាស់នៅកម្រិតឧត្តមសិក្សា។** សៀវភៅសិក្សានេះ ត្រូវបានរៀបរៀង និពន្ធ ឬកែលម្អដោយមានការធានាអះអាងថាជាស្នាដៃរបស់អ្នកនិពន្ធផ្ទាល់ និងបានឆ្លងកាត់ត្រួតពិនិត្យ ផ្តល់យោបល់ និងវាយតម្លៃដោយក្រុមប្រឹក្សាអប់រំ ក្រុមប្រឹក្សាស្រាវជ្រាវ ឬក្រុមប្រឹក្សាដែលមានតម្លៃស្មើនៃគ្រឹះស្ថានឧត្តមសិក្សា និងតាមរយៈកិច្ចសន្យាដែលបានធ្វើឡើង និងដែលបានតម្កល់ទុកនៅមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍។ រាល់ខ្លឹមសារ ការបកស្រាយ និងរូបភាព គឺជាជំហរនិងទស្សនៈផ្ទាល់របស់អ្នកនិពន្ធ ហើយពុំឆ្លុះបញ្ចាំង ឬជាតំណាងដល់មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតច្នៃប្រឌិត និងនវានុវត្តន៍ នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡាឡើយ។

អារម្ភកថា

សៀវភៅនេះត្រូវបានរៀបរៀងឡើងក្រោមការឧបត្ថម្ភគាំទ្ររបស់មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតផ្តួចផ្តើម និង នវានុវត្តន៍សម្រាប់ទុកជាសៀវភៅសិក្សាគោលដើម្បីបម្រើឱ្យការរៀននិងបង្រៀនមុខវិជ្ជា "វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ" នៅសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ។ សៀវភៅនេះផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សាទាំងផ្នែកទ្រឹស្តីនិងអនុវត្តន៍ ដែលខ្លឹមសារគោលក្នុងសៀវភៅនេះមានតាំងពីមេរៀនទី១ "សេចក្តីផ្តើមពីការស្រាវជ្រាវ" រហូតដល់មេរៀនទី១៧ "ការប្រើប្រាស់កម្មវិធីទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធលីនេអ៊ែរ (Linear Structural Relations: LISREL)" ដែលអាចសមល្មមឱ្យអ្នកសិក្សាមុខវិជ្ជាវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវទាំងឡាយមានមូលដ្ឋានគ្រឹះរឹងមាំក្នុងការសិក្សាបន្ត ឬស្រាវជ្រាវបន្ថែម ឬក្នុងការប្រកបការងារផ្សេងៗក្នុងវិជ្ជាជីវៈរបស់ខ្លួន។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ សៀវភៅនេះក៏អាចចាត់ទុកជាឯកសារពិគ្រោះសម្រាប់អ្នកមានបំណងស្រាវជ្រាវគម្រោងផ្សេងៗផងដែរ។

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ខ្ញុំបាទ ស៊ូ វាសនា ជាសាស្ត្រាចារ្យស្រាវជ្រាវនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ និងជាអ្នករៀបរៀងសៀវភៅសិក្សាដែលមានចំណងជើងថា "វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ"។ ខ្ញុំបាទសូមសម្តែងនូវគារវកិច្ចដ៏ខ្ពង់ខ្ពស់ និងសូមគោរពថ្លែងអំណរគុណ និងដឹងគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅចំពោះ៖

- ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ច និងហិរញ្ញវត្ថុ ដែលបានផ្តល់ថវិកាមកក្រសួងអប់រំ ដើម្បីបង្កើតជាមូលនិធិសម្រាប់គាំទ្រដល់ការសរសេរសៀវភៅសិក្សាសម្រាប់កម្រិតឧត្តមសិក្សារបស់ខ្ញុំបាទនេះ។

- ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលមាន ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសភាចារ្យរដ្ឋមន្ត្រី ហង់ជួន ណារ៉ុន ជាប្រមុខដឹកនាំបង្កើតមូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតផ្តួចផ្តើម និងនវានុវត្តន៍ឡើង ដើម្បីគាំទ្រទាំងស្រុងដល់ដំណើរការសរសេរសៀវភៅនេះ ដែលជាចំណែកមួយក្នុងបេសកកម្មកំណែទម្រង់វិស័យអប់រំឧត្តមសិក្សារបស់លោក។

- ឯកឧត្តមបណ្ឌិត សាន វឌ្ឍនា អនុរដ្ឋលេខាធិការក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា ដែលក្នុងនាមលោកជាតំណាងមូលនិធិ លោកបានយកអស់កម្លាំងការចិត្ត ជួយចាត់ចែងនិងជ្រោមជ្រែងយ៉ាងពេញទំហឹង ព្រមទាំងផ្តល់ជាអនុសាសន៍និងដំណោះស្រាយនានា ដើម្បីជំនះនូវរាល់ឧបសគ្គដែលកើតមានក្នុងដំណើរការសរសេរសៀវភៅនេះ។

- ឯកឧត្តមបណ្ឌិត ជេត ជាលី សាកលវិទ្យាធិការនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ ដែលបានយកអស់កម្លាំងកាយចិត្ត ព្រមទាំងពេលវេលាដ៏មមាញឹកនិងមានតម្លៃរបស់លោកក្នុងការជួយលើកទឹកចិត្ត ជួយខ្នះខ្នែងដោះស្រាយ និងផ្តល់អនុសាសន៍ដ៏ត្រឹមត្រូវ ក៏ដូចជាបង្កលក្ខណៈងាយស្រួលនានា ទាំងផ្នែករដ្ឋបាល និងទាំងផ្នែកបច្ចេកទេស ដើម្បីឲ្យដំណើរការរៀបរៀងសៀវភៅនេះបានប្រព្រឹត្តទៅដោយរលូនហូតចប់ចុងចប់ដើម។

- លោក លួន ពេជ្របូរី និង អស់លោក-លោកស្រី ជាក្រុមការងារសម្របសម្រួលទាំងអស់របស់មូលនិធិស្រាវជ្រាវ គំនិតផ្តួចផ្តើម និងនវានុវត្តន៍ ដែលបានយកអស់កម្លាំងកាយចិត្ត ជួយឈឺឆ្អាលក្នុងការដោះស្រាយបញ្ហាប្រឈមនានាយ៉ាងសស្រាក់សស្រាំជាទីបំផុត ដោយមិនត្អូញត្អែរ និងមិនខ្លាចនឿយហត់ ដើម្បីឲ្យការសរសេរសៀវភៅនេះប្រព្រឹត្តទៅដោយរលូន។

- ឯកឧត្តមបណ្ឌិត ស្រ៊ី ថាវិទ្ធ អ្នកសម្របសម្រួលសាលាក្រោយឧត្តម និង លោកបណ្ឌិត សុខ សិរី អនុប្រធានការិយាល័យស្រាវជ្រាវ ដែលតែងជួយឈឺឆ្អាល ជួយសម្របសម្រួល និងផ្តល់សេវាសម្រាប់ការប្រជុំបច្ចេកទេសនានាតាមអនឡាញតាំងពីដើមរៀងមក។

- អស់លោក-លោកស្រី ជាសមាជិក-សមាជិកាគណៈកម្មការអភិវឌ្ឍសៀវភៅសិក្សា ក៏ដូចជាគណៈកម្មការត្រួតពិនិត្យសៀវភៅសិក្សារបស់សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ ដែលបានជួយផ្តល់ជាតុចូលដល់សៀវភៅនេះឲ្យកាន់តែមានគុណភាពប្រសើរថែមទៀត។

- ជាចុងក្រោយ និងជាពិសេស លោក ធូ រេណូ ប្រធានការិយាល័យស្រាវជ្រាវនៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញ ដែលតែងជួយផ្តល់ជាតុចូលចំពោះរាល់ឯកសារការងារ ទាំងផ្នែករដ្ឋបាលនិងទាំងផ្នែកបច្ចេកទេស លោកថែមទាំងជួយសម្រួលរាល់បញ្ហាប្រឈមនានាយ៉ាងដឹតដល់បំផុត ដោយមិនប្រកាន់ពេលវេលា និងដោយចិត្តជ្រះថ្លា ហូតការសរសេរសៀវភៅនេះទទួលបានជោគជ័យជាស្ថាពរ។

មាតិកា

បុព្វកថា..i

សេចក្តីបញ្ជាក់..vi

អារម្ភកថា..vii

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ...viii

មាតិកា..ix

បញ្ជីតារាង...xviii

បញ្ជីរូបភាព...xxi

មេរៀនទី១ សេចក្តីផ្តើមអំពីវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ..1

១. សេចក្តីផ្តើម..1

២. ទស្សនៈជុំវិញអត្ថន័យនៃពាក្យ "ស្រាវជ្រាវ"...1

៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ..2

៤. ការជម្រុញទឹកចិត្តឱ្យចង់ស្រាវជ្រាវ (Motivation in Research)...............................2

៥. ប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវ (Types of Research)..3

៦. ដំណើរការនៃការស្រាវជ្រាវ (Research Process)៖...4

៧. វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ...4

៧.១. ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Qualitative Research)......................................4

៧.២. ការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ (Quantitative Research)...............................4

៧.៣. វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និង គុណវិស័យ.....................................5

៧. ៤. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ...7

៧.៥. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Characteristics of Qualitative Research)..........7

៨. ការសន្និដ្ឋាន...8

មេរៀនទី២ ការរៀបចំវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ...9

១. សេចក្តីផ្តើម..9

២. ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវ (Research Design)...9

៣. ប្រភេទនៃការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវ (Types of Research Design)........................10

៣.១. ការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវបកគំហើញថ្មី (Exploratory Research) 10
៣.២. ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នា (Descriptive Research) 11
៣.៣. ការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល (Causal Research) 12
៤. លក្ខណៈខុសគ្នានៃរបៀបស្រាវជ្រាវទាំងបី 12
៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 14
មេរៀនទី៣ ការប្រមូលទិន្នន័យ និងប្រភេទទិន្នន័យ 15
១. សេចក្តីផ្តើម 15
២. ប្រភព និងប្រភេទនៃនិន្នន័យ 15
២.១. ទិន្នន័យចម្បង ឬបឋម (Primary Data) 16
២.២. ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ (Secondary Data) 16
៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 18
មេរៀនទី ៤ ការរៀបចំស្រាវជ្រាវបរិមាណវិស័យ 19
១. សេចក្តីផ្តើម 19
២. ការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា៖ របាយប្រេកង់ និងដ្យាក្រាម 20
២.១. របាយប្រេកង់ (Frequency Distribution) 21
២.២. ការរៀបទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬជាក្រុម (Organizing Categorical Data) 21
២.៣. រៀបចំទិន្នន័យជាលេខ (Organizing Numerical Data) 22
២.៣.១. តើអ្វីទៅជាប្រេកង់ (What is Frequency) ? 22
២.៣.២. ប្រេកង់ធៀប (Relative Frequency) 22
២.៤. ដ្យាក្រាម ឬក្រាហ្វិក (Graphics) 23
២.៤.១. ដ្យាក្រាមសសរ (Bar-Chart) 23
២.៤.២. ដ្យាក្រាមផ្លិត (Pie-Chart) 24
២.៤.៣. អ៊ីស្តូក្រាម (Histogram Chart) 25
២.៤.៥. ដ្យាក្រាមពហុកោណ (Polygon Chart) 27
២.៤.៦. ដ្យាក្រាមប៉ារេតូ (Pareto Chart) 28
២.៥. ការបែងចែកថ្នាក់និងការរៀបចំទិន្នន័យ (Data Classification & Organizing) 30
២.៥.១. ទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬប្រភេទ (Categorical Data) 30

២.៥.២. ទិន្នន័យផ្ដុំជាក្រុម (Grouped Data) 32
២.៥.៣. ទិន្នន័យមិនផ្ដុំជាក្រុម (Ungrouped Data) 34
៣. ការសិក្សាបែបពិពណ៌នា៖ ការវិភាគទិន្នន័យជាលេខ 35
៣.១. ទ្រឹស្ដីទំនោរមធ្យម (Central Tendency Theory) 35
៣.១.១. មធ្យមភាគ (Mean) 35
៣.១.២. មធ្យមភាគនៃទិន្នន័យផ្ដុំជាក្រុម (Mean for Grouped Data) 38
៣.១.៣. មេដ្យាន (Median) 39
៣.១.៤. ម៉ូត (Mode) 40
៣.១.៥. តម្លៃកណ្ដាល (Midrange) 41
៣.១.៦ មធ្យមទម្ងន់ (Weighted Mean) 41
៣.២. រង្វាស់នៃបម្រែបម្រួល (Variation Measurement) 43
៣.២.១. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួល (Range) 43
៣.២.២. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលអន្តរកាទីល (Interquartile Range: IQR) 44
៣.២.៣. វ៉ារ្យ៉ង់ (Variance) 46
៣.២.៤. គម្លាតស្តង់ដារ (Standard Deviation) 47
៤. ការសិក្សាស្រាវជ្រាវដោយប៉ាន់ស្មាន ឬ ការសិន្នដ្ឋាន (Inferential Research) 48
៥. សេចក្ដីសន្និដ្ឋាន 48
មេរៀនទី ៥ ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ 49
១. សេចក្ដីផ្ដើម 49
២. គោលបំណងនៃការសិក្សាតាមបែបគុណវិស័យ 50
៣. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Characteristics of Qualitative Research) 52
៣.១ សម្ភាសន៍មានរចនាសម្ព័ន្ធ (Structured or formal Interview) 52
៣.២ សម្ភាសន៍ពាក់កណ្ដាលរចនាសម្ព័ន្ធ (Semi-structured Interview) 53
៣.៣ សម្ភាសន៍គ្មានរចនាសម្ពន្ធ ឬសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅ (Unstructured or In-depth interview) 53
៤. នីតិវិធីនៃការវិភាគទិន្នន័យសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ 55
៥. ការវិភាគទិន្នន័យបែបគុណវិស័យដោយប្រើកុំព្យូទ័រជាជំនួយ 57
៦. សេចក្ដីសន្និដ្ឋាន 58

មេរៀនទី៦ មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ និងការរៀបចំកម្រងសំណួរ 59
១. សេចក្តីផ្តើម 59
២. ប្រភេទនៃមាត្រដ្ឋានរង្វាស់ 60
២.១. មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal scale) 60
២. ២. មាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal Scale) 61
២.៣. មាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale) 62
២. ៤. មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio Scale) 62
៣. មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ដែលត្រូវបានប្រើជាទូទៅក្នុងការស្រាវជ្រាវ 63
៣.១. មាត្រដ្ឋាន ឡៃឃើត (Likert Scale) 63
៣.២. មាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសឺម៉ង់ទិក (Semantic Differential Scale) 64
៣.៣. មាត្រដ្ឋាន Staple (Staple Scale) 65
៣.៤. មាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃ (Multiple Rating scale) 65
៤. នីតិវិធីនៃការរៀបចំកម្រងសំណួរ (Questionnaire Design Procedure) 66
៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 67
មេរៀនទី៧ ការជ្រើសរើស និងការកំណត់ទំហំសំណាក 68
១. សេចក្តីផ្តើម 68
២. តើអ្វីទៅជាសាកលស្ថិតិ (Population)? 68
៣. តើអ្វីទៅជាសំណាក? 68
៤. វិធីសាស្ត្រជ្រើសរើសសំណាក 69
៤. ១. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេ (Probability Sampling Methods) 70
៤.២. ការជ្រើសសំណាកក្រៅប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេ (Non-probability Sampling Methods) 73
៥. វិធីសាស្ត្រកំណត់ទំហំសំណាក 75
៥.១. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់លោក Yamane (1973) 75
៥.២. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់លោក Bowerman et al. (2019) 76
៥.៣. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់ លោក Cochran (1963) 77
៦. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 78

មេរៀនទី៨ កម្រិតជឿជាក់ និងតេស្តសម្មតិកម្ម.......79
១. សេចក្តីផ្តើម.......79
២. របាយណ៍រម៉ាល់.......79
៣. ចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval).......81
៣.១. ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ និង ស្ថិតិ (Parameter and Statistics).......81
៣.១.១. ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ.......81
៣.១.២. ស្ថិតិ.......81
៣.២. វិធិសាស្ត្រស្ថិតិ (Statistical Methods).......82
៣.២.១. ស្ថិតិពិព៌ណនា (Descriptive Statistics).......82
៣.៣.២. ស្ថិតិបែបសន្និដ្ឋាន (Inferential Statistics).......82
ក១. ការប៉ាន់ស្មាន (Estimation).......82
ក-១.១. ការប៉ាន់ស្មានជាចំណុច (Point Estimation).......83
ក-១.២. ការប៉ាន់ស្មានជាចន្លោះ (Interval Estimation).......83
ក-១.២.១ ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះភាពជឿជាក់សម្រាប់ករណីស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (Confidence Interval Estimate for the Mean: σ is Known).......87
ក-១.២.២. ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់ករណីមិនស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (Confidence Interval Estimate for the Mean: σ is unknown).......89
៣. ការធ្វើតេស្តសកម្មតិកម្ម (Hypothesis Testing).......92
៤. ទស្សនៈទាននៃសម្មតិកម្ម (The Concepts of Hypothesis).......92
៤.១. សម្មតិកម្មទទេ (Alternative Hypothesis).......92
៤.២. សម្មតិកម្មជំនួស (Alternative Hypothesis).......93
៥. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម (Hypothesis Statement).......93
៥.១. តេស្តសម្មតិកម្មសងខាង (Two-tailed Hypothesis Test).......94
៥.២. តេស្តសម្មតិកម្មតែម្ខាង (One-tailed Hypothesis Test).......95
៦. កម្រិតសំខាន់នៃតេស្តស្ថិតិ (Significance Level of Statistical Test).......96
៧. ការតេស្តសម្មតិកម្មករណីស្គាល់ σ (Hypothesis Testing is σ Known).......96
៨ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មករណីមិនស្គាល់តម្លៃ σ.......98

៩. ការតេស្តសម្មតិកម្មតាមវិធីសាស្ត្រតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេ p-value 101
១០. ការតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈកម្មវិធី MegaSta, និង Minitab 105
១០.១. ការអនុវត្តកម្មវិធី Minitab 105
១០.២. ការអនុវត្តកម្មវិធី MegaSta 106
១១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 108
មេរៀនទី៩ ទំនាក់ទំនងនិងពហុរីគ្រេសសិន 109
១. សេចក្តីផ្តើម 109
២. ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) និងទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation) 109
៣. ប្រភេទនៃទំនាក់ទំនង (Types of Relationships) 110
៣. ទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation) 115
៣.១. មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរសាកលស្ថិតិ (The Population Correlation Coefficient) 115
៣.២. មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរលីនេអ៊ែរ (The Linear Correlation Coefficient) 115
៤. វិធានសម្រាប់មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ (Rule for the Correlation Coefficient) 116
៥. រីគ្រេសសិន (Regression) 118
៥.១. បន្ទាត់ល្អបំផុត (Line of Best Fit) 118
៥.២. ការកំណត់សមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន 119
៥.២.១. គំរូរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរងាយ** (Simple Linear Regression Models) 119
៥.២.២. គំរូពហុរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ** (Multiple Linear Regression Models) 124
៥.៣. វិធានសម្រាប់ចំនួនថេរ និងមេគុណប្រាប់ទិស 130
៦. រង្វាស់បម្រែបម្រួល (Measures of Variation) 132
៦.១. រង្វាស់បម្រែបម្រួលក្នុងរីគ្រេសសិន (Measures of Variation in Regression) 133
៦.២. ប្លង់រីស៊ីដ្យួល (Residual Plot) 134
៦.៣. ការគណនាមេគុណរីគ្រេសសិន (The Coefficient of Determination) 136
៦.៤. កំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មាន (Standard Error of the Estimate) 139
៧. ការរកសមីការបន្ទាត់ និងមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរដោយប្រើ **MegaSta** និង **Minitab** 141
៧.១. ការរកសមីការបន្ទាត់ និងមេគុណទំនាក់ទំនងតាមកម្មវិធី MegaSta 141
៧.២. ការរកសមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន និងមេគុណទំនាក់ទំនងតាមកម្មវិធី Minitab 143

៨. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 145
មេរៀនទី១០ ការវិភាគឡូជីស្ទីករីគ្រេសសិន 146
១. សេចក្តីផ្តើម 146
២. ទ្រឹស្តីឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic Regression Theory) 147
២.១. អនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Function of Logistic Regression) 148
២.២. ប្រភេទទិន្នន័យឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Data Types of Logistic Regression) 151
៣. ការវិភាគភាពត្រឹមត្រូវនៃគំរូ (Analysis of Model Fit) 152
៣.១. ស្ថិតិ Pseudo-R^2 និង R^2 (R^2 and Pseudo-R^2 Statistics) 153
៣.២. ស្ថិតិគម្លាត (Deviance Statistics) 154
៣.៣. តេស្តផលធៀបឡៃលីហ៊ូដ (Likelihood Ratio Test) 154
៣.៤. តេស្ត Hosmer–Lemeshow GOF 155
៤. ការបកស្រាយលទ្ធផលឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន 155
៤.១. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន 157
៤.២. ការបកស្រាយលទ្ធផលនៃឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន 160
៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 163
មេរៀនទី១១ ការវិភាគដោយប្រើទំនាក់ទំនងកាណូនិក 165
១. សេចក្តីផ្តើម 165
២. ទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation) 165
៣. នីតិវិធីក្នុងការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូកាណូនិក (Cannonical Correlation Procedures) 166
៤. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 181
មេរៀនទី១២ ការវិភាគតាមអាណូវ៉ា 182
១. សេចក្តីផ្តើម 182
២. ការវិភាគតាមអាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way ANOVA) 183
៣. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្តអាណូវ៉ាដោយប្រើតម្លៃសំខាន់ (Critical Value) 183
៤. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្ត ANOVA ដោយផ្អែកលើតម្លៃសំខាន់ (Critical Value) 184
៥. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្ត ANOVA ដោយផ្អែកលើតម្លៃ p-value 189
៦. អាណូវ៉ាទ្វេរបៀប (Two-Way ANOVA) 196

៧. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 202
មេរៀនទី១៣ ការវិភាគបម្រែបម្រួលពហុអថេរតាមម៉ាណូវ៉ា 204
១. សេចក្តីផ្តើម 204
២. មុខងារម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) 205
៣. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមម៉ាណូវ៉ា 206
៣.១. ការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA) ចំពោះអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស" 208
៣.២. ការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA) ចំពោះអថេរ "រយៈពេលការងារ (Job Tenure)" 211
៣.៣. Two-Way MANOVA របស់ "Salary" និង "Job Tenure" 214
៤.សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 218
មេរៀនទី១៤ ការវិភាគរួម 219
១. សេចក្តីផ្តើម 219
២. សារៈសំខាន់នៃការវិភាគរួម (The Importance of Conjoint Analysis) 219
៣. ការស្វែងយល់ពីគុណតម្លៃនៃការវិភាគរួម (Understanding the Value of Conjoint Analysis) 224
៤. ការបង្កើតគុណលក្ខណៈនិងកម្រិតក្នុងការវិភាគរួម (Formulating Attributes and Levels in Conjoint Analysis) 226
៤.១. ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមរបៀបចាស់ 227
៤.២. ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមបែបទំនើប 235
៥.សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 251
មេរៀនទី១៥ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ 253
១. សេចក្តីផ្តើម 253
២. មាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ 254
៣. ការកំណត់ជាតុចូលសំខាន់ៗក្នុងមាត្រដ្ឋានពហុភាគី 256
៤. ការអនុវត្តមាត្រដ្ឋានពហុភាគី 258
៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 268
មេរៀនទី១៦ ការវិភាគដោយប្រើកម្មវិធីអេម៉ូស 269
១. សេចក្តីផ្តើម 269

២. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (Confirmatory Factor Analysis) 270
២.១. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA)៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី១ (First-Ordered Factor Model) 275
២.២. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA)៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី២ (Second-Ordered Factor Model) 288
២.៣. ការវិភាគកត្តាកំណត់ CFA ៖ គំរូតាមលំដាប់ឋានានុក្រម (Hierarchical-Ordered Model) 295
៣. ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) 297
៤. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 303
មេរៀនទី១៧ ការប្រើប្រាស់កម្មវិធីទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធលីនេអ៊ែរ 304
១. សេចក្តីផ្តើម 304
២. មុខងាររបស់ LISREL 304
៣. ការវិភាគកត្តាបញ្ជាក់ (Confirmatory Factor Analysis) 306
៤. ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) SEM) 325
៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន 337
សេចក្តីសង្ខេបរបស់សៀវភៅ 338
ឯកសារយោង 339

បញ្ជីតារាង

តារាង២.១. លក្ខណៈខុសគ្នារវាងរបៀបស្រាវជ្រាវទាំងបី..........12

តារាង៤.១. ការទិញទំនិញតាមអ៊ីនធឺណិត..........21

តារាង៤.២. ជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-19 សម្រាប់ព្រឹត្តិការណ៍២០កុម្ភៈ (គិតត្រឹមថ្ងៃទី១២ មីនា ២០២១)..........22

តារាង៤.៣. ស្ថិតិពីលទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិលើការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោរបស់ក្រុមហ៊ុន Pizza..........25

តារាង៤.៤. កំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក..........26

តារាង៤-៥. កំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក..........27

តារាង៤.៦. កំណត់ត្រារបស់បូលីស (ទិន្នន័យដើម)..........29

តារាង៤.៧. កំណត់ត្រារបស់បូលីស (ទិន្នន័យតំរៀប)..........29

តារាង៤.៧ខាងក្រោមបង្ហាញពីរបៀបនៃការរៀបចំទិន្នន័យជាចំណាត់ថ្នាក់៖..........31

តារាង៤.៨. ការធ្វើតេស្តឈាមរបស់កងទ័ព..........31

តារាង៤.៩. របាយប្រេកង់តាមទំហំថ្នាក់ឬតាមក្រុមនៃទិន្នន័យ..........32

តារាង៤.១០. បំណែងចែកចំនួនប្រជាជនតាមផលធៀបភេទ និងក្រុមអាយុនៅកម្ពុជាឆ្នាំ1998-2019..........33

តារាង៤.១១. អត្រាស៊ីសាំងគិតជាម៉ាយល៍ក្នុងមួយហ្គាឡុង..........34

តារាង៤.១២. ចំនួនអ្នកឆ្លងជំងឺកូវីដ-១៩ (២០ កុម្ភៈ - ១៥ មីនា ២០២១)..........36

តារាង៤.១៣. ចម្ងាយមធ្យមដែលអ្នកហាត់កីឡារត់បានក្នុងមួយសប្តាហ៍គិតជាម៉ាយល៍..........38

តារាង៤.១៤. ជួយសម្រួលដល់ការគណនាពិន្ទុជាមធ្យមភាគសរុប (Grade Point Average)..........43

តារាង៥.១. ការសិក្សាស្រាវជ្រាវបែបគុណវស័យ..........54

តារាង៦.១. មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal scale)..........60

តារាង៦.២. មាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal Scale)..........61

តារាង៦.៣. មាត្រដ្ឋានជាចន្លោះ (Interval Scale)..........62

តារាង៦.៤. មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio Scale)..........63

តារាង៦.៥. មាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក (Semantic Differential Scale)..........64

តារាង៦.៦. មាត្រដ្ឋាន Staple (Staple Scale)..........65

តារាង៦.៧. មាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃ (Multiple Rating scale)..........65

តារាង៨.១. កំណើនបំណែងចែកស្តង់ដារ (Cumulative Standard Normal Distribution)..........85

តារាង៨.២. បំណែកចែក t (The t Distribution) 90
តារាង៩.១. ប្លង់ពង្រាយ និងទំនាក់ទំនង 110
តារាង៩.២. អវត្តមាននិងលទ្ធផលពិន្ទុ 114
តារាង៩.៣. ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត 116
តារាង៩.៤. ការប៉ាន់ស្មានពីចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត 117
តារាង៩.៥. ចំនួនអវត្តមាននិងលទ្ធផលពិន្ទុសិក្សា 121
តារាង៩.៦. លទ្ធផលដែលបានពីការប្រើកម្មវិធី MegaSta៖ ចំនួនអវត្តមាននិងពិន្ទុសិក្សា 123
តារាង៩.៧. ទិន្នន័យដើមនៃការកល់ទូរសព្ទដៃ 127
តារាង៩.៩. លទ្ធផលនៃការធ្វើពហុរីក្រេសសិនលើការលក់ទូរសព្ទតាមម្មវិធី Minitab-19 129
តារាង៩.១០. គំរូសម្រាប់រកសមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន 130
តារាងទី.៩-១១. ទិន្នន័យសម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិនរបស់ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត 131
តារាង៩.១២. ទិន្នន័យការលក់ក្រណាត់ផ្កាឈូករ័ត្ន 134
តារាង៩.១៣. ការកំណត់តម្លៃ Residual 135
តារាង៩.១៤. លទ្ធផលនៃការលក់ Sunflowers (កម្មវិធី EXCEL) 137
តារាង៩.១៥. លទ្ធផលនៃការលក់ Sunflowers (កម្មវិធី Minitab) 137
តារាង៩.១៦. ការគណនាមេគុណរីក្រេសិនសមីការបន្ទាត់ 138
តារាង៩.១៧. ការគណនាមេគុណរីក្រេសិនតាមកម្មវិធី EXCEL 139
តារាង៩.១៨. ទិន្នន័យអំពីអាយុរបស់ម៉ាស៊ីនថតចម្លងនិងថ្លៃថែទាំប្រចាំខែ 141
តារាង៩.១៩. លទ្ធផលនៃការប្រើកម្មវិធី MegaSta 143
តារាង១០.២. លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវពីការស្ទាបស្ទង់មតិបុគ្គលិកធនាគារ 161
តារាង១០.៣. លទ្ធផលសង្ខេបនៃឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression) 162
តារាង១១.២. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មទី1 ឬ Canonical Model-1 178
តារាង១១.៣. សង្ខេបតេស្តសម្មតិកម្មទី1 ឬគំរូទី1 នៃទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Model-1) 179
តារាង១២.១. លទ្ធផលស្តេសម្មតិកម្មរបស់កម្មវិធី Minitab 19 189
តារាង១២.២. លទ្ធផលតស្តេសម្មតិកម្មរបស់កម្មវិធី MegaSta 190
តារាង១២.៣A. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.005) 192
តារាង១២.៣B. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.01) 193

តារាង១២.៣C. Critical Values of the F-Distribution (α = .025) 194

តារាង១២.៣D. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.05) 195

តារាង១២.៣E. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.10) 196

តារាង១២.៤. លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍លើការថែរក្សាបុគ្គលិករបស់ Two-way ANOVA............................ 200

តារាង១៣.១. លទ្ធផលតេស្តរបស់ One-way MANOVA (Salary) 210

តារាង១៣.២. លទ្ធផលតេស្តរបស់ One-way MANOVA (Job Tenure) 213

តារាង១៣.៣A. តារាងលទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)" និង "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)"...216

តារាងទី ១៣.៣B. តារាងលទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)" និង "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)"...216

តារាង១៣.៤. លទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)" និង "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)"...216

តារាង១៤.២. គំរូការរៀបចំទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី Excel (Excel spreadsheet with conjoint data) 230

តារាង១៤.៣: ការកូដទិន្នន័យ Dummy code 231

តារាង១៤.៤. Dummy code ក្រោយពីការលុបចោលជួរទី1នៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗនៃផលិតផល............. 232

តារាង១៤.២. លទ្ធផលនៃអនុវត្តនូវការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) 250

តារាង១៤.៣. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ Conjoint analysis...251

តារាង១៦.១. លទ្ធផលសរុបនៃ CFA (The results of overall CFA) 292

តារាង១៦.២. លទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ SEM 301

តារាង១៧.១. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ CFA 323

តារាង១៧.២៦. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ SEM 332

បញ្ជីរូបភាព

ដ្យាក្រាម១.១. លំហូរនៃដំណើរការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យនិងគុណភាពវិស័យ (Creshwell, 2012)....... 6
ដ្យាក្រាម៣.១. ប្រភេទទិន្នន័យ 17
ដ្យាក្រាម៣.២. របាយការណ៍ស្តីពីជំងឺរាតត្បាត Covid-19..18
ដ្យាក្រាម៤.១. ដ្យាក្រាមសសរស្តីពីករណីឆ្លងជំងឺកូវីដ-១៩ ក្នុងសហគមន៍ ២០កុម្ភៈ ២០២១ 24
ដ្យាក្រាម៤.២. ដ្យាក្រាមផ្លិតស្តីពីលទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិលើម៉ាកយីហោ Pizza ជាភាគរយ.................... 25
ដ្យាក្រាម៤.៣. អ៊ីស្តូក្រាមស្តីពីកំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក 26
ដ្យាក្រាម៤-៤. ដ្យាក្រាមពហុកោណស្តីពីកំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក.. 28
ដ្យាក្រាម៤.៥. ដ្យាក្រាមប៉ារេតូ (Pareto Chart) ស្តីពីប្រភេទបទល្មើសនៅសហរដ្ឋឆ្នាំ២០១១....................... 30
ដ្យាក្រាមទី៤.៦. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលអន្តរកាទីល 44
ដ្យាក្រាម៧.១. សាកលស្ថិតិ និងសំណាក...69
ដ្យាក្រាម៧.២. វិធីសាស្រ្តនៃការជ្រើសរើសសំណាក.. 70
ដ្យាក្រាម៧.៣. សំណាកចៃដន្យសាមញ្ញ 71
ដ្យាក្រាម៧.៤. សំណាកជាស្រទាប់.. 72
ដ្យាក្រាម៧.៥. សំណាកជាចង្កោម 73
ដ្យាក្រាម៨.១. ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់... 80
ដ្យាក្រាម៨.២. ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ និងគម្លាតស្តង់ដារ 81
ដ្យាក្រាម៨.៣. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 90%...84
ដ្យាក្រាម៨.៤. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 95% 86
ដ្យាក្រាម៨.៥. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 99% 86
ដ្យាក្រាម៨.៦. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសងខាង...94
ដ្យាក្រាម៨.៧. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ.. 95
ដ្យាក្រាម៨.៨. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេង... 95
ដ្យាក្រាម៨.៩. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មសងខាង 97
ដ្យាក្រាម៨.១០. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ...98
ដ្យាក្រាម៨.១១. លទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេង 100

ដ្យាក្រាម៨.១២. លទ្ធផលនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ.....101
ដ្យាក្រាម៨.១៣. លទ្ធផលការតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំតាមវិធីសាស្ត្រ P-value.....103
ដ្យាក្រាម៨.១៤. លទ្ធផលការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសងខាងតាមវិធីសាស្ត្រ P-value.....104
ដ្យាក្រាម៨.១៥. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំតាមវិធីសាស្ត្រ p-value ដោយប្រើកម្មវិធី Minitab.....106
ដ្យាក្រាម៨.១៦. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេងតាមវិធីសាស្ត្រ p-value ដោយប្រើកម្មវិធី MegaSta.....107
ដ្យាក្រាម៩.១. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**វិជ្ជមាន(Positive Linear Relationship).....111
ដ្យាក្រាម៩.២. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**អវិជ្ជមាន(Negative Linear Relationship).....111
ដ្យាក្រាម៩.៣. ទំនាក់ទំនងរាងខ្សែកោង (Curvilinear Relationship).....112
ដ្យាក្រាម៩.៤. គ្មានទំនាក់ទំនង (No Relationship).....112
ដ្យាក្រាម៩.៥. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**វិជ្ជមានរវាងម៉ោងសិក្សានិងលទ្ធផលពិន្ទុប្រឡង.....113
ដ្យាក្រាម៩.៦. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**អវិជ្ជមានរវាងម៉ោងសិក្សានិងលទ្ធផលពិន្ទុចុងក្រោយ.....114
ដ្យាក្រាម៩.៧. មេគុណទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**.....115
ដ្យាក្រាម៩.៨. បន្ទាត់រីក្រេសសិនល្អបំផុត.....118
ដ្យាក្រាម៩.៩. បន្ទាត់រីក្រេសសិនល្អបំផុត.....119
ដ្យាក្រាម៩.១០. ពិជគណិតនៃបន្ទាត់ (Algebra of a Line).....124
ដ្យាក្រាម៩.១១. សញ្ញាសម្គាល់ស្ថិតិសម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន.....124
ដ្យាក្រាម៩.១២. ការព្យាករការជក់បារី និងមហារីកសួត (សមីការ**លីនេអ៊ែរ**សាមញ្ញ).....125
ដ្យាក្រាម៩.១៣. ការព្យាករការពេញចិត្តរបស់អ្នកប្រើប្រាស់សេវាកម្មទូរសព្ទ (ពហុរីក្រេសិន**លីនេអ៊ែរ**).....126
ដ្យាក្រាម៩.១៤. ជំហាននៃការអនុវត្តពហុរីក្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ**.....129
ដ្យាក្រាម៩.១៥. បន្ទាត់តាងសមីការរីក្រេសសិន.....132
ដ្យាក្រាម៩.១៦. វង្វាស់បម្រែបម្រួល.....133
ដ្យាក្រាម៩.១៧. Residual Plots.....136
ដ្យាក្រាម៩.១៨. ជំហាននៃការអនុវត្តន៍សម្រាប់កម្មវិធី MegaSta.....142
ដ្យាក្រាម៩.១៩. ជំហាននៃការអនុវត្តកម្មវិធី Minitab 19.....145
ដ្យាក្រាម១០.១. ម៉ូដែលឡូជីស្ទីករីក្រេសសិន (Logistic regression model).....148
ដ្យាក្រាម១០.២. ម៉ូដែលឡូជីស្ទីករីក្រេសសិន (Logistic regression model).....149
ដ្យាក្រាម១០.៣. អនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression function).....151

ដ្យាក្រាម១០.៤. គំរូក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវអំពីចេតនានៃការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក....................................156
តារាង១០.១. កម្រងសំណួរស្ទាបស្ទង់មតិ 157
ដ្យាក្រាម១០.៥. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic regression)................................158
ដ្យាក្រាម១០.៦. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic regression) 159
ដ្យាក្រាម១០.៧. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic regression)...............................159
ដ្យាក្រាម១០.៨. លទ្ធផលនៃឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic regression) 160
ដ្យាក្រាម១១.១. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវ (Conceptual framework) អំពីភាពពេញចិត្តនឹងការងារ.................166
ដ្យាក្រាម១១.២. សាំងតាក់ (Cannonical syntax) 176
ដ្យាក្រាម១១.៣. Cannonical syntax 176
ដ្យាក្រាម១១.៤. លទ្ធផលវិភាគតាមគំរូកាណូនិកទី១ (Cannonical Model-1)...177
ដ្យាក្រាម១១.៥. លទ្ធផលរបស់ Cannonical Model-1 (CAN-N_0-1) 180
ដ្យាក្រាម១២.១. ខ្សែកោងតាងរបាយ F (F-distribution) 186
ដ្យាក្រាម១២.២. លទ្ធផលតេស្តរបស់ ANOVA និង ខ្សែកោង F-distribution 188
ដ្យាក្រាម១២.៣. ការបង្ហាញពីរបៀបនៃការគណនាតម្លៃរបស់ ANOVA តាមកម្មវិធី Minitab 191
ដ្យាក្រាម១២.៤. ការបង្ហាញពីរបៀបនៃការគណនាតម្លៃរបស់ ANOVA តាមកម្មវិធី MegaSta 192
ដ្យាក្រាម១២.៥. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវនៃការថែរក្សាបុគ្គលិក..201
ដ្យាក្រាម១២.៦. ជំហាននីមួយៗរបស់អាណូវ៉ាពីរវិធី two-way ANOVA 202
ដ្យាក្រាម១២.៧. ជំហាននីមួយៗរបស់ two-way ANOVA.. 202
ដ្យាក្រាម១៣.១. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវតាម "ម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA)" 207
ដ្យាក្រាម១៣.២. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវតាម "ម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-Way MANOVA)" 208
ដ្យាក្រាម១៣.៣. ជំហាននៃម៉ាណូវ៉ា (One-Way MANOVA)សម្រាប់អថេរប្រាក់បៀវត្ស (Salary)............ 209
ដ្យាក្រាម១៣.៤. ជំហាននៃ One-Way MANOVA (Job Tenure)...212
ដ្យាក្រាម១៣.៥. ជំហាននៃ Two-Way MANOVA (Salary និង Job Tenure)......................................215
ដ្យាក្រាម១៤.១. សំណួរវាយតម្លៃជារួម (Conjoint rating question) 222
ដ្យាក្រាម១៤.២. សំណួររួមផ្អែកលើជម្រើស (Choice-based conjoint question)................................ 223
ដ្យាក្រាម១៤.៣. សំណួរស្ទង់មតិសារៈសំខាន់ (Importance survey questions) 225
ដ្យាក្រាម១៤.៤. សំណួរថ្លឹងថ្លែងប្រៀបធៀបជាគូ (Pairwise trade-off question) 225

ដ្យាក្រាម១៤.៥. ការរៀបចំពិសោធន៍ (Experiental design) 227
ដ្យាក្រាម១៤.៦. កម្មវិធី Excel សម្រាប់ជំនួយដល់ការវិភាគទិន្នន័យ (Add-in Data Analysis) 228
ដ្យាក្រាម១៤.៧. លទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis) 234
ដ្យាក្រាម១៤.៨. ការពិសោធន៍អំពីការសម្រេចចិត្តរបស់អតិថិជនក្នុងការទិញម៉ាក Lenovo ThinkPad X1...... 235
ដ្យាក្រាម១៤.៩. បង្កើតទិន្នន័យតាមរបៀបអរតូកូណាល់ Orthogonal Design.. 236
ដ្យាក្រាម១៤.១០. បង្កើតទិន្នន័យអរតូកូណាល់ Orthogonal Design—[Processor] 237
ដ្យាក្រាម១៤.១១. បង្កើតទិន្នន័យអរតូកូណាល់ Orthogonal Design—[Price Option] 237
ដ្យាក្រាម១៤.១២. បង្កើតទិន្នន័យអរតូកូណាល់ Orthogonal Design—[Battery Life] 238
ដ្យាក្រាម១៤.១៣. រក្សាទិន្នន័យទុកក្នុងថតឯកសារ 239
ដ្យាក្រាម១៤.១៤. លទ្ធផលនៃការបង្កើតទិន្នន័យទី1 239
ដ្យាក្រាម១៤.១៥. ការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ... 240
ដ្យាក្រាម១៤.១៦. ការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ... 240
ដ្យាក្រាម១៤.១៧. លទ្ធផលនៃការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ...241
ដ្យាក្រាម១៤.១៨. កម្រងសំណួរសម្រាប់កាតទី1 នៃ 9.. 242
ដ្យាក្រាម១៤.១៩. កម្រងសំណួរទី2 សម្រាប់កាតទី12 នៃ 9 243
ដ្យាក្រាម១៤.២០. ការចងកូដនិងដាក់ឈ្មោះឯកសារទី2 (Variable View) 244
ដ្យាក្រាម១៤.២១. ការចងកូដនិងដាក់ឈ្មោះឯកសារទី2 (Data View)... 245
ដ្យាក្រាម១៤.២២. ថតឯកសារនិងការក្សាទុកឯកសារ.. 245
ដ្យាក្រាម១៤.២៣. នីតិវិធីនៃការសសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax)...246
ដ្យាក្រាម១៤.២៤. នីតិវិធីនៃការសសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax) 248
ដ្យាក្រាម១៤.២៥. បញ្ជាឱ្យកុំព្យូទ័រធ្វើការវិភាគដើម្បីបង្ហាញលទ្ធផល (Run Syntax)...............................249
ដ្យាក្រាម១៤.២៦. លទ្ធផលរបស់ Conjoint analysis ជាមួយទិន្នន័យថ្មី..251
ដ្យាក្រាម១៤.២៧. សង្ខេបលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis) 252
ដ្យាក្រាម១៥.១. ការវិភាគភាពខ្លាំង (Important Performance Analysis) 255
ដ្យាក្រាម១៥.២. តម្លៃនិងការរចនាម៉ូតរបស់ក្រុមហ៊ុនទូរសព្ទស្មាតហ្វូន.. 256
ដ្យាក្រាម១៥.៣. ការកំណត់ទីតាំងនៃគុណតម្លៃរបស់ភេសជ្ជៈ 258
ដ្យាក្រាម១៥.៤. ការបញ្ចូលទិន្នន័យ-Variable View 260

ដ្យាក្រាម១៥.៥. ការបញ្ចូលទិន្នន័យ-Data View 260
ដ្យាក្រាម១៥.៦. ការបង្កើតលទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី1 261
ដ្យាក្រាម១៥.៧. លទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី1 262
ដ្យាក្រាម១៥.៨. ការបង្កើតលទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី2 263
ដ្យាក្រាម១៥.៩. លទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី2 263
ដ្យាក្រាម១៥.១០. ការបញ្ចូលទិន្នន័យរួមគ្នាដំណាក់កាលទី1 និងទី2 264
ដ្យាក្រាម១៥.១១. ការបញ្ចូលទិន្នន័យរួមទី2 265
ដ្យាក្រាម១៥.១២. លទ្ធផលនៃការវិភាគតាម MDS ដើម 266
ដ្យាក្រាម១៥.១៣. លទ្ធផលនៃការវិភាគតាម MDS ដំណាក់កាលកែសម្រួល 266
ដ្យាក្រាម១៥.១៤. លទ្ធផលវិភាគតាម MDS លើការប្រើប្រាស់ភេសជ្ជៈនៅក្នុងព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា 268
ដ្យាក្រាម១៦.១. ក្របខណ្ឌទស្សនទានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវអំពី "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" (Conceptual Framework for Employee Retention) 271
ដ្យាក្រាម១៦.២. ការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS 274
ដ្យាក្រាម១៦.៣. ផ្ទាំងបង្ហាញពីកម្មវិធី AMOS 275
ដ្យាក្រាម១៦.៤. ការបញ្ចូល Syntax ក្នុង AMOS 277
ដ្យាក្រាម១៦.៥. Import SPSS Data (ការទាញចូលទិន្នន័យពី SPSS) 277
ដ្យាក្រាម១៦.៦. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS) 279
ដ្យាក្រាម១៦.៧. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Run Data] 279
ដ្យាក្រាម១៦.៧. First-Ordered Factor Model: ELS-[Unstandard Estimates] 280
ដ្យាក្រាម១៦.៨. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Modification Index] 281
ដ្យាក្រាម១៦.៩. First-Ordered Factor Model: ELS-[Standardized estimates] 282
ដ្យាក្រាម១៦.១០. First-Ordered Factor Model: ELS-[Invisible Modification Index] 283
ដ្យាក្រាម១៦.១១ First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Copy Results] 284
ដ្យាក្រាម១៦.១២. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Final Report] 284
ដ្យាក្រាម១៦.១៣. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Deleted items] 285
ដ្យាក្រាម១៦.១៤. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Modification Index] 286
ដ្យាក្រាម១៦.១៥. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Final Report] 287

ដ្យាក្រាម១៦.១៦. First-Ordered Factor Model: Employee Retention (EMR)-[Modification Index].287

ដ្យាក្រាម១៦.១៧. First-Ordered Factor Model: Employee Retention (EMR)-[Final Report]..........288

ដ្យាក្រាម១៦.១៨. Second-Ordered Factor Model: Overall Model 289

ដ្យាក្រាម១៦.១៩. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Modification Index] 289

ដ្យាក្រាម១៦.២០. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Final Report] 290

ដ្យាក្រាម១៦.២១. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Estimates Outputs]..................291

ដ្យាក្រាម១៦.២២. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Model Fit Outputs] 292

ដ្យាក្រាម១៦.២៣. SEM (Modification Index)...298

ដ្យាក្រាម១៦.២៤. SEM (Estimates)..299

ដ្យាក្រាម១៦.២៥. SEM (Model Fit)... 300

ដ្យាក្រាម១៦.២៦. SEM (Final Report)..301

ដ្យាក្រាម១៧.១. និមិត្តសញ្ញារបស់ LISREL 306

ដ្យាក្រាម១៧.២. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវរបស់ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ" 309

ដ្យាក្រាម១៧.៣. ការរៀបចំទិន្នន័យក្នុង SPSS 310

ដ្យាក្រាម១៧.៤. ផ្ទាំងគំរូកម្មវិធី LISREL 8.80 311

ដ្យាក្រាម១៧.៥. ការទាញទិន្នន័យចូលក្នុងកម្មវិធីរបស់ LISREL...312

ដ្យាក្រាម១៧.៦. ការកំណត់និយមន័យ និងមុខងាររបស់អថេរ...312

ដ្យាក្រាម១៧.៧. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA..313

ដ្យាក្រាម១៧.៨. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA 314

ដ្យាក្រាម១៧.៩. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA 315

ដ្យាក្រាម១៧.១០. Run Data (បង្កើតលទ្ធផលតាម CFA)...315

ដ្យាក្រាម១៧.១១. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម..316

ដ្យាក្រាម១៧.១២. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (Standardized Solution).......................................317

ដ្យាក្រាម១៧.១៣. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (T-values)..317

ដ្យាក្រាម១៧.១៤. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (Modification Indices) 319

ដ្យាក្រាម១៧.១៥. សន្ទស្សន៍កំណែសម្រួល (Modification Indices): BE_2 និង BE_1...............................319

ដ្យាក្រាម១៧.១៦. លទ្ធផលចុងក្រោយបន្ទាប់ពីកែសម្រួលរួច: BE_2 និង BE_1 (Standardized Solution) 320

ដ្យាក្រាម១៧.១៧. លទ្ធផលចុងក្រោយពីការកែសម្រួល: BE_2 និង BE_1 (T-value) 325
ដ្យាក្រាម១៧.១៨. លទ្ធផលរបស់ CFA ជា Output Windows សម្រាប់ម៉ូដែលស្ថិតិ 325
ដ្យាក្រាម១៧.១៩. គំរូរបស់ Structural Equation Modeing (SEM) 326
ដ្យាក្រាម១៧.២០. មុខងាដ្យាក្រាមរបស់ SEM 327
ដ្យាក្រាម១៧.២១. ការគូដ្យាក្រាមរបស់ SEM 328
ដ្យាក្រាម១៧.២២. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM 329
ដ្យាក្រាម១៧.២៣. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM (Standardized Solution) 330
ដ្យាក្រាម១៧.២៤. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM (t-value) 330
ដ្យាក្រាម១៧.២៥. លទ្ធផលសម្រេចរបស់ SEM (Standardized Solution) 331
ដ្យាក្រាម១៧.២៦. លទ្ធផលសម្រេចរបស់ SEM (Output Windows) 333
ដ្យាក្រាម១៧.២៧. របៀបគូពីដ្យាក្រាមរបស់ SEM 334
ដ្យាក្រាម១៧.២៨: Mediating effect of "Brand Prestige" 336

មេរៀនទី១ សេចក្តីផ្តើមអំពីវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

ខ្លឹមសារនៃមេរៀនទី១នេះគឺជាសេចក្តីផ្តើមអំពីវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវដែលផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សានូវទស្សនៈ និងទិដ្ឋភាពទូទៅនៃគំរូស្រាវជ្រាវព្រមទាំងវិធីសាស្ត្រទូលំទូលាយដែលជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសម្រាប់សិក្សា និងស្រាវជ្រាវផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិ និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ អ្នកសិក្សានឹងបានយល់ដឹងអំពីរបៀបជ្រើសរើសឧបករណ៍ស្ថិតិស្រាវជ្រាវសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យដែលពេញនិយមក្នុ ងវិស័យវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមដើម្បីប្រមូលនូវព័ត៌មានឱ្យបានត្រឹមត្រូវក្នុងការរៀបចំគម្រោងស្រាវជ្រាវឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ មេរៀនេះក៏នឹងផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សានូវចំណេះដឹង និងជំនាញពិតប្រាកដក្នុងការរៀបចំគំរោងស្រាវជ្រាវ និងការបកស្រាវលទ្ធផលស្រាវជ្រាវប្រកបដោយលក្ខណៈស្តង់ដារ និងស្របតាមនីតិវិធីនៃការស្រាវជ្រាវតាមបែបវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។

១. សេចក្តីផ្តើម

វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវគឺជាបំនិនមួយបែបក្នុងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រដែលត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងការប្រមូលព័ត៌មាន ឬទិន្នន័យ ការរៀបចំ ការសង្ខេប ការវិភាគទិន្នន័យ និងការធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋានចំពោះលទ្ធផលដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់ (Bluman, 2018; Bowerman, O’Connell, & Murphree, 2019)។ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវមានន័យទូលំទូលាយ និងត្រូវបានយកមកប្រើជាឧបករណ៍សម្រាប់វិភាគហើយបានក្លាយជាវិធីសាស្ត្រវិភាគស៊ីជម្រៅក្នុងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រ សេដ្ឋកិច្ច សង្គម អាជីវកម្ម និងក្នុងធម្មជាតិជាដើម។ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវគឺជាគ្រឿងបំភ្លឺនិងផ្តល់គំនិតបានសព្វគ្រប់និងស៊ីជម្រៅ សម្រាប់ជួយដល់អ្នកកាន់ការទាំងឡាយឱ្យធ្វើការសម្រេចចិត្តបានកាន់តែប្រសើរ។ វិធានស្ថិតិនានាក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវអាចជួយដោះស្រាយបញ្ហាដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការសម្រេចចិត្តដោយផ្អែកលើទិន្នន័យដែលប្រមូលបាន។

២. ទស្សនៈជុំវិញអត្ថន័យនៃពាក្យ “ស្រាវជ្រាវ”

តើការស្រាវជ្រាវគឺជាអ្វី? តាមវចនានុក្រមសម្តេចព្រះសង្ឃរាជ ជួន ណាត ពាក្យ “ស្រាវជ្រាវ” មានថ្នាក់ពាក្យជាកិរិយាស័ព្ទ ដែលមានន័យថា “រាវរកឱ្យឃើញការពិត, សើរើពិនិត្យឱ្យឃើញសព្វគ្រប់តាំងពីដើមដល់ចប់, សាកសួរសង្កេតដោយពិនិត្យយ៉ាងល្អិតល្អន់”។ បើយើងពិនិត្យពាក្យ “Re-search” មានន័យថា “ស្វែងរកឡើងវិញ” ។ អត្ថន័យនៃពាក្យថា “ការស្រាវជ្រាវ” ដែលយើងចង់បញ្ជាក់នៅទីនេះគឺសំដៅលើការស្វែងរកការពិតអំពីបាតុភូតអ្វីមួយដែលកំពុងស្ថិតក្នុងភាពអាថ៌កំបាំងដោយផ្អែកលើវិធានវិទ្យាសាស្ត្រ។ តែទោះយ៉ាងណា អត្ថន័យនេះមិនទាន់អាចត្រូវបានចាត់ទុកថាជានិយមន័យដ៏ត្រឹមត្រូវឥតខ្ចោះសម្រាប់ពាក្យ “ការស្រាវជ្រាវ” នេះបាននៅឡើយទេព្រោះវាអាចមានន័យថាព័ត៌មានស្រាវជ្រាវមិនត្រូវបានប្រមូលផ្តុំបានត្រឹមត្រូវ។ គេអាចចាត់ទុក “ការស្រាវជ្រាវ” គឺជាការស្វែងរកចំណេះដឹងដោយអនុវត្តតាមក្បួនខ្នាតវិទ្យាសាស្ត្រ ដោយមានរបៀបច្បាស់លាស់ ដោយមានភាពស៊ីសង្វាក់គ្នាពីដើមដល់ចប់ដែលអាចពន្យល់បកស្រាយបាន និងដែលគួរឱ្យទុកចិត្តបាន ដើម្បីទទួលបាននូវចំណេះដឹងថ្មីៗ។ គេអាចកំណត់ន័យស្រដៀងគ្នានេះថា “ការស្រាវជ្រាវ” គឺជាការខិតខំប្រឹងប្រែងជាប្រព័ន្ធ ដើម្បីទទួលបានចំណេះដឹងថ្មីៗ ឬដើម្បីដោះស្រាយនូវបញ្ហាប្រឈមដែលអាចឈានដល់ការរៀបចំផែនការអ្វីមួយប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាព។ លោក Creshwell បានហៅ “ការស្រាវជ្រាវ” ថាជាដំណើរការប្រមូលនិងវិភាគព័ត៌មានដែលត្រូវបានអនុវត្តជាជំហានៗ

ដើម្បីបង្កើនការយល់ដឹងរបស់យើងអំពីប្រធានបទឬបញ្ហាអ្វីមួយដែលបាននឹងកំពុងកើតឡើង (Creshwell, 2012)។ ជាទូទៅ ការស្រាវជ្រាវអាចផ្តោតលើ៖

ក. ចោទជាសំណួរ

ខ. ប្រមូលទិន្នន័យដើម្បីឆ្លើយសំណួរ

គ. បង្ហាញចម្លើយចំពោះសំណួរ។

ដើម្បីពិពណ៌នាអំពីការស្រាវជ្រាវឱ្យបានជាក់លាក់និងច្បាស់លាស់ គេបានបែងចែកការស្រាវជ្រាវជាច្រើនប្រភេទដោយផ្អែកលើភាពជាក់លាក់នៃគោលបំណងរបស់វាដូចជាការស្រាវជ្រាវផ្នែកអនុវត្តន៍ (Applied Research) និងការស្រាវជ្រាវផ្នែកមូលដ្ឋានគ្រឹះ (Basic Research) ជាដើម ។ ការស្រាវជ្រាវផ្នែកអនុវត្តន៍គឺជាការស្រាវជ្រាវដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហាពាក់ព័ន្ធនឹងការសម្រេចចិត្តលើផ្នែកជាក់លាក់ណាមួយនៃអាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន ឬអង្គការ ណាមួយ។ រីឯការស្រាវជ្រាវមូលដ្ឋានគ្រឹះគឺជាការស្រាវជ្រាវដែលមិនមានគោលបំណងដោះស្រាយបញ្ហាអ្វីមួយ ហើយដែលមិនពាក់ព័ន្ធនឹងការសម្រេចចិត្ត ឬតម្រូវការអ្វីមួយរបស់ក្រុមហ៊ុនឬអង្គការណាមួយឡើយ។ វាជាការស្រាវជ្រាវផ្នែកទ្រឹស្តីដើម្បីពង្រីកចំណេះដឹងជាទូទៅ (Zikmund, Babin, Carr, & Griffin, 2013)។

៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ

ការស្រាវជ្រាវមានគោលបំណងផ្សេងៗដូចជា៖

- ដើម្បីផ្តល់ចំណេះដឹងទាក់ទងនឹងការរៀបចំទីផ្សារ សេដ្ឋកិច្ច ឬផ្នែកផ្សេងទៀតដែលខ្វះភាពច្បាស់លាស់ (Zikmund et al., 2013)។

- ដើម្បីស្វែងរកចម្លើយចំពោះសំណួរតាមរយៈការអនុវត្តន៍ក្បួនខ្នាតវិទ្យាសាស្ត្រ ឬដើម្បីស្វែងរកការពិតដែលត្រូវបានលាក់កំបាំងហើយដែលមិនទាន់ត្រូវបានគេរកឃើញនៅឡើយ (Kothari, 2004)។

៤. ការជម្រុញទឹកចិត្តឱ្យចង់ស្រាវជ្រាវ (Motivation in Research)

តើការជម្រុញទឹកចិត្តយើងឱ្យចង់ធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវមានអ្វីខ្លះ? អ្នកសិក្សាម្នាក់ចង់ធ្វើការស្រាវជ្រាវអាចបណ្តាលមកពីកត្តាជម្រុញ ឬមូលហេតុមួយឬច្រើនដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. ចង់បានសញ្ញាបត្រស្រាវជ្រាវតាមរយៈការបោះពុម្ពអត្ថបទក្នុងទស្សនាវដ្តី

ខ. ចង់បានសេចក្តីអំណរខាងបញ្ញាពីភាពច្នៃប្រឌិតតាមរយៈការសិក្សាស្រាវជ្រាវ

គ. មានបំណងប្រាថ្នាចង់បម្រើសង្គម និង

ឃ. មានបំណងចង់ទទួលបានការគោរពក្នុងសហគមន៍អប់រំ។

នៅមានកត្តាជម្រុញដទៃទៀតដូចជាសេចក្តីណែនាំរបស់រដ្ឋាភិបាល លក្ខខណ្ឌការងារ ការចង់ដឹងចង់ឃើញរបស់ថ្មីៗ ចង់ស្វែងយល់ពីទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល និងការគិតក្នុងសង្គមជាដើម។ល។

៥. ប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវ (Types of Research)

តាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ គេបានបែងចែកការស្រាវជ្រាវជាច្រើនប្រភេទដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. ការស្រាវជ្រាវផ្នែកមូលដ្ឋានគ្រឹះ (Basic research)៖ គឺមានគោលបំណងដើម្បីដោះស្រាយសំណួរដែលមិនច្បាស់ ឬស្វែងរកចំណេះដឹងថ្មីៗ ឬទ្រឹស្តីដែលមានផលជះដោយផ្ទាល់ ឬភ្លាមៗទៅលើសកម្មភាពជាក់ស្តែង ឬការសម្រេចចិត្តលើគោលនយោបាយផងដែរ។ សរុបមកការស្រាវជ្រាវមូលដ្ឋានគឺជាការស្រាវជ្រាវដែលត្រូវបានធ្វើឡើងដើម្បីពង្រីកការយល់ដឹងជាជាងដោះស្រាយបញ្ហាជាក់លាក់ (Burns & Veeck, 2020)។

ខ. ការស្រាវជ្រាវផ្នែកអនុវត្តន៍ (Applied research)៖ គឺជាការស្រាវជ្រាវសម្រាប់យកលទ្ធផលទៅអនុវត្ត។ ការស្រាវជ្រាវប្រភេទនេះមានគោលបំណងស្វែងរកឱកាស ឬស្វែងរកដំណោះស្រាយសម្រាប់បញ្ហាជាក់ស្តែង ឬបញ្ហាបន្ទាន់ដែលប្រឈមមុខនឹងសង្គម ស្ថាប័ន ផ្នែកឧស្សាហកម្ម ឬអាជីវកម្មណាមួយជាដើម (Cooper & Schindler, 2014)។

គ. ការស្រាវជ្រាវសកម្មភាព (Action research)៖ គឺជាដំណើររួមសម្រាប់អ្នកសិក្សាបញ្ចប់ការសិក្សាផ្នែកអប់រំនិងវិទ្យាសាស្ត្រមនុស្សផ្សេងទៀត។ ការស្រាវជ្រាវសកម្មភាពផ្តោតលើទស្សនៈអ្នកអនុវត្តដ៏សំខាន់ដោយឆ្លុះបញ្ចាំងទៅក្នុងការចូលរួមនិងការជំរុញឱ្យមានការវាយតម្លៃ ដើម្បីធ្វើឱ្យមានការផ្លាស់ប្តូរជាចាំបាច់ក្នុងការអនុវត្តដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហាប្រឈមអ្វីមួយចំពោះបុគ្គល ស្ថាប័ន ឬសហគមន៍ណាមួយ។ អ្នកគ្រប់គ្រងធ្វើការស្រាវជ្រាវដើម្បីទទួលបានការយល់ដឹងឱ្យបានច្បាស់លាស់អំពីសភាពពិតនៃស្ថានការអ្វីមួយ មុននឹងធ្វើការសម្រេចចិត្ត។ ការស្រាវជ្រាវសកម្មភាពត្រូវបានរៀបចំឡើងដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហាស្មុគស្មាញនិងជាក់ស្តែងដែលបាននឹងកំពុងកើតមានឡើង។ បន្ទាប់មក អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងធ្វើការស៊ើបអង្កេតពីផលជះនៃដំណោះស្រាយដែលបានអនុវត្តកន្លមកនោះ (Cooper & Schindler, 2014)។

ឃ. ការស្រាវជ្រាវគោលនយោបាយ (Policy research)៖ ការសិក្សាប្រភេទនេះគឺជួយអ្នកស្រាវជ្រាវឱ្យក្លាយជាអ្នកអនុវត្តល្អប្រសើរក្នុងការស្រាវជ្រាវ តាមរយៈការផ្តល់ព័ត៌មានដល់អ្នកបង្កើតគោលយោបាយ នៅពេលពួកគេស្រាវជ្រាវនិងជជែកអំពីប្រធានបទអប់រំ ឬសុខាភិបាល ឬបញ្ហាសង្គមជាដើម។ អ្នកបង្កើតគោលនយោបាយអាចមានដូចជាចាប់ពីនិយោជិតសមាជិករដ្ឋាភិបាល សមាជិកសហព័ន្ធ បុគ្គលិករដ្ឋ សមាជិកក្រុមប្រឹក្សាភិបាល គ្រូបង្រៀនតាមសាលានិងអ្នករដ្ឋបាលជាដើម។ ចំពោះបុគ្គលទាំងនេះ ការស្រាវជ្រាវប្រភេទនេះផ្តល់នូវលទ្ធផលដែលអាចជួយពួកគេឱ្យចេះធ្វើការថ្លឹងថ្លែងមុននឹងធ្វើការសម្រេចចិត្តលើចំណុចនីមួយៗនៃគោលនយោបាយ។ នៅពេលដែលអ្នកធ្វើគោលនយោបាយបានអាននូវលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវអំពីបញ្ហាអ្វីមួយ ពួកគេត្រូវបានជូនដំណឹងអំពីការជជែកវែកញែក និងជំហរបច្ចុប្បន្ន ដែលបានរៀបចំឡើងដោយមន្ត្រីសាធារណៈដទៃទៀត។ ដើម្បីជាអត្ថប្រយោជន៍ ការស្រាវជ្រាវចាំបាច់ត្រូវសង្ខេបលទ្ធផលឱ្យបានច្បាស់លាស់ ដោយមានទាំងទិន្នន័យជាភស្តុតាងបង្អែកទៀតផង (Creshwell, 2012)។

ង. ការស្រាវជ្រាវសិក្សា (Academic research)៖ គឺជាការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយដែលអាចមានការពាក់ព័ន្ធនឹងការសសេរសារណា ឬនិក្ខេបបទសម្រាប់បំពេញលក្ខខណ្ឌបញ្ចប់ការសិក្សា ឬគម្រោងស្រាវជ្រាវសម្រាប់សាកលវិទ្យាល័យជាដើម។ ការសិក្សាប្រភេទនេះគឺជាការយកទ្រឹស្តីដែលពាក់ព័ន្ធនឹងប្រធានបទស្រាវជ្រាវ មកសិក្សាដើម្បីពង្រីកចំណេះដឹងថ្មី រួចចែករំលែកក្នុងសហគមន៍សិក្សា។ ការស្រាវជ្រាវសិក្សាក៏អាចផ្តល់យោបល់ដល់អ្នកធ្វើគោលនយោបាយនិងអ្នកពាក់ព័ន្ធក្នុងការអភិវឌ្ឍន៍សហគ្រាសធុនតូចនិងមធ្យមផងដែរ (Gibb, 2000)។

៦. ដំណើរការនៃការស្រាវជ្រាវ (Research Process)៖

ក្នុងការស្រាវជ្រាវផ្នែក**សិក្សាអប់រំ** និងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម គេត្រូវអនុវត្តតាមជំហានជាមូលដ្ឋានគ្រឹះដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. កំណត់បញ្ហាស្រាវជ្រាវ (Identifying a research problem)

ខ. ការពិនិត្យឡើងវិញនូវទ្រឹស្តីដែលពាក់ព័ន្ធ (Literature review)

គ. វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ (Research methods)

ឃ. ការវិភាគនិងបកស្រាយទិន្នន័យ (Analyzing and interpreting the data) និង

ង. ការធ្វើរបាយការណ៍និងវាយតម្លៃការស្រាវជ្រាវ (Reporting and evaluating research)

៧. វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវមានពីរបែបគឺ ការស្រាជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និងការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ។

៧.១. ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Qualitative Research)

ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យគឺជាការស្រាវជ្រាវដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហានានាដូចជាក្នុងផ្នែកទីផ្សារ ឬផ្នែកសង្គមជាដើម ដែលតាមវិធីសាស្ត្រនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចធ្វើការបកស្រាយបានយ៉ាងល្អិតល្អន់អំពីបាតុភូតទីផ្សារ និងសង្គមដោយផ្តោតលើចំណេះដឹងនិងសេចក្តីពិតថ្មីៗ ដោយមិនបាច់ប្រើលេខសម្រាប់វាស់វែងឬបញ្ជាក់ឡើយ។ ការរៀបចំកម្រងសំណួរសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យអ្នកស្រាវជ្រាវមិនប្រើលេខមកធ្វើជាជម្រើសសម្រាប់ឱ្យអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរជ្រើសរើសយកជាចម្លើយនោះទេ។ ប៉ុន្តែ វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវពឹងយ៉ាងខ្លាំងលើសមត្ថភាពរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវផ្ទាល់តែម្តងក្នុងការទាញយកអត្ថន័យពីការឆ្លើយសំណួរបើកចំហរបស់អ្នកចូលរួម ឬបទសម្ភាសដែលបានថតទុក ឬចម្លើយបើកចំហរដូចជាការចុះផ្សាយលើគេហទំព័រនៃបណ្តាញសង្គមនានា ឬពីរូបភាពសង្ខេបដែលបង្ហាញពីអត្ថន័យនៃបទពិសោធន៍ខ្លះៗជាដើម។ អ្នកស្រាវជ្រាវបកស្រាយទិន្នន័យទាំងនោះ ដែលមិនមែនជាលេខ ដើម្បីសន្និដ្ឋានរកសេចក្តីពិតរបស់វា រួចហើយបំលែងសេចក្តីពិតនោះឱ្យទៅជាព័ត៌មាន (Aaker, Kumar, Leone, & Day, 2019)។ សរុបមកការសិក្សាបែបគុណវិស័យគឺប្រើប្រាស់អត្ថបទសម្រាប់ជាការវិភាគនិងបកស្រាយឱ្យបានស៊ីជម្រៅដើម្បីស្វែងរកនូវទស្សនៈនិងចំណេះដឹងថ្មីៗ។

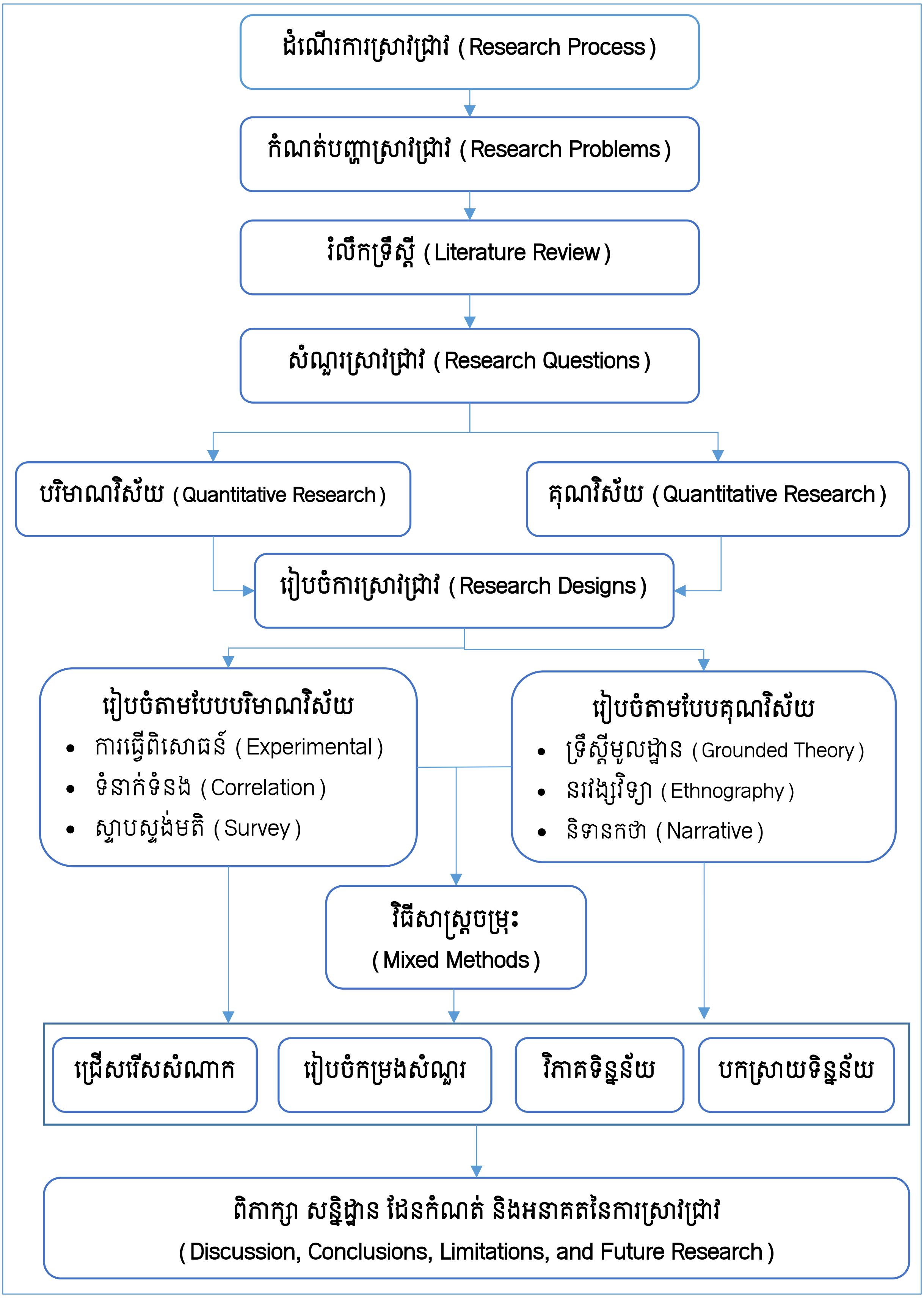
៧.២. ការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ (Quantitative Research)

ការស្រាវជ្រាវផ្នែកបរិមាណវិស័យដោះស្រាយទិសដៅស្រាវជ្រាវតាមរយៈការវាយតំលៃជាក់ស្តែង ដោយពឹងលើទិន្នន័យជាលេខនិងវិធីសាស្ត្រគណនាសម្រាប់ធ្វើការវាស់វែងនិងវិភាគ។ ដើម្បីបង្ហាញអត្ថន័យពិតអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពឹងលើការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណច្រើនជាងពឹងលើការបកស្រាផ្ទាល់ខ្លួន។ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យមានគុណសម្បត្តិយ៉ាងធំក្នុងការដោះស្រាយគោលបំណងស្រាវជ្រាវដែលពាក់ព័ន្ធនឹងបទដ្ឋាននៃសកម្មភាពគ្រប់គ្រង។ ឧទាហរណ៍៖ ក្រុមហ៊ុនសំលៀកបំពាក់បានពិចារណាផ្លាស់ប្តូររូបមន្តរបស់វា។ អ្នកស្រាវជ្រាវបានធ្វើតេស្តរូបមន្តផ្សំគ្រឿងថ្មីដោយប្រើគំរូអតិថិជនដែលបានវាយតម្លៃផលិតផលដោយបំពេញកម្រងសំណួរដែលមានមាត្រដ្ឋាន

លេខ ១០០ពិន្ទុហើយដែលទាមទារឱ្យមានទំនុកចិត្ត ៩០% ដែលមានន័យថា អ្នកប្រើប្រាស់ភាគច្រើននឹងវាយតម្លៃផលិតផលថ្មីខ្ពស់ជាងផលិតផលចាស់មុននឹងប្តូរមកប្រើរូបមន្តថ្មី។ ដើម្បីបានលទ្ធផលត្រឹមត្រូវអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពឹងលើការគណនាជាចម្បង ហើយត្រូវការការបកស្រាយផ្ទាល់ខ្លួនក្នុងតិចតួចប៉ុណ្ណោះ។ គម្រោងស្រាវជ្រាវប្រភេទនេះត្រូវប្រើទំហំបរិមាណដែលមានទម្រង់ជាមាត្រដ្ឋានលេខផង និងការវិភាគបែបបរិមាណវិស័យដែលមានទម្រង់ជានីតិវិធីស្ថិតិផង (J. F. Hair-Jr, Black, Babin, & Anderson, 2019)។ ដូច្នេះការសិក្សាគឺជាកសសិក្សាមួយដែលពឹងផ្អែកលើលេខសម្រាប់យកមកវិភាគ និងបកស្រាយសម្រាប់ធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋានឱ្យស្របតាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ។

៧.៣. វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និង គុណវិស័យ

ការប្រៀបធៀបវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និងគុណវិស័យអាចត្រូវបានពិនិត្យតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោមនេះ៖



ដ្យាក្រាម១.១. លំហូរនៃដំណើរការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យនិងគុណភាពវិស័យ (Creshwell, 2012)

៧. ៤. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ

លក្ខណៈសំខាន់ៗនៃការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. ពណ៌នាអំពីបញ្ហាស្រាវជ្រាវដោយរៀបរាប់អំពីនិន្នាការ ឬតម្រូវការនៃការពន្យល់អំពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ។

ខ. រៀបរាប់អំពីគោលបំណងស្រាវជ្រាវ សំណួរស្រាវជ្រាវ និងសម្មតិកម្មប្រកបដោយភាពជាក់លាក់និងច្បាស់លាស់ ហើយដែលអាចវាស់វែងនិងសង្កេតបាន។

គ. បង្កើតកម្រងសំណួរដើម្បីប្រមូលទិន្នន័យ។

ឃ. ប្រមូលទិន្នន័យជាលេខពីមនុស្សមួយចំនួនធំដោយប្រើឧបករណ៍និងកម្រងសំណួរដែលបានរៀបចំត្រៀមទុកជាស្រេច។

ង. វិភាគទិន្នន័យដើម្បីប្រៀបធៀបក្រុម ឬពិនិត្យទំនាក់ទំនងអថេរដោយប្រើវិធីសាស្ត្រស្ថិតិដើម្បីបកស្រាយលទ្ធផល ហើយអាចប្រៀបធៀបលទ្ធផលទាំងនេះទៅនឹងការព្យាករណ៍ ឬការស្រាវជ្រាវមុនៗ។ និង

ច. សរសេររបាយការណ៍ស្រាវជ្រាវដោយប្រើឃ្លោងឃ្លាឱ្យបានត្រឹមត្រូវច្បាស់លាស់ឱ្យស្របតាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវព្រមទាំងមានតម្លៃនៃស្នាដៃស្រាវជ្រាវ និងប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ត្រឹមត្រូវនៃវិជ្ជាជីវៈរបស់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ។

៧.៥. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Characteristics of Qualitative Research)

នៅក្នុងការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ យើងឃើញមានលក្ខណៈសំខាន់ៗផ្សេងៗគ្នាតាមដំណាក់កាលនីមួយៗនៃដំណើរការស្រាវជ្រាវ៖

ក. ស្វែងយល់ពីបញ្ហានិងអភិវឌ្ឍការយល់ដឹងលម្អិតអំពីបាតុភូត និងរបកគំហើញថ្មីៗ។

ខ. ពិនិត្យឡើងវិញនូវទ្រឹស្តីនានាដែលពាក់ព័ន្ធនឹងប្រធានបទស្រាវជ្រាវ ឬបញ្ហាដែលត្រូវដោះស្រាយ ទោះជាមិនសូវមានសារសំខាន់ក៏ដោយ។

គ. បញ្ជាក់គោលបំណងនិងសំណួរស្រាវជ្រាវជាទូទៅនិងទូលំទូលាយដែលទាក់ទងនឹងបទពិសោធន៍របស់អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។

ឃ. ប្រមូលទិន្នន័យដោយផ្អែកលើពាក្យចេញពីមាត់បុគ្គលមួយចំនួនតូចដើម្បីធ្វើការសិន្និដ្ឋានរួមនូវទស្សនៈរបស់អ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ។

ង. វិភាគទិន្នន័យបែបពិពណ៌នាដោយប្រើអត្ថបទវិភាគ និងបកស្រាយអត្ថន័យឱ្យបានសព្វជ្រុងជ្រោយ និងស៊ីជម្រៅបំផុត។ និង

ច. សរសេររបាយការណ៍ដោយប្រើឃ្លោងឃ្លាឱ្យបានត្រឹមត្រូវច្បាស់លាស់ដែលអាចជឿទុកចិត្តបាន ដែលរំលេចនូវវិជ្ជាជីវៈនិងក្រមសីលធម៌របស់អ្នកស្រាវជ្រាវ។

៨. ការសន្និដ្ឋាន

ក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចជ្រើសរើសនៅវិធីសាស្ត្រណាមួយដែលអ្នកគិតថា វាអាចនឹងផ្ដល់អត្ថប្រយោជន៍ខ្ពស់បំផុតក្នុងការទទួលបាននូវលទ្ធផល ឬរបកគំហើញ ឬចំណេះដឹងថ្មីសម្រាប់យកមកអនុវត្ត និងដោះស្រាយបញ្ហាប្រឈមឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់បំផុត។ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យទាមទារឱ្យមានការស្រាវជ្រាវដែលមានការបកស្រាយទិន្នន័យជាលេខ ចំណែកវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យវិភាគនិងបកស្រាយលទ្ធផលស្រាវជ្រាវដោយការពិពណ៌នាជាអត្ថបទ។ ខាងផ្នែកវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យ អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងធ្វើការពិសោធដោយចៃដន្យ ឬការស្ទង់មតិ ចំណែកខាងផ្នែកវិធីសាស្ត្រគុណវិស័យ អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងចូលរួមសម្ភាសនិងសង្កេតឥរិយាបទរបស់អ្នកចូលរួម។ ដូច្នេះអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចសម្រេចចិត្ត និងធ្វើការជ្រើសរើសយកវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវតាមបែបបរិមាណ ឬតាមបែមគុណវិស័យ ឬប្រើវិធីសាស្ត្រចំរុះក៏បាន។

មេរៀនទី២ ការរៀបចំវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

ការរៀបចំវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ (Research Design)គឺជាការស្រាវជ្រាវមួយទទួលបានលទ្ធផលប្រកបដោយគុណភាពលុះត្រាតែមានការរៀបចំដំណើរការស្រាវជ្រាវបានល្អ។ ដូច្នេះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវតែមានបំនិនប្រសប់លាស់ក្នុងការរៀបចំដំណើរការស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន។ មេរៀននេះនឹងផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សានូវចំណេះដឹង និងបំនិនប្រសប់លាស់ ក្នុងការជ្រើសរើសយកនូវវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវណាមួយមកអនុវត្តក្នុងដំណើរការស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនដើម្បីឱ្យលទ្ធផលស្រាវជ្រាវមានគុណភាពកាន់តែប្រសើរ។ អ្នកសិក្សានឹងបានទទួលនូវគំនិតសំខាន់ៗទាក់ទងនឹងរបៀបជ្រើសរើស វិធីសាស្ត្រក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ ចងក្រងទ្រឹស្តីពាក់ព័ន្ធនឹងជំហាននីមួយៗនៃការស្រាវជ្រាវទាំងបែបបរិមាណវិស័យ និងបែបគុណវិស័យផងដែរ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ការសិក្សាវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវគឺជាការសិក្សាអំពីនីតិវិធីនិងជំហានមួយៗមានចែងក្នុងមេរៀននេះ។ អ្នកសិក្សានឹងចេះជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យ ឬគុណវិស័យសម្រាប់រៀបចំការស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ អ្នកសិក្សាក៏នឹងបានយល់ផងដែរថា មានករណីខ្លះ គេត្រូវជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រចម្រុះទាំងបរិមាណវិស័យ និងទាំងគុណវិស័យបញ្ចូលគ្នាតែម្តង អាស្រ័យលើប្រធានបទនៃការស្រាវជ្រាវនីមួយៗ។

មេរៀននេះនឹងផ្តល់នូវមូលដ្ឋានគ្រឹះចំនួនបីសម្រាប់រៀបចំការស្រាវជ្រាវគឺ៖ ស្រាវជ្រាវរុករកគំហើញថ្មី (Exploratory) ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នា (Descriptive) និង ការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល (Causal and effect)។ វិធីសាស្ត្រនីមួយៗមានមុខងារខុសៗគ្នា គោលបំណងខុសគ្នានិងនីតិវិធីសាស្ត្រខុសគ្នា។ ហើយវិធីសាស្ត្រទាំងនេះក៏អាចជួយអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវក្នុងការសម្រេចចិត្តឱ្យបានត្រឹមត្រូវនៅពេលរៀបចំគម្រោងស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនដើម្បីអនុវត្តឱ្យបានជោគជ័យ និងមានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់។

២. ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវ (Research Design)

តើអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវគួរតែសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសយកវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវណាមួយដែលល្អសម្រាប់គម្រោងស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន?

គម្រោងស្រាវជ្រាវដែលត្រូវរៀបចំគឺជាគម្រោងមេដ៏សំខាន់មួយ។ គម្រោងនេះត្រូវបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្រដែលនឹងត្រូវបានយកមកប្រើសម្រាប់ប្រមូលនិងវិភាគព័ត៌មានឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព (Burns & Veeck, 2020)។ លោក Iacobucci and Churchill (2010) បានពណ៌នាការរៀបចំការស្រាវជ្រាវថាជាក្របខណ្ឌ ឬផែនការសម្រាប់ការសិក្សាមួយដែលបង្ហាញពីរបៀបនៃការប្រមូល និងវិភាគទិន្នន័យ។ ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវគឺជាផែនការលម្អិតដែលនឹងត្រូវប្រើដើម្បីតម្រង់ទិសការសិក្សាស្រាវជ្រាវឆ្ពោះទៅរកគោលដៅដែលអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវការ (Aaker et al., 2019)។ ចំណេះដឹងអំពីការរៀបចំការស្រាវជ្រាវមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការអភិវឌ្ឍផែនការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយឱ្យបានត្រឹមត្រូវ។ កាលណាអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវយល់ដឹងអំពីមូលដ្ឋាននៃការរៀបចំការស្រាវស្រាវឱ្យបានត្រឹមត្រូវ ការសម្រេចចិត្តក្នុងការរៀបចំនិងអភិវឌ្ឍន៍ក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវរបស់គេក៏បានល្អ ហើយការស្រាវជ្រាវរបស់

គេក៏នឹងទទួលបានលទ្ធផលល្អផងដែរ។ ឧទាហរណ៍ ប្រសិនបើអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវដឹងថា ការសិក្សារបស់ខ្លួននឹងត្រូវបានរៀបចំតាមរបៀបរបកគំហើញថ្មី (Exploratory research) នោះ គាត់អាចដឹងអំពីជំហានទីមួយៗក្នុងការរៀបចំការស្រាវជ្រាវឱ្យបានត្រឹមត្រូវដូចជា៖ គាត់ដឹងថាចាំបាច់ត្រូវរៀបចំការសម្ភាសជាក្រុម (Focus groups) អ្នកណាខ្លះនឹងត្រូវចូលរួមក្នុងការសម្ភាសជាក្រុមនោះ គាត់ត្រូវធ្វើការសម្ភាសប៉ុន្មានក្រុម មួយក្រុមត្រូវសម្ភាសន៍ប៉ុន្មាននាក់ សំណួរប្រភេទណាដែលនឹងត្រូវសួរទៅអ្នកចូលរួមសម្ភាស ហើយលទ្ធផលរំពឹងទុកអំពីការចូលរួមសម្ភាសរបស់អ្នកចូលរួមនឹងទទួលបានកម្រិតណា។ ចម្លើយទាំងនេះនឹងមានបង្ហាញតាមខ្លឹមសារលំអិតដូចតទៅនេះ។

៣. ប្រភេទនៃការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវ (Types of Research Design)

ការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវបីប្រភេទធំៗគឺ ការរៀបចំតាមបែបការស្រាវជ្រាវរករបកគំហើញថ្មី (Exploratory research) ការរៀបចំតាមការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា (Descriptive research) និងការរៀបចំតាមការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល (Causal research)។ ការជ្រើសរើសយកការរៀបចំតាមវិធីសាស្ត្រណាមួយខាងលើនេះគឺអាស្រ័យលើប្រធានបទស្រាវជ្រាវ បញ្ហាដែល ចង់ដោះស្រាយ គោលបំណងនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវហើយក៏អាស្រ័យលើមូលដ្ឋាននៃព័ត៌មានសម្រាប់បង្កើតសម្មតិកម្ម ចំណេះដឹងរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវអំពីខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់កំណត់និងវាយតម្លៃលើកម្រងសំណួរ និងអំពីវិធីសាស្ត្រក្នុងតេស្តសម្មតិកម្មរវាងអថេរឯករាជ្យនិងមិនឯករាជ្យផងដែរ។ ការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវទាំងបី ខាងលើនេះនឹងត្រូវបានពន្យល់លំអិតជាបន្តបន្ទាប់ដូចតទៅនេះ។

៣.១. ការរៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវរបកគំហើញថ្មី (Exploratory Research)

ការស្រាវជ្រាវរបកគំហើញថ្មីគឺជាការរុករកនិងសិក្សាស្វែងយល់ឱ្យបានស៊ីជម្រៅនូវរបកគំហើញថ្មីៗអំពីទស្សនៈទាន គំនិត និងយោបល់តាមរយៈអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ (Iacobucci & Churchill, 2010)។ ការស្រាវជ្រាវសិក្សារបកគំហើញថ្មីត្រូវបានប្រើនៅពេលដែលមនុស្សម្នាក់កំពុងចង់ដឹងអំពីបញ្ហាទូទៅនៃធម្មជាតិ។ ឧទាហរណ៍៖ រោងចក្រផលិតភេជ្ជៈមានបញ្ហាប្រឈមនឹងការលក់ធ្លាក់ចុះ។ ដូច្នេះ អ្នកគ្រប់គ្រងគួរតែរៀបចំការសិក្សាស្រាវជ្រាវដើម្បីរុករកនូវមូលហេតុដែលបណ្តាលឱ្យមានការលក់ធ្លាក់ចុះ រួចយកលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនោះមកអនុវត្តន៍ ឬសម្រាប់ធ្វើជាផែនការដើម្បីបង្កើនការលក់ឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវអំពីរបកគំហើញថ្មី ការប្រមូលព័ត៌មានអំពីប្រវត្តិ ទូទៅនៃបញ្ហាស្រាវជ្រាវគ្មានរចនាសម្ព័ន្ធច្បាស់លាស់ (unstructured) និងមិនមានលក្ខណៈជាផ្លូវការ (informal) ទេ (Burns & Veeck, 2020)។ "គ្មានរចនាសម្ព័ន្ធច្បាស់លាស់" មានន័យថា ការស្រាវជ្រាវរបកគំហើញថ្មីមិនមានសំណុំបែបបទច្បាស់លាស់ដែលបានកំណត់ទុកជាមុននោះទេ។ របៀបរបបនៃការស្រាវជ្រាវអាចនឹងមានការប្រែប្រួលនៅពេលអ្នកស្រាវជ្រាវទទួលបានព័ត៌មាន។ "មិនផ្លូវការ" មានន័យថា មិនមានសំណុំបែបបទជាផ្លូវការ ពាក់ព័ន្ធនឹងគោលបំណង ផែនការគំរូ ឬរបៀបប្រមូលព័ត៌មានអាចមានភាពបត់បែនឃ្លាតពីកម្រងសំណួរដែលបានព្រាងទុកមុនជាដើម។

ការស្រាវជ្រាវរករបកគំហើញថ្មីមានភាពបត់បែនដែលមានអំណោយផលចំពោះអ្នកស្រាវជ្រាវស្រាវជ្រាវក្នុងការអង្កេតនូវប្រភពផ្សេងៗដែលខ្លួនបានរកឃើញនិងនូវអ្វីៗផ្សេងទៀតដែលខ្លួនយល់ថាចាំបាច់ដើម្បីបានយល់ដឹងអំពីបញ្ហាដែលស្ថិតនៅចំពោះមុខ។ ការសិក្សាប្រភេទនេះត្រូវបានធ្វើឡើងជាធម្មតានៅពេលដែលអ្នកស្រាវជ្រាវមិន

បានដឹងច្រើនអំពីបញ្ហាដែលពាក់ព័ន្ធនិងប្រធានបទស្រាវជ្រាវ ហើយត្រូវការព័ត៌មានបន្ថែម ឬព័ត៌មានថ្មីៗទៀត។ ជារឿយៗ ការស្រាវជ្រាវរករបកគំហើញថ្មីត្រូវបានធ្វើនៅដើមដំបូងនៃគម្រោងស្រាវជ្រាវ។

ការស្រាវជ្រាវរកបកគំហើញថ្មីត្រូវបានប្រើដើម្បីទទួលបាននូវព័ត៌មានជាមូលដ្ឋាន (Background Information) និងដើម្បីកំណត់លក្ខខណ្ឌ (Define Terms) សម្រាប់បញ្ជាក់ពីបញ្ហា និងសម្រាប់បញ្ជាក់ពីសម្មតិកម្ម (Clarify Problems and Hypotheses) ដែលនាំទៅដល់ការបង្កើតអាទិភាពស្រាវជ្រាវ។ អ្នកស្រាវជ្រាវចង់បានព័ត៌មានជាមូលដ្ឋានបន្ថែមទៀត (Background Information) ព្រោះគាត់បានដឹងតិចតួចបំផុតអំពីបញ្ហា ឬបញ្ហាដែលជាធាតុចាំបាច់សម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការស្រាវជ្រាវ មិនទាន់ត្រូវបានបង្កើតឡើងច្បាស់លាស់នៅឡើយ។ សូម្បីតែអ្នកស្រាវជ្រាវខ្លះ ដែលមានបទពិសោធន៍ច្រើន ក៏នៅតែទទូចចង់បានព័ត៌មានដែលពាក់ព័ន្ធថ្មីៗទៀតដែរ។ ការស្រាវជ្រាវរកបកគំហើញថ្មីអាចផ្តល់នូវគំនិតនិងការយល់ដឹងដែលបានរកឃើញថ្មីៗ។ គំនិតនិងការយល់ដឹងថ្មីទាំងនេះអាចនាំឱ្យមានចំណេះដឹងថ្មីបន្ថែមទៀត ។ រីឯការកំណត់លក្ខខណ្ឌ (Define Terms) គឺការជួយកំណត់ពាក្យនិងគោលគំនិត។ ឧទាហរណ៍ដូចជា ក្នុងការកំណត់សំណួរដូចជាថា "តើការពេញចិត្តនឹងគុណភាពសេវាកម្មគឺជាអ្វី?" អ្នកស្រាវជ្រាវដឹងយ៉ាងច្បាស់ថា "ការពេញចិត្តនឹងគុណភាពសេវាកម្ម" មានបង្កប់ន័យជាច្រើនដូចជាការតូចចិត្ត ការជឿជាក់ ការទទួលខុសត្រូវ ការធានា និងការយល់ចិត្តជាដើម។ ការស្រាវជ្រាវមិនត្រឹមតែអាច បញ្ជាក់បាននូវធាតុដែលកំណត់អត្ថន័យពិតនៃពាក្យថា "ការពេញចិត្តនឹងគុណភាពសេវាកម្ម" ប៉ុណ្ណោះទេ វាថែមទាំងអាចបង្ហាញពីរបៀបវាស់វែងធាតុទាំងនេះផងដែរ។ ចំណែក "ការបញ្ជាក់ពីបញ្ហានិងការកំណត់សម្មតិកម្ម" (Clarify Problems and Hypotheses) មានន័យថា អ្នកស្រាវជ្រាវកំណត់បញ្ហាឱ្យកាន់តែច្បាស់និងបង្កើតសម្មតិកម្មសម្រាប់ការសិក្សានាពេលខាងមុខ។ ឧទាហរណ៍៖ ការស្រាវជ្រាវរុករកអំពីការវាស់ស្ទង់កេរ្តិ៍ឈ្មោះធនាគារដែលបានបង្ហាញពីបញ្ហានៃក្រុមអតិថិជនផ្សេងៗគ្នា។ ធនាគារមានអតិថិជនបីប្រភេទគឺអតិថិជនរាយរង អតិថិជនពាណិជ្ជកម្ម និងធនាគារផ្សេងទៀតដែលត្រូវបង់ថ្លៃសេវាកម្ម។ ព័ត៌មាននេះមានប្រយោជន៍ក្នុងការបញ្ជាក់ពីបញ្ហានៃការវាស់វែងកេរ្តិ៍ឈ្មោះធនាគារ ព្រោះវាបានចោទជាបញ្ហាថា តើកេរ្តិ៍ឈ្មោះធនាគារក្រុមណាគួរត្រូវកំណត់ក្នុងការវាស់វែង ឬវាយតម្លៃ។ សរុបមក អ្នកសិក្សាមានបំណងប្រមូលព័ត៌មានអំពីគំនិតនិងការយល់ដឹងរបស់អតិថិជនលើបទពិសោធន៍នៃការប្រើប្រាស់សេវាកម្មពីធនាគារ។ ការសិក្សារបកគំហើញថ្មីគឺធ្វើឡើងដើម្បីបញ្ជាក់ពីស្ថានភាពមិនច្បាស់ ឬស្វែងរកគំនិតដែលអាចជាឱកាសអាជីវកម្មដែលមានសក្តានុពល។

៣.២. ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នា (Descriptive Research)

ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នារៀបរាប់អំពីលក្ខណៈរបស់វត្ថុ មនុស្ស ក្រុម អង្គភាព ឬបរិស្ថានជាដើម។ ការស្រាវជ្រាវរបៀបនេះត្រូវបានធ្វើឡើងដើម្បីប្រមូលទិន្នន័យ ពិនិត្យលក្ខណៈរបស់អ្នកប្រើប្រាស់ និង ឬទីផ្សារដែលការរៀបរាប់នោះគឺជាចម្លើយទៅនឹងសំណួរថា នរណា? កន្លែងណា? អ្វី? និងពេលណា?។ អ្នកស្រាវជ្រាវច្បាស់ជាត្រូវការរបៀបស្រាវជ្រាវបែបពណ៌នាជាក់ជាមិនខាន នៅពេលដែលគេចង់ដឹងថា តើអតិថិជនរបស់ពួកគេជានរណា តើផលិតផលម៉ាកណាដែលពួកគេទិញ តើទិញក្នុងបរិមាណប៉ុន្មាន តើ ទិញនៅកន្លែងណា តើម៉ាកយីហោណាមួយដែលពួកគេត្រូវទិញ និងតើពួកគេអាចរកឃើញផលិតផលនោះដោយរបៀបណា។ ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នាត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើសាកលស្ថិតិ (Population) ដែលមានមានទំហំធំ។ ចំណែកលទ្ធផលនៃការសិក្សាពិពណ៌នាអំពីសំណាក (Sample) អាចត្រូវបានប្រើដើម្បីទស្សទាយអថេរដូចជាចំណាប់អារម្មណ៍លើការលក់ជាដើម (Burns & Veeck, 2020; Iacobucci & Churchill, 2010)។ ការសិក្សារបៀបនេះអាចបង្កើនការយល់ដឹងអំពីបញ្ហាបញ្ហានៃការកើនឡើងនូវតម្រូវការរបស់អតិថិជន និងនាំឱ្យមានទំនុកចិត្តក្នុងការសម្រេចចិត្តផៃ

ការទីផ្សារ (Aaker et al., 2019)។ ជាទូទៅ ការសិក្សាបែបពិព៌ណនាគឺសម្រាប់ប្រមូលទិន្នន័យដែលទាក់ទងនឹងប្រវត្តិរូប លក្ខណៈបុគ្គល ព្រឹត្តិការណ៍ និងស្ថានភាពរបស់អ្នកចូលរួមជាដើម។

៣.៣. ការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល (Causal Research)

ការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផលត្រូវបានប្រើដើម្បីរកហេតុនិងផលនៅក្នុងទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរ ឬច្រើនតាមរយៈការរៀបចំសិក្សាដោយការតេស្តសម្មតិកម្ម (Burns & Veeck, 2020; Iacobucci & Churchill, 2010)។ ការសិក្សារបៀបនេះគឺយកដើមហេតុធ្វើជាលក្ខខណ្ឌដែលនាំឱ្យអថេរមួយឬច្រើនមានឥទ្ធិពលលើអថេរឯទៀត។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវបែបនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចធ្វើសេចក្ដីសន្និដ្ឋានអំពីផលដែលទទួលឥទ្ធិពលពីហេតុដែលបានកំណត់ទុកពីខាងដើម (X មានឥទ្ធិពលលើ Y)។ ទំនាក់ទំនងបែបនេះហៅថាសម្មតិកម្មអំពីទំនាក់ទំនងហេតុនិងផល (Cause-and-effect) ដែលកំណត់ទុកជាមុននូវទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ (Independent variable) X និងអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variable) Y (Babin & Zikmund, 2016)។ ឧទាហរណ៍៖ អ្នកគ្រប់គ្រងទីផ្សារតែងតែព្យាយាមកំណត់នូវអ្វីដែលនឹងបណ្ដាលឱ្យការពេញចិត្តរបស់អតិថិជនមានការកើនឡើងដូចជាផ្នែកទីផ្សារដែលខិតខំធ្វើឱ្យមានការកើនឡើងនៃការចូលមើលគេហទំព័រ ឬការកើនឡើងនៃការលក់ជាដើម។

៤. លក្ខណៈខុសគ្នានៃរបៀបស្រាវជ្រាវទាំងបី (The Characteristics of Different Three Types of Research)

ខាងក្រោមនេះជាតារាងសង្ខេបលក្ខណៈខុសគ្នានៃរបៀបស្រាវជ្រាវទាំងបី ដែលជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសម្រាប់ជួយអ្នកស្រាវជ្រាវឱ្យចេះជ្រើសរើសរបៀបរៀបចំដំណើរការស្រាវជ្រាវឱ្យមានភាពរលូន។

តារាង២.១. លក្ខណៈខុសគ្នារវាងរបៀបស្រាវជ្រាវទាំងបី

ពិព៌ណនា Description	ការស្រាវជ្រាវរុករកគំហើញថ្មី Exploratory Research	ការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា Descriptive Research	ការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងហេតុនិងផល Causal Research
ការរៀបចំស្រាវជ្រាវ	• បង្កើតបញ្ហាឱ្យបានច្បាស់លាស់ • បង្កើតសម្មតិកម្ម • បង្កើតអាទិភាពសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ • លុបបំបាត់គំនិតដែលមិនសមហេតុផល។	• ពណ៌នាអំពីលក្ខណៈនៃបំណែងចែកប្រេកង់ (ឧ.ភាគរយជាដើម) • ប៉ាន់ស្មានសាកលស្ថិតិ • ព្យាករឱ្យបានជាក់លាក់។	• ផ្ដល់ភ័ស្តុតាងស្ដីពីទំនាក់ទំនង រវាងហេតុនិងផលដោយមានបម្រែបម្រួល តាមលំដាប់លំដោយនៃពេលវេលាដែល អថេរកើតឡើង។

របៀបកំណត់ការស្រាវជ្រាវ	• ស្រាវជ្រាវទ្រឹស្ដីដែលពាក់ព័ន្ធ (Literature search) • ការស្ទង់មតិបទពិសោធន៍ (Experiment survey) • ការពិភាក្សាជាក្រុម (Focus groups) • សម្ភាសន៍ (Interview) • ការធ្វើតេស្ត លើការព្យាករណ៍ (Projective tests)	• សិក្សារយៈពេលយូរ (Longitudinal study) • ការផ្តល់យោបល់ពីអ្នកជំនាញ (Panel) • ប្រមូលព័ត៌មានពីសំណាក (Sample survey)	• ប្រមូលព័ត៌មានតាមរយៈមន្ទីរពិសោធន៍ (Laboratory survey) • ពិសោធជាក់ស្តែងក្រៅទីពិសោធន៍ (Field experiment)
វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ	គ្មានរចនាសម្ព័ន្ធច្បាស់លាស់ Unstructured	មានរចនាសម្ព័ន្ធ Structured	មានរចនាសម្ព័ន្ធច្បាស់លាស់ Highly
ឧទាហរណ៍នៃគោលបំណងស្រាវជ្រាវ	តើផលិតផលថ្មីអ្វីខ្លះដែលគេគួរតែផលិត ?	តើផលិតផលថ្មីប្រភេទណាដែលគេគួរចែកចាយ ដល់អតិថិជន ?	តើការកើនឡើងនៃបុគ្គលិកបម្រើការនឹងជួយឱ្យកើនផលចំណេញដែរឬទេ ?
ឧទាហរណ៍នៃសំណួរស្រាវជ្រាវ	តើមានវិធីផ្សេងអ្វីខ្លះក្នុងការផ្តល់អាហារថ្ងៃត្រង់ដល់កុមារនៅសាលារៀន ?	តើគេទិញផលិតផលស្រដៀងគ្នានៅទីណា ?	តើចំនួនបុគ្គលិកបម្រើការនិងប្រាក់ចំណូលមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងដូចម្តេច ?
ឧទាហរណ៍នៃសម្មតិកម្ម	ប្រអប់អាហារថ្ងៃត្រង់មានលក្ខណៈប្រសើរជាងអាហារផ្សេងទៀត ឬយ៉ាងណា ?	អ្នកមានវណ្ណៈខ្ពស់ទិញរបស់ពីហាងទំនើបៗ ឬអ្នក មានវណ្ណៈកណ្តាល ទិញរបស់ពីហាងមិនសូវទំនើប។	ចំពោះអង្គភាពតូចៗ បើចំនួនបុគ្គលិកបម្រើការកើនឡើង 50%ឬតិចជាងនេះ ប្រាក់ចំណូលនឹងសល់តែបន្តិចបន្តួបបន្ទាប់ពីចំណាយ។
លទ្ធផលស្រាវជ្រាវ	ផ្តោតលើអ្វីដែលបានរកឃើញលទ្ធផលបានមកជាការប៉ាន់ស្មាននៅឡើយ។	អាចបញ្ជាក់បានប៉ុន្តែ ពេលខ្លះ គេក៏អាចធ្វើការស្រាវជ្រាវបន្ថែមដែរ។	ផ្តោតលើការបកស្រាយបញ្ជាក់។ ផ្តល់លទ្ធផលដែលមានការ

	គេច្រើនតែធ្វើការស្រាវជ្រាវបន្ថែមទៀតដើម្បីបញ្ជាក់ឱ្យច្បាស់។		បញ្ជាក់ច្បាស់លាស់ និងដែលអាចយកមកអនុវត្តន៍បាន។

៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវគឺជារបៀបនិងនីតិវិធីក្នុងការប្រមូលនិងវិភាគព័ត៌មានចាំបាច់សម្រាប់ ស្ថានភាពនៃប្រធានបទស្រាវជ្រាវនីមួយៗ។ គ្មានរបៀបនៃការរៀបចំការស្រាវជ្រាវណាដែលល្អបំផុតសម្រាប់គ្រប់ស្ថានភាពនោះទេ។ តាមការពិត មានមធ្យោបាយច្រើនយ៉ាងដែលអ្នកស្រាវជ្រាវអាចជ្រើសរើសយកមកប្រើដើម្បីជួយឱ្យបានសម្រេចគោលដៅស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន។ ប៉ុន្តែវាអាស្រ័យលើសមត្ថភាពនិងបទពិសោធន៍របស់គាត់ក្នុងការជ្រើសរើសមធ្យោបាយដែលសមស្របបំផុតសម្រាប់គម្រោងស្រាវជ្រាវណាមួយ។ អ្នកស្រាវជ្រាវដែលមិនទាន់មានបទពិសោធន៍អាចសន្និដ្ឋានជាធម្មតាថាវិធីស្ទង់មតិគឺជាជម្រើសល្អបំផុតសម្រាប់រៀបចំកិច្ចការស្រាវជ្រាវ ។ ការរៀបចំស្រាវជ្រាវមូលដ្ឋានដែលបានជ្រើសរើស (ឧទាហរណ៍៖ ស្រាវជ្រាវពិពណ៌នា ឬស្រាវជ្រាវមូលហេតុ) អ្នកស្រាវជ្រាវចាំបាច់ត្រូវដឹងជាមុននូវបញ្ហាប្រឈមមួយចំនួន ហើយក៏ត្រូវមានបទពិសោធន៍ក្នុងការដោះស្រាយបញ្ហាទាំងនោះផងដែរ។ ចំណុចសំខាន់ៗ ដែលត្រូវគិតគូរដល់នៅពេលរៀបចំការស្រាវជ្រាវមានបីគឺ៖ (១) កំណត់តម្រូវការព័ត៌មាន (២) កំណត់ឯកតាវិភាគ និង (៣) ការសម្រេចបានសុពលភាពនៃកម្រិតការវាស់វែងលើសំណាកនិងការវិភាគទិន្នន័យ។ សរុបមក អ្នកស្រាវជ្រាវអាចសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសរបៀបរៀបចំការស្រាវជ្រាវណាមួយក្នុងចំណោមរបៀបទាំងបីខាងលើដើម្បីជាមធ្យោបាយក្នុងការសម្រេចចិត្តឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់។

មេរៀនទី៣ ការប្រមូលទិន្នន័យ និងប្រភេទទិន្នន័យ

ការប្រមូលទិន្នន័យ និងប្រភេទទិន្នន័យ (Data Collection and Data Type) គឺជាដំណើរការនៃការប្រមូលទិន្នន័យបែបបរិមាណវិស័យ ឬបែបគុណវិស័យគឺអាស្រ័យលើអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវជាអ្នកធ្វើការសម្រេចចិត្ត។ បន្ទាប់មក គេអាចចាប់ផ្ដើមរៀបចំប្រមូលទិន្នន័យ។ មេរៀននេះពិភាក្សាអំពីជំហាននីមួយៗក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

- អធិប្បាយអំពីជំហ៊ាននីមួយៗក្នុងដំណើរការប្រមូលទិន្នន័យ
- កំណត់វិធីជ្រើសរើសអ្នកចូលរួមសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវ
- កំណត់សិទ្ធិដែលត្រូវការសម្រាប់ការសិក្សា
- កំណត់ជម្រើសផ្សេងៗសម្រាប់ការប្រមូលព័ត៌មាន
- ទីតាំងជ្រើសរើសនិងវាយតម្លៃឧបករណ៍សម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ និង
- ពណ៌នាអំពីនីតិវិធីក្នុងការគ្រប់គ្រងទិន្នន័យនិងការប្រមូលទិន្នន័យសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និងបែបគុណវិស័យ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ការប្រមូលទិន្នន័យរួមមានការកំណត់ប្រភពទិន្នន័យដោយសម្រេចចិត្តថាតើទិន្នន័យដែលអ្នកប្រមូលនឹងមកពីចំនួនសាកលស្ថិតិ (Population) ឬគំរូ (Sample)? ការប្រមូលទិន្នន័យគឺជាការងារសំខាន់ណាស់ព្រោះថាប្រសិនបើអ្នកស្រាវជ្រាវប្រមូលទិន្នន័យដែលមានគុណវិបត្តិ មានភាពមិនច្បាស់ ឬមានកំហុសផ្សេងៗទៀត លទ្ធផលដែលនឹងទទួលបានពីការប្រើប្រាស់ទិន្នន័យបែបនេះនឹងបង្ករឱ្យមានការសង្ស័យ ដែលសូម្បីវិធីសាស្ត្រស្ថិតិ និងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវទំនើបបំផុតក៏នឹងត្រូវបានវសង្ស័យថាមានកំហុសដែរ (Berenson, Levine, & Szabat, 2014)។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវតែគិតដល់កម្រិតថវិកាសម្រាប់ការចំណាយលើការប្រមូលទិន្នន័យផងដែរ។ មេរៀននេះផ្តោតលើមធ្យោបាយក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យបឋមឬចម្បង(Primary data) និងទិន្នន័យមានស្រាប់ ឬទិន្នន័យទី២ (Secondary data)សម្រាប់យកមកធ្វើការវិភាគក្នុងគម្រោងស្រាវជ្រាវ។

២. ប្រភព និងប្រភេទនៃទិន្នន័យ

ប្រភពទិន្នន័យត្រូវបានកំណត់ជាពីរប្រភេទគឺ ទិន្នន័យបឋម (Primary Data) និងទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ (Secondary Data)។ ទិន្នន័យបឋមអាចត្រូវបានបែងចែងតាមរបៀបមួយចំនួនដូចខាងក្រោមនេះ (Berenson, Levine, & Szabat, 2015)៖

ក. ទិន្នន័យត្រូវបានចែកចាយដោយស្ថាប័ន ឬបុគ្គល

ខ. លទ្ធផលនៃពិសោធន៍ដែលបានគ្រោងឡើង

គ. ចម្លើយពីការស្ទង់មតិ

ឃ. លទ្ធផលនៃការសិក្សាអង្កេត និង

ង. ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានដោយសកម្មភាពអាជីវកម្មជាដើម។

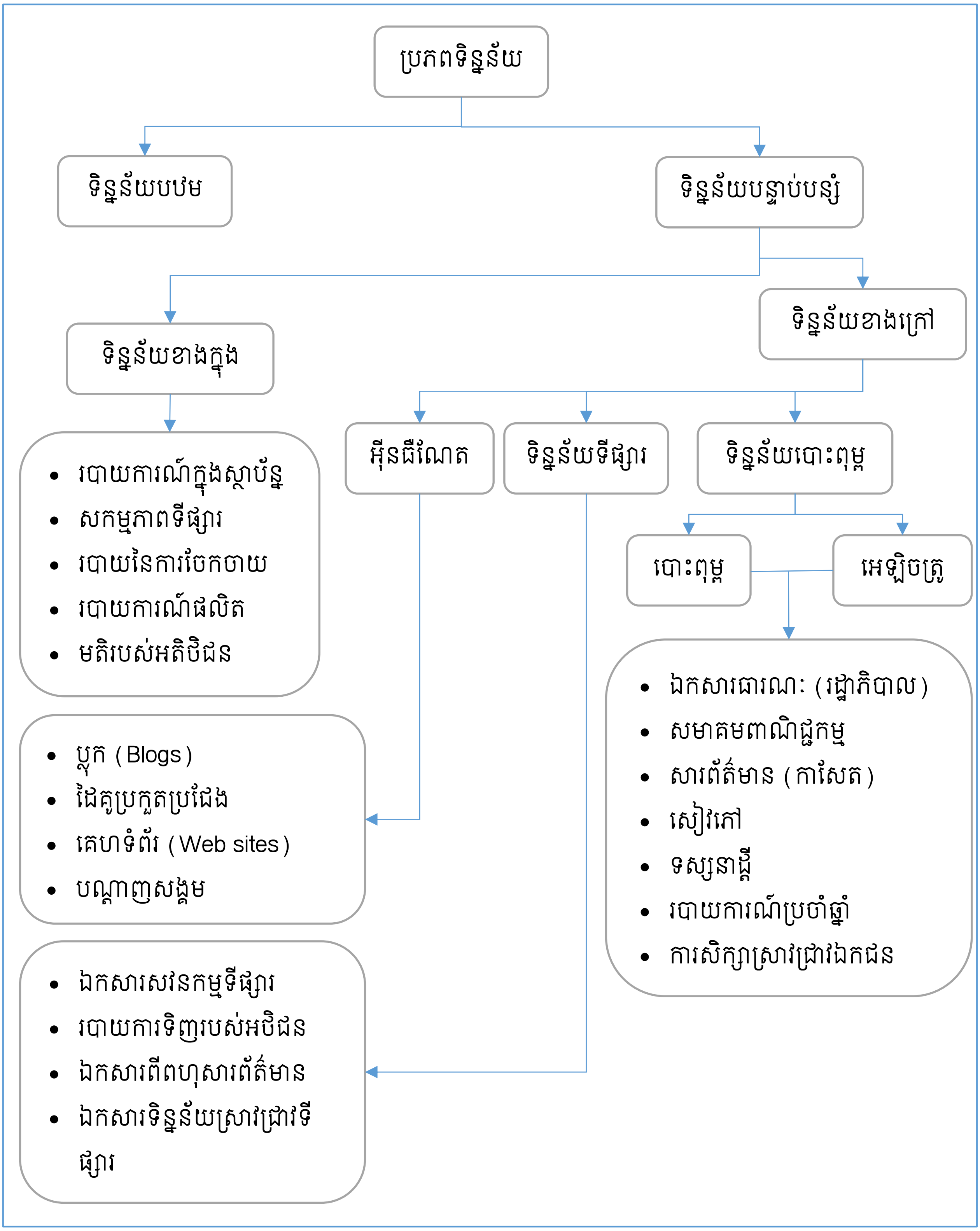
២.១. ទិន្នន័យចម្បង ឬបឋម (Primary Data)

ទិន្នន័យបឋមសំដៅទៅលើព័ត៌មានដែលត្រូវបានប្រមូលផ្តុំដោយអ្នកស្រាវជ្រាវ ជាពិសេស សម្រាប់គម្រោងស្រាវជ្រាវដែលជិតមកដល់ (Burns & Veeck, 2020)។ គេអាចប្រមូលទិន្នន័យពីប្រភពទិន្នន័យបឋម ឬទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ។ ការប្រមូលទិន្នន័យបឋមគឺការប្រមូលទិន្នន័យថ្មីតាមរយៈការស្ទាបស្ទង់មតិដែលមានការឆ្លើយសំណួរមួយចំនួនពីអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវទៅតាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ។ ក្នុងការរៀបចំផែនការស្រាវជ្រាវ គេគួរតែពិចារណាថា តើចាំបាច់ត្រូវចំណាយលើការប្រមូលព័ត៌មានថ្មីៗ (ទិន្នន័យបឋម) ឬទេ?។ ជាទូទៅ ចំពោះទិន្នន័យប្រភេទនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំបង្កើតនូវកម្រងសំណួរ និងធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិថ្មី ដើម្បីប្រមូលទិន្នន័យសម្រាប់ធ្វើការវិភាគក្នុងគម្រោងស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន។ ទិន្នន័យបឋមត្រូវតែជាទិន្នន័យដែលត្រូវបានប្រមូលជាលើកដំបូង ហើយថ្មី ដែលអាចប្រមូលបានតាមរយៈការធ្វើពិសោធន៍ ការស្ទង់មតិ សង្កេត ឬការប្រាស្រ័យទាក់ទងផ្ទាល់ជាមួយអ្នកឆ្លើយសំណួរតាមរូបភាពណាមួយ ឬតាមរយៈការសម្ភាសផ្ទាល់ជាដើម (Kothari, 2004)។ ក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យបឋម ជាពិសេស ក្នុងការស្ទង់មតិ និងការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា អ្នកស្រាវជ្រាវអាចអនុវត្តតាមរបៀបសំខាន់ៗបួនយ៉ាងគឺ៖ (1) ការអង្កេត (2) ការសម្ភាស (3) ការប្រើកម្រងសំណួរ និង (4) របៀបផ្សេងៗទៀតដូចជា៖ ប័ណ្ណធានា សវនកម្មលើតំណាងចែកចាយ កិច្ចពិភាក្សាជាមួយអ្នកជំនាញ កិច្ចពិភាក្សាជាមួយអ្នកប្រើប្រាស់ ការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍មេកានិច ឬតាមរយៈគម្រោងបច្ចេកទេស និងបទសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅជាដើម។

២.២. ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ (Secondary Data)

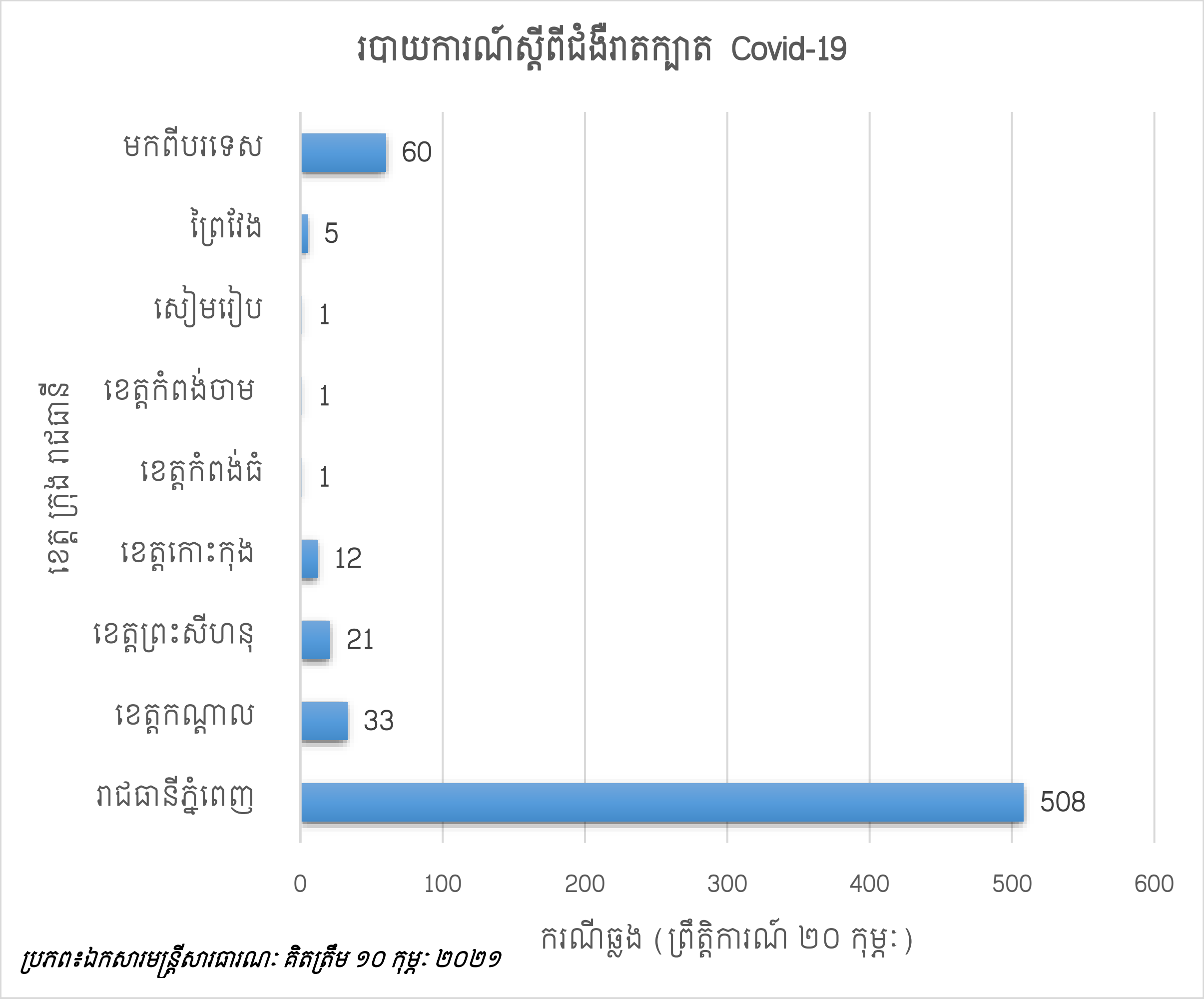
ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំត្រូវបានប្រមូលពីមុនដោយនរណាម្នាក់ក្រៅពីអ្នកស្រាវជ្រាវសម្រាប់គោលបំណងផ្សេងទៀតជាងគម្រោងស្រាវជ្រាវដែលកំពុងមាននៅក្នុងដៃ (Burns & Veeck, 2020)។ ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំគឺជាទិន្នន័យដែលត្រូវបានប្រមូលដោយមនុស្ស ឬទីភ្នាក់ងារសម្រាប់គោលបំណងក្រៅពីការដោះស្រាយបញ្ហានៅនឹងដៃ។ ទិន្នន័យប្រភេទនេះចំណាយថវិកានិងពេលវេលាតិចបំផុត និងងាយស្រួលបំផុតក្នុងការទទួលបានព័ត៌មាន។ ទិន្នន័យប្រភេទនេះអាចរកបានតាមរូបភាពឯកសារជាក្រដាស (Hard copy) និងជាទម្រង់អគ្គិសនី (Soft copy) ដូចជា ទស្សនាវដ្តី ការសែត សារព័ត៌មានផ្សេងៗ សៀវភៅ របាយការណ៍របស់ក្រុមហ៊ុន ឯកសារតាមប្រព័ន្ធអេឡិចត្រូនិក ប្រព័ន្ធបណ្តាញសង្គម វីឌីអូរ សម្លេង ឬគេហទំព័រផ្សេងៗជាដើម។ ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំដែលពាក់ព័ន្ធនឹងប្រធានបទនៃការស្រាវជ្រាវ ហើយដែលអ្នកស្រាវជ្រាវអាចរកបានដោយងាយ គឺមានច្រើនលើសលប់។ ដ្យាក្រាម 3-1 បង្ហាញពីជំហានៃការប្រមូលទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ (Aaker et al., 2019)។ សរុបមក ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំជាឯកសារដែលមានទម្រង់ជាក្រដាសក្តី ជាអគ្គិសនីក្តី ដែលគេអាចប្រើជាភស្តុតាងបាន។ ប៉ុន្តែ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវប្រើប្រាស់ទិន្នន័យប្រភេទនេះដោយប្រុងប្រយ័ត្នបំផុត ព្រោះការប្រើប្រាស់ខុសពេលវេលាអាចធ្វើឱ្យភាពត្រឹមត្រូវនៃទិន្នន័យមានការប្រែប្រួល ហើយការយកទិន្នន័យប្រភេទនោះមកធ្វើការវិភាគឡើងវិញទៀតសោតក៏ស្ថិតក្នុងគោលបំណង

ខុសគ្នាទៅនឹងអ្វីដែលអ្នកស្រាវជ្រាវឬអ្នកចងក្រងមុនៗបានធ្វើទុកពីគ្រាដំបូងផងដែរ (Sunders, Lewis, & Thornhill, 2016)។



ដ្យាក្រាម៣.១. ប្រភេទទិន្នន័យ

ឧទាហរណ៍៖ តាមប្រភពឯកសារមន្ត្រីសាធារណៈស្តីពីជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-១៩ដែលបានឆ្លង ក្នុងសហគមន៍ ចាប់ពីថ្ងៃទី២០ ខែកុម្ភៈ ឆ្នាំ២០២១ដែលមានចំនួនសរុបដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី៣.១ ខាងក្រោម៖



ដ្យាក្រាម៣.២. របាយការណ៍ស្តីពីជំងឺរាតត្បាត Covid-19

៣. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

មេរៀននេះបង្ហាញពីប្រភេទនិន្នន័យដែលអ្នកស្រាវជ្រាវអាចកំណត់ថា តើខ្លួនត្រូវប្រើទិន្នន័យប្រភេទមួយណា ឬប្រើទាំងពីរប្រភេទ ដើម្បីប្រមូលព័ត៌មានឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងទទួលបានទំនុកចិត្តខ្ពស់សម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យ។ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចធ្វើការសម្រេចចិត្តក្នុងការជ្រើសរើសនិន្នន័យទាំងពីរប្រភេទនេះទៅតាមគោលបំណងនៃការជ្រាវជ្រាវ និងតាមប្រភេទនៃវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវដូចជាតាមបែបបរិមាណវិស័យ ឬតាមបែបគុណវិស័យជាដើម។

មេរៀនទី ៤ ការរៀបចំស្រាវជ្រាវបរិមាណវិស័យ

ការរៀបចំស្រាវជ្រាវបរិមាណវិស័យ (Quantitative Research Design)គឺជាការសិក្សាស្រាវជ្រាវដែលត្រូវមានឧបករណ៍ស្ថិតិយកមកប្រើប្រាស់ដែលអាចជាបញ្ហាប្រឈមសម្រាប់អ្នកសិក្សា។ តែទោះជាយ៉ាងនេះក្តី ការគណនាស្ថិតិមានតែមួយជំហានប៉ុណ្ណោះក្នុងដំណើរការវិភាគទិន្នន័យ។ ការវិភាគទិន្នន័យក៏ពាក់ព័ន្ធនឹងការរៀបចំទិន្នន័យនិងរបាយការណ៍ស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យដែរ។ មេរៀននេះនឹងផ្តល់ចំណេះដឹងដល់អ្នកសិក្សាអំពី៖

- ការកំណត់ជំហាននានាក្នុងដំណើរការវិភាគនិងបកស្រាយទិន្នន័យតាមបែបបរិមាណវិស័យ
- ដំណើរការនៃការរៀបចំទិន្នន័យសម្រាប់ការវិភាគ
- នីតិវិធីក្នុងការវិភាគទិន្នន័យ
- របៀបរាយការណ៍ពីលទ្ធផលនៃការវិភាគទិន្នន័យ និង
- របៀបបកស្រាយលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យជាការពណ៌នាស្ថិតិនិងភាពទូទៅ។ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យត្រូវពឹងផ្អែកលើការរៀបចំដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំង ឬប្រមូលភស្តុតាងសម្រាប់គាំទ្រទ្រឹស្តីនិងសម្មតិកម្មមួយ។ ការវិភាគបែបបរិមាណវិស័យទាក់ទងនឹងការប្រើទិន្នន័យដែលមានទម្រង់ជាលេខ និង អនុវត្តប្រមាណវិធីគណិតវិទ្យាដើម្បីស៊ើបអង្កេតលក្ខណៈសម្បត្តិ នៃអ្វីមួយដែលគេចង់ស្វែងយល់។ មាត្រដ្ឋានដែលត្រូវបានប្រើក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់ការប្រមូលទិន្នន័យអាចមានដូចជា៖ មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal scale), មាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal scale), មាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) និង មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio scale)។ មាត្រដ្ឋានទាំងនេះជាឧបករណ៍សំខាន់ ណាស់ក្នុងការវិភាគទិន្នន័យបែបបរិមាណវិស័យ។ ក្នុងការវិភាគទិន្នន័យបែបបរិមាណវិស័យ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវកំណត់នូវឧបករណ៍ស្ថិតិ ដើម្បីសម្រេចគោលបំណងចម្បងមួយចំនួន ដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ធ្វើការវាស់វែង (measure)
- ធ្វើការប្រៀបធៀប (make comparison)
- ពិនិត្យមើលទំនាក់ទំនង (examine relationship)
- ធ្វើការព្យាករណ៍ (make forecast)
- ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (test hypothesis)
- បង្កើតគោលគំនិតឬទស្សនៈទាន និងទ្រឹស្តី (construct concept and theory)
- រុករក (explore)

- ត្រួតពិនិត្យ (control)
- ពន្យល់ (explain)

ជាទូទៅ តាមរយៈការស្ទង់មតិគេទទួលបានទិន្នន័យជាលេខដែលប្រាប់ពីបរិមាណ។ ឧទាហរណ៍៖ ចំនួនមនុស្សដែលជឿលើរឿងនេះ ឬ កុមារដែលលេងកីឡាមានប៉ុន្មាននាក់ មានអាយុប៉ុន្មាន ឬកំរិតប្រាក់ចំណូលគ្រួសារជាដើម។ល។ តែទោះយ៉ាងណាក៏ដោយ មិនមែនទិន្នន័យបរិមាណទាំងអស់សុទ្ធតែមានប្រភពចេញពីការស្ទង់មតិនោះទេ។ ឧទាហរណ៍៖ ការវិភាគខ្លឹមសារគឺជាវិធីសាស្ត្រជាក់លាក់នៃការពិនិត្យមើលកំណត់ត្រាគ្រប់ប្រភេទ ដូចជាឯកសារផ្សេងៗ ការបោះពុម្ពផ្សាយ កម្មវិធីវិទ្យុឬទូរទស្សន៍ ឬភាពយន្តជាដើម។ ក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវតែពឹងលើឧបករណ៍វិភាគមួយចំនួនដូចជា៖ កម្មវិធី EXCEL, Minitab, SAS, STATA, និង SPSS ជាដើមដើម្បីស្វែងយល់ពីភាពពាក់ព័ន្ធនិងមុខងារនៃការធ្វើតេស្ត និងការបង្ហាញផ្សេងៗគ្នាទៅនឹងសំណុំទិន្នន័យផ្ទាល់។

វិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយបំផុតនៅក្នុងការស្រាវជ្រាវ ដើម្បីសិក្សាអំពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរ ឬច្រើន។ ការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យត្រូវបានចាត់ទុកជាការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា (Descriptive research) និងជាការស្រាវជ្រាវដើម្បីប៉ាន់ស្មាន ឬដើម្បីសិន្នដ្ឋាន (Inferential research)។ មេរៀននេះនឹងបែងចែកប្រភេទនៃការសិក្សានេះជាពីរវិធីសាស្ត្រដូចខាងក្រោម៖

២. ការស្រាវជ្រាវបែបពិព៌ណនា៖ របាយប្រេកង់ និងដ្យាក្រាម (Descriptive Research: Frequency Distributions & Graphics)

ការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នាគឺជាប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវដែលអធិប្បាយអំពីសាកលស្ថិតិ (Population) ស្ថានភាព ឬបាតុភូតមួយដែលកំពុងសិក្សា។ ព័ត៌មានអាជីវកម្មភាគច្រើនពឹងផ្អែកលើការស្រាវជ្រាវបែបពិពណ៌នា (Zikmund et al., 2013)។ ការស្រាវជ្រាវប្រភេទនេះត្រូវពឹងផ្អែកលើការសង្កេតជាមធ្យោបាយនៃការប្រមូលទិន្នន័យ។ អ្នកស្រាវជ្រាវព្យាយាមពិនិត្យមើលស្ថានភាពដើម្បីបង្កើតនូវអ្វីដែលជាបទដ្ឋាន ឬអ្វីដែលអាចព្យាករថានឹងកើតឡើងម្តងទៀតក្នុងកាលៈទេសៈដូចគ្នានោះ។ ការស្រាវជ្រាវបែបនេះដែលត្រូវបានរៀបចំឡើងជាពិសេសដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហាស្មុគស្មាញ។ ក្នុងករណីជាច្រើន អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងត្រូវធ្វើការសម្រេចចិត្តសំខាន់ៗ ឬឈានដល់ការសន្និដ្ឋានដោយផ្អែកលើព័ត៌មាននៅក្នុងរបាយការណ៍ ឬបទបង្ហាញទាំងនោះ។ ដូច្នេះ ឧបករណ៍វិភាគស្ថិតិសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យមានសារសំខាន់ណាស់។ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវមានចំណេះដឹងអំពីឧបករណ៍ទាំងនេះដើម្បីពិនិត្យនិងរិះគន់បែបស្ថាបនាទៅលើការងារដែលអ្នកដទៃធ្វើសម្រាប់អ្នក។ មានឧទាហរណ៍ជាច្រើនដូចជាថា គំនូសតាង ឬរូបភាព (Charts) និងដ្យាក្រាម (Graphics)មិនមែនគ្រាន់តែជាឧបករណ៍ដែលប្រើដោយផ្នែកអាជីវកម្មប៉ុណ្ណោះទេ។ ក្នុងអំឡុងពេលនៃការធ្វើជំនួញដូចជា Fortune និង Bloomberg Businessweek គេប្រើប្រាស់ក្រាហ្វិកនិងគំនូសតាងយ៉ាងច្រើននៅក្នុងអត្ថបទ ដើម្បីជួយអ្នកអានឱ្យយល់កាន់តែច្បាស់អំពីគោលគំនិតសំខាន់ៗ។ ការផ្សាយពាណិជ្ជកម្មជាច្រើនក៏បានប្រើដ្យាក្រាមនិងគំនូសតាងយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាពដើម្បីបញ្ជូនសាររបស់ពួកគេដល់អតិថិជនផងដែរ។ ស្ទើរតែគ្រប់បញ្ហាទាំងអស់របស់ទស្សនាវដ្តីឈ្មោះ The Wall Street Journal មានដ្យាក្រាម និងតារាងផ្សេងៗគ្នាជាច្រើនដែលបង្ហាញទិន្នន័យតាមរបៀបនៃការផ្តល់ព័ត៌មាន។ អ្នកនឹងបង្កើតគុណប្រយោជន៍ប្រកួតប្រជែងសម្រាប់ខ្លួនជាអ្នកអាជីព ប្រសិនបើអ្នកមានការយល់ដឹងច្បាស់អំពីបច្ចេកទេសដែលបានបង្ហាញនៅក្នុងមេរៀនទី២។ មេរៀន

នេះនឹងបង្ហាញអំពីឧបករណ៍និងបច្ចេកទេស ដែលគេប្រើញឹកញាប់បំផុតសម្រាប់ការពណ៌នាទិន្នន័យដោយប្រើដ្យាក្រាម គំនូសតាង និងតារាងជាដើម។

២.១. របាយប្រេកង់ (Frequency Distribution)

របាយប្រេកង់ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងការធ្វើសេចក្តីសង្ខេបទិន្នន័យរាយ ឬទិន្នន័យដែលចងជាក្រុម (Categorical Data)។ ការប្រមូល និងការសង្ខេបទិន្នន័យមានសារៈសំខាន់ក្នុងការបកស្រាយទិន្នន័យទាំងនោះទៅតាមទំរង់នៃតារាងប្រេកង់។ របាយប្រេកង់គឺជាការរៀបចំទិន្នន័យដើម (Raw data) ក្នុងតារាងប្រេកង់ហើយត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងការសង្ខេបទិន្នន័យជាក្រុម (Categorical data) តាមថ្នាក់នីមួយៗ។ របាយប្រេកង់ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ក្នុងការធ្វើសង្ខេបទិន្នន័យដូចជាតារាង (Tables) គំនូសតាង (Charts) និងដ្យាក្រាម (Graphics) ជាដើម។ ការប្រមូលនិងការសង្ខេបទិន្នន័យមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការបកស្រាយទិន្នន័យទាំងនោះក្នុងទម្រង់ជាតារាងប្រេកង់។ សេចក្តីសង្ខេបនៃសំណុំទិន្នន័យបង្ហាញពីចំនួនអង្កេតនៅក្នុងប្រភេទ ឬថ្នាក់ខុសគ្នានៃបំណែងចែកទិន្នន័យនីមួយៗ (Groebner, Shannon, & Fry, 2018)។

២.២. ការរៀបទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬជាក្រុម (Organizing Categorical Data)

ជាធម្មតា ក្នុងការរៀបចំទិន្នន័យជាថ្នាក់ គេបង្កើតតារាងសង្ខេបដើម្បីរៀបចំទិន្នន័យ និងបង្កើតតារាងដែលមានការពាក់ព័ន្ធទិន្នន័យពីរ ឬច្រើនប្រភេទ។ ផ្នែកនេះនៃមេរៀននឹងបង្ហាញអំពីការ សង្ខេបតារាងដើម្បីកំណត់ប្រេកង់ ឬភាគរយសម្រាប់ប្រភេទនីមួយៗនៃទិន្នន័យ។ តារាងសង្ខេបជួយអ្នកឱ្យឃើញភាពខុសគ្នាក្នុងចំណោមប្រភេទនីមួយៗនៃទិន្នន័យ តាមរយៈការបង្ហាញបរិមាណនៃប្រេកង់ ឬភាគរយនៃធាតុនីមួយៗរបស់ទិន្នន័យ។ **តារាង៤.១** បង្ហាញតារាងសង្ខេបដែលមានការឆ្លើយតបយ៉ាងខ្ពស់ចំពោះការស្ទង់មតិក្នុងពេលកន្លងទៅថ្មីៗនេះ ហើយដែលក្នុងការស្ទង់មតិនេះ គេបានសួរមនុស្សពេញវ័យអំពីមូលហេតុចំបងដែលពួកគេទិញទំនិញតាមអ៊ីនធើណែត។ តាមតារាងនេះ អ្នកអាចសន្និដ្ឋានថា ចំនួនភាគរយខ្ពស់ជាងគេនៃហាងលក់ទំនិញតាមអ៊ីនធើណែតគឺ ៣៧% ដែលបង្ហាញភាពប្រសើរនៃតម្លៃ និងបន្ទាប់មក ២៩% ដែលបង្ហាញពីការទិញតាមអ៊ីនធឺណិតដើម្បីជៀសវាងពីភាពចង្អៀតនិងការរំខាន។

តារាង៤.១. ការទិញទំនិញតាមអ៊ីនធឺណិត

តម្រូវការ	ភាគរយ(%)
ភាពប្រសើរនៃតម្លៃ (Better prices)	37%
ជៀសវាងហ្វូងមនុស្សថ្ងៃឈប់សម្រាកឬការរំខាន (Avoiding holiday crowds or hassles)	29%
ភាពងាយស្រួលជាងមុន (Convenience)	18%
ភាពប្រសើរនៃការជ្រើសរើស (Better selection)	13%
ដឹកជញ្ជូនឱ្យផ្ទាល់ (Ships directly)	3%

ប្រភព៖ Data extracted and adapted from "Main Reason Young Adults Shop Online?" USA Today, December 5, 2012, p. 1A

២.៣. រៀបចំទិន្នន័យជាលេខ (Organizing Numerical Data)

ក្នុងផ្នែកនេះនៃមេរៀន អ្នកសិក្សាត្រូវយល់នូវពាក្យគន្លឹះសំខាន់ៗដូចតទៅ។

២.៣.១. តើអ្វីទៅជាប្រេកង់ (What is Frequency)?

ប្រេកង់គឺជាភាពញឹកញាប់នៃការកើតឡើងនៃព្រឹត្តិការណ៍ដែលបានអង្កេត ហើយត្រូវបានបម្លែង ទៅជាទិន្នន័យលេខ (Numerical Data)។ ឧទាហរណ៍៖ តើអ្នកឧស្សាហ៍បានទៅផឹកកាហ្វេនៅ Brown's Café ចំនួនប៉ុន្មានដងក្នុង១ខែ? ចម្លើយគឺ គាត់បានទៅផឹកកាហ្វេនៅទីនោះចំនួន៣ដងក្នុង១ខែ។ ដូច្នេះ៣ដងគឺជាប្រេកង់។

២.៣.២. ប្រេកង់ធៀប (Relative Frequency)

ប្រេកង់ធៀបគឺជាផលធៀបរវាងប្រេកង់នៃទិន្នន័យមួយប្រភេទនិងចំនួននៃការអង្កេតសរុប ដែលមាននៅក្នុងប្រភេទទិន្នន័យដែលបានផ្តល់ឱ្យនោះ។ និយាយម្យ៉ាងទៀត ប្រេកង់ធៀបត្រូវបានគណនាដោយ យកប្រេកង់នៅក្នុងប្រភេទមួយនៃទិន្នន័យចែកនឹងចំនួនសរុបនៃការអង្កេត។ ប្រេកង់ធៀបអាចត្រូវបានបម្លែងទៅជាភាគរយដោយគុណនឹង 100។ តារាងទី៤.២បង្ហាញពីប្រេកង់ និងប្រេកង់ធៀបនៃជំងឺរាតត្បាតកូវី-19។ យោងតាមលទ្ធផលក្នុងតារាងទី៤.២ យើងឃើញថា រាជធានីភ្នំពេញមានអត្រាឆ្លងជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-19 ក្នុងសហគមន៍ច្រើនជាងគេរហូតដល់ 75.10% ករណីនាំចូលពីបរទេស 8.34% ខេត្តកណ្តាល 7.81% ព្រះសីហនុ 2.91% កោះកុង 2.69% ព្រៃវែង 2.42% កំពង់ធំ 0.27% និង កំពង់ចាម បាត់ដំបង សៀមរាបមានចំនួនអ្នកឆ្លងតែម្នាក់ ដែលស្មើនឹង 0.13% ដូចគ្នា។

តារាង៤.២. ជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-19 សម្រាប់ព្រឹត្តិការណ៍២០កុម្ភៈ (គិតត្រឹមថ្ងៃទី១២ មីនា ២០២១)

ខេត្ត ក្រុង រាជធានី (Locations)	ប្រេកង់ (Frequency)	ប្រេកង់ធៀប (Relative Frequency)	ភាគរយ (%) (Percent)
ភ្នំពេញ	558	558/743 = 0.7510	75.10%
កណ្តាល	58	58/743 = 0.0781	7.81%
ព្រះសីហនុ	22	22/743 = 0.0296	2.96%
កោះកុង	20	20/743 = 0.0269	2.69%
កំពង់ធំ	2	2/743 = 0.0027	0.27%
កំពង់ចាម	1	1/743 = 0.0013	0.13%
សៀមរៀប	1	1/743 = 0.0013	0.13%
ព្រៃវែង	18	18/743 = 0.0242	2.42%
បាត់ដំបង	1	1/743 = 0.0013	0.13%
ករណីនាំចូលពីបរទេស	62	62/743 = 0.0843	8.34%
សរុប	743	1.00	100%

ដើម្បីទទួលបាននូវលទ្ធផលក្នុងតារាងខាងលើ ជាពិសេស តម្លៃប្រេកង់ធៀបគឺយើងត្រូវគណនាតាមរូបមន្ត ដូចខាងក្រោម (រូបមន្តទី1) និងចំណែកការគណនាតម្លៃភាគរយ យើងត្រូវយកតម្លៃប្រេកង់ធៀប គុណនឹង 100 ឬ អាចគណនាតាមរូបមន្តទី2។

<u>រូបមន្តទី1៖</u> ប្រេកង់ធៀប (Relative Frequency) $= \frac{\text{ប្រេកង់នីមួយៗ } (fi)}{\text{ប្រេកង់សរុប } (n)}$

<u>រូបមន្តទី2៖</u> ប្រេកង់ធៀបជាភាគរយ (%) = $\frac{\text{ប្រេកង់នីមួយៗ } (fi)}{\text{ប្រេកង់សរុប } (n)}$ x 100 ដែល៖

- f_i គឺជាតម្លៃប្រេកង់អាចមានចាប់ពី 1, 2, ...ដល់ n ករណី និង

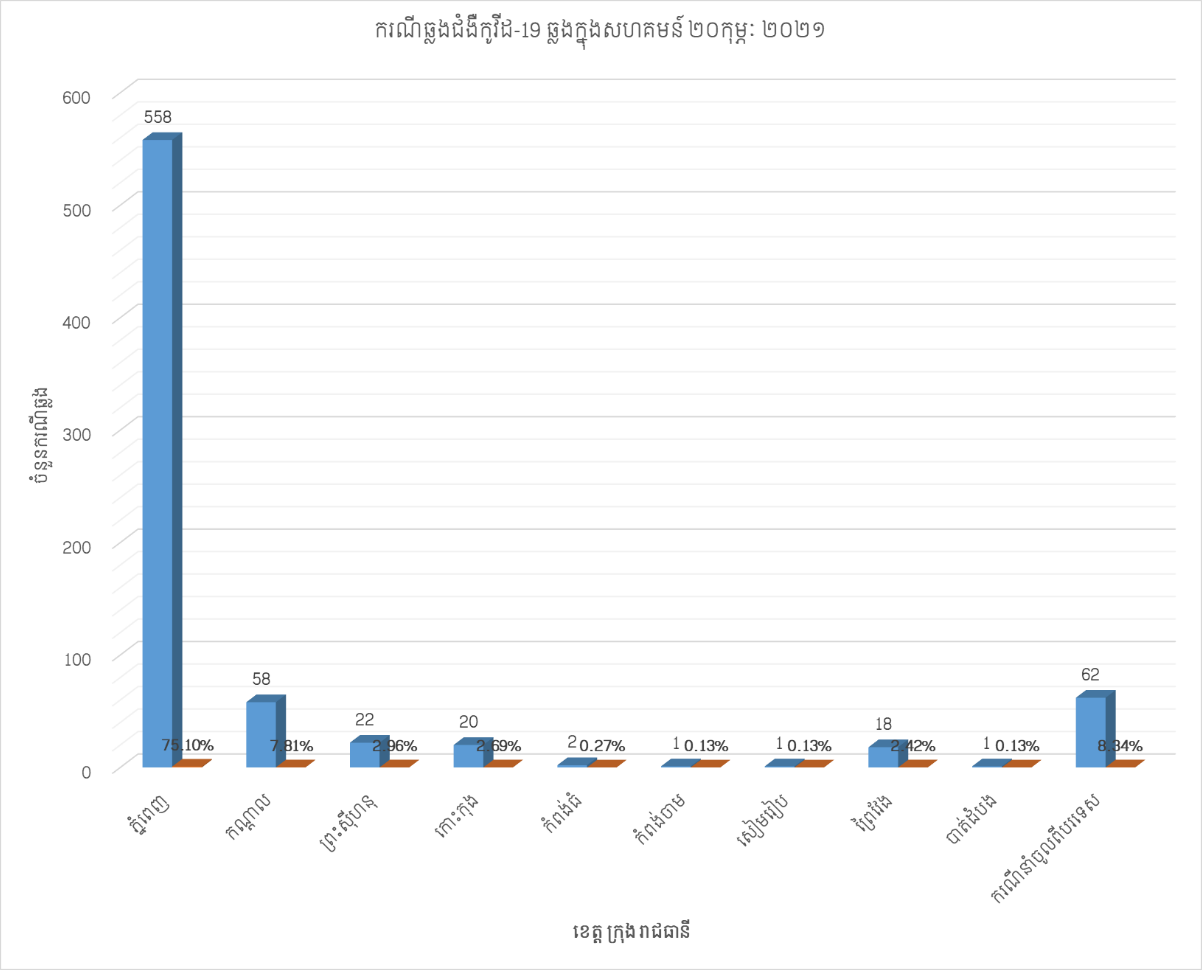
- n គឺជាចំនួនសរុបនៃការអង្កេត ឬប្រេកង់សរុប។

ប្រភព៖ Groebner et al. (2018, p. 56)

២.៤. ដ្យាក្រាម ឬក្រាហ្វិក (Graphics)

២.៤.១. ដ្យាក្រាមសសរ (Bar-Chart)

ដ្យាក្រាមសសរ (Bar-Chart) គឺជាក្រាហ្វិកមួយប្រភេទដែលបង្ហាញពីរបាយប្រេកង់ ប្រេកង់ធៀប ឬប្រេកង់ធៀបជាភាគរយជាដើម (B. L. Bowerman et al., 2019)។ ដ្យាក្រាម៤.១ ជាដ្យាក្រាមសសរ ដែលចន្លោះពីបង្គោលមួយទៅបង្គោលមួយត្រូវមានប្រវែងស្មើៗគ្នា។ លទ្ធផលក្នុងដ្យាក្រាម៤.១នេះបានមកពីតារាង៤.២ខាងលើ។ ចំពោះអត្ថន័យនៃការបកស្រាយលទ្ធផលនេះគឺអាចយោងតាមការបកស្រាយនៅតារាងទី៤.២។



ដ្យាក្រាម៤.១. ដ្យាក្រាមសសរស្តីពីករណីឆ្លងជំងឺកូវីដ-១៩ ក្នុងសហគមន៍ ២០កុម្ភៈ ២០២១

២.៤.២. ដ្យាក្រាមផ្លិត (Pie-Chart)

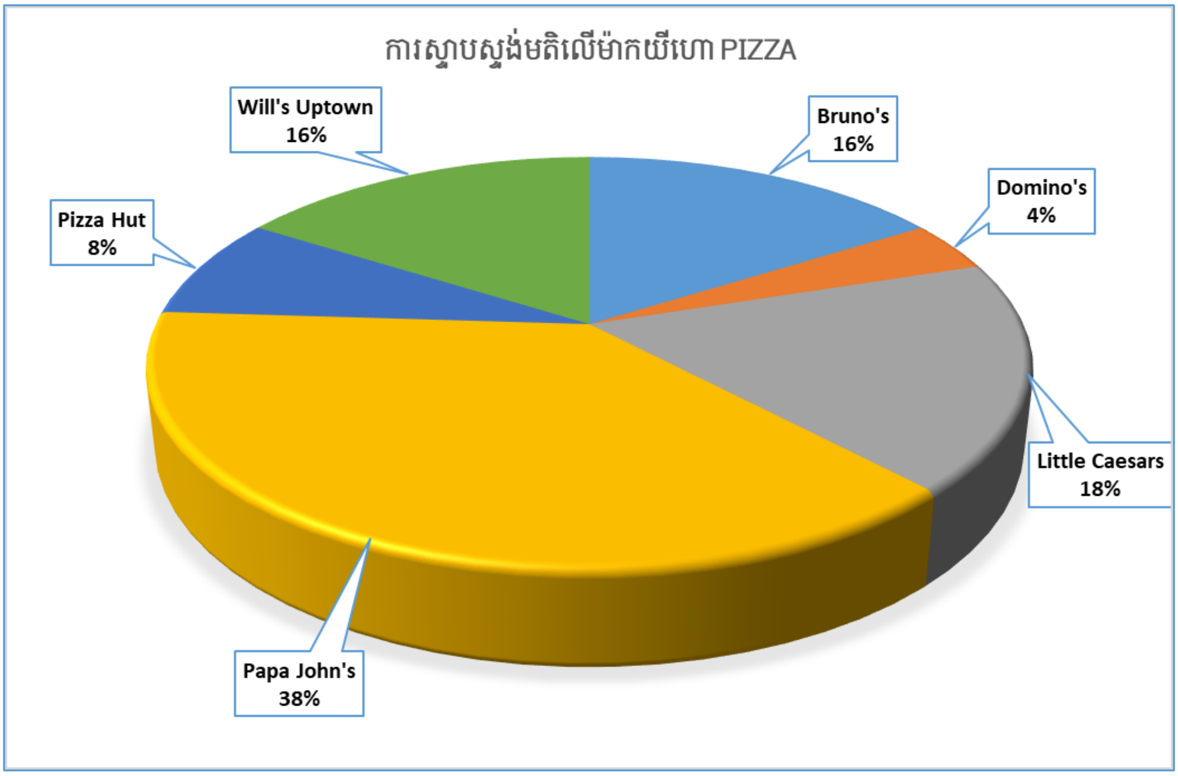
ដ្យាក្រាមផ្លិត (Pie-Chart) ជាក្រាហ្វិកមួយប្រភេទដែលអាចត្រូវបានប្រើដើម្បីពណ៌នាអំពីបោយប្រេកង់។ ក្នុងការសង់ដ្យាក្រាមផ្លិត ដំបូងយើងគូសរង្វង់មួយជាតំណាងឱ្យសំណុំទិន្នន័យទាំងមូល (១០០%)។ បន្ទាប់មក យើងបែងចែករង្វង់ទៅជាផ្នែក ឬជាចំណិតៗដូចចណិតនំ ដោយផ្អែកលើប្រេកង់ធៀបនៃថ្នាក់របស់ទិន្នន័យដែលជាភាគរយ (B. L. Bowerman et al., 2019)។ ជាទូទៅ ដើម្បីបង្កើតនូវដ្យាក្រាម៤.២ នេះបានលុះត្រាតែយើងរៀបចំតារាងឱ្យបានរួចរាល់ជាមុនសិន។ សូមមើលតារាង៤.៣ ស្តីពីលទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិលើការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោរបស់ក្រុមហ៊ុន Pizza។ ដ្យាក្រាម៤.២បង្ហាញលទ្ធផលជាភាគរយនៃការស្ទាបស្ទង់មតិមួយលើនិស្សិតចំនួន ៥០នាក់នៃមហាវិទ្យាល័យមួយនៅសហរដ្ឋអាមេរិក ដើម្បីចង់ដឹងអំពីចំណង់ចំណូលចិត្តលើការប្រើប្រាស់ម៉ាករបស់ក្រុមហ៊ុន Pizza ល្បីៗដែលកំពុងពេញនិយមនៅសហរដ្ឋអាមេរិក។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថា ក្នុងចំណោមនិស្សិត50នាក់មាន 38% (19/50*100) ដែលស្មើ១៩នាក់ចូលចិត្តញ៉ាំ Pizza ម៉ាក Papa John's ហើយ 18%ដែលស្មើនឹង 9នាក់ ចូលចិត្ត Little Caesars។ ចំណែកឯ ភីហ្សាម៉ាក Bruno's និង Will's Uptown មានអ្នកចូលចិត្ត 16% ដូចគ្នា (ដែលមាននិស្សិតចំនួន8នាក់ចូលចិត្តម៉ាកនីមួយៗ)។ រីឯភីហ្សាម៉ាក Pizza Hut មានអ្នកចូលចិត្តញ៉ាំ 8% ដែលស្មើនឹង4នាក់ និងម៉ាកដែលមានអ្នកចូលចិត្តតិចជាងគេរហូតដល់4% ដែលមាននិស្សិតតែ2នាក់ប៉ុណ្ណោះ។ សរុបមក ក្រុមហ៊ុន Pizza ដែលមានអ្នកចូលចិត្តញ៉ាំច្រើនជាងគេក្នុងចំណោមនិស្សិត50នាក់នោះគឺភីហ្សារបស់

ក្រុមហ៊ុន Papa John's ហើយភីហ្សារបស់ក្រុមហ៊ុន Domino's Pizza ហាក់ដូចជាមិនសូវពេញនិយមសម្រាប់និស្សិតនៃមហាវិទ្យាល័យនេះ។

តារាង៤.៣. ស្ថិតិពីលទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិលើការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោរបស់ក្រុមហ៊ុន Pizza

ក្រុមហ៊ុន Pizza	ប្រេកង់	ប្រេកង់ធៀប	ភាគរយ(%)
Bruno's	8	0.16	16%
Domino's	2	0.04	4%
Little Caesars	9	0.18	18%
Papa John's	19	0.38	38%
Pizza Hut	4	0.08	8%
Will's Uptown	8	0.16	16%
សរុប	**50**	**1.00**	**100%**

ប្រភព៖ B. L. Bowerman et al. (2019, p. 56)



ដ្យាក្រាម៤.២. ដ្យាក្រាមផ្ចិតស្ថិតិពីលទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិលើម៉ាកយីហោ Pizza ជាភាគរយ

២.៤.៣. អ៊ីស្តូក្រាម (Histogram Chart)

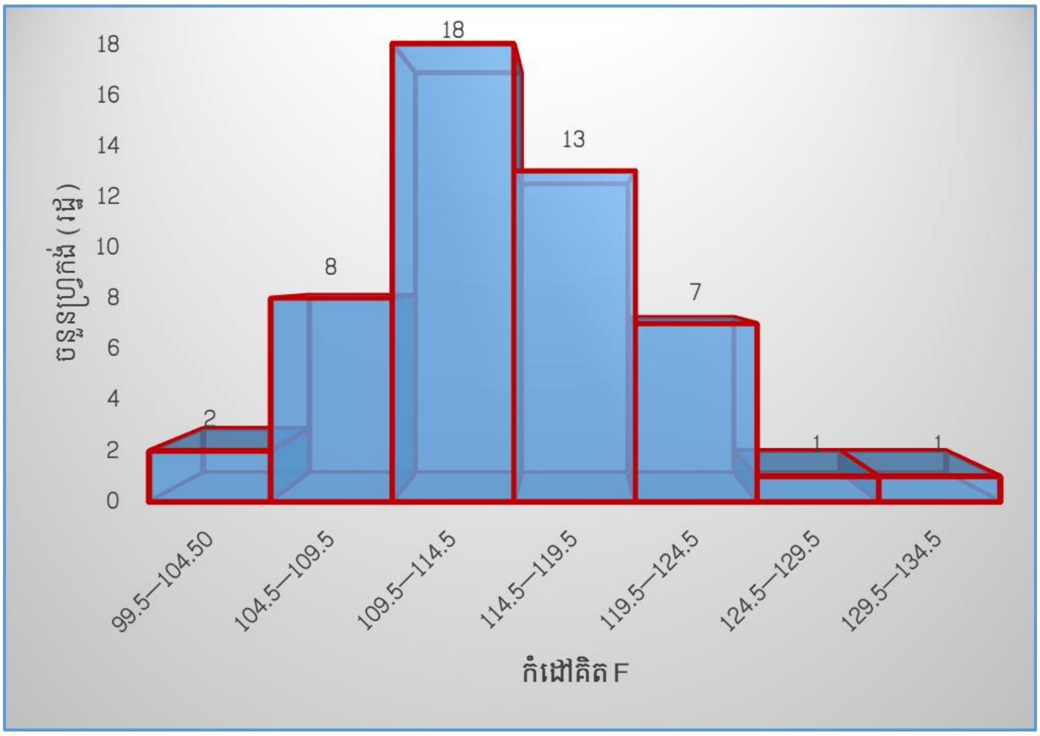
អ៊ីស្តូក្រាមកើតឡើងដោយអ័ក្សឈរមួយកែងគ្នាជាមួយអ័ក្សដេកមួយ។ អក្ស័ឈរបង្ហាញប្រេកង់នៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗ។ អ័ក្សដេកផ្តល់អង្កត់ខ្លីប៉ុនៗគ្នាសម្រាប់ជាទំហំនៃប្រឡេពីប៉ៃតបញ្ឈរនីមួយៗដែលតំណាងឱ្យថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗនៅលើអ័ក្សដេក។ កម្ពស់ប្រឡេពីប៉ៃត្របញ្ឈរនីមួយៗបង្ហាញប្រេកង់នៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗដែលតំណាងឱ្យនោះ (Berenson et al., 2015)។ អ៊ីស្តូក្រាមគឺជាដ្យាក្រាមដែលបង្ហាញទិន្នន័យដោយប្រើរូបរាង

ប្រទ្បេពីប៉ែតបញ្ឈរជាប់ៗគ្នា (លើកលែងតែប្រេកង់នៃថ្នាក់ស្មើ 0) ដែលមានកំពស់ខុសគ្នាឬស្មើគ្នាសម្រាប់បង្ហាញប្រេកង់នៃថ្នាក់ទិន្នន័យខុសគ្នាឬស្មើគ្នា (Bluman, 2013)។ អ្នកសិក្សាត្រូវចាំថា គេអាចសង់អ៊ីស្តូក្រាមបានលុះត្រាតែគេបង្កើតថ្នាក់ទិន្នន័យ (Classes) និងតារាងប្រេកង់ជាមុនសិន។ សូមមើលឧទាហរណ៍ស្តីពីការកត់ត្រាសីតុណ្ហភាពខ្ពស់សម្រាប់រដ្ឋនីមួយៗនៃរដ្ឋទាំង 50 នៅសហរដ្ឋអាមេរិក ដូចបង្ហាញក្នុងតារាង៤.៤ខាងក្រោម៖

តារាង៤.៤. កំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក

ចំនួនចន្លោះកំដៅ (Class Boundaries)	ប្រេកង់ (Frequency)	ភាគរយ (%) (Percent)
99.5—104.50	2	4.0%
104.5—109.5	8	16.0%
109.5—114.5	18	36.0%
114.5—119.5	13	26.0%
119.5—124.5	7	14.0%
124.5—129.5	1	2.0%
129.5—134.5	1	2.0%
សរុប	**50**	**100.0%**

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 58)



ដ្យាក្រាម៤.៣. អ៊ីស្តូក្រាមស្តីពីកំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក

អ៊ីស្តូក្រាមក្នុងតារាង៤.៣ បង្ហាញថា រដ្ឋចំនួន18 មានកំដៅចន្លោះពី 109.5F° ទៅ 114.5F° ហើយ13 រដ្ឋទៀតមានកំដៅចន្លោះពី 119.5F° ទៅ 124.5F° ។ រីឯមានរដ្ឋតែមួយទេដែលមានកំដៅខ្ពស់បំផុត គឺចន្លោះពី 129.5F° ដល់ 134.5F°។ សរុបមក ក្នុងចំណោម50រដ្ឋ មាន18 រដ្ឋស្មើ36% ដែលមានកំដៅខ្ពស់។

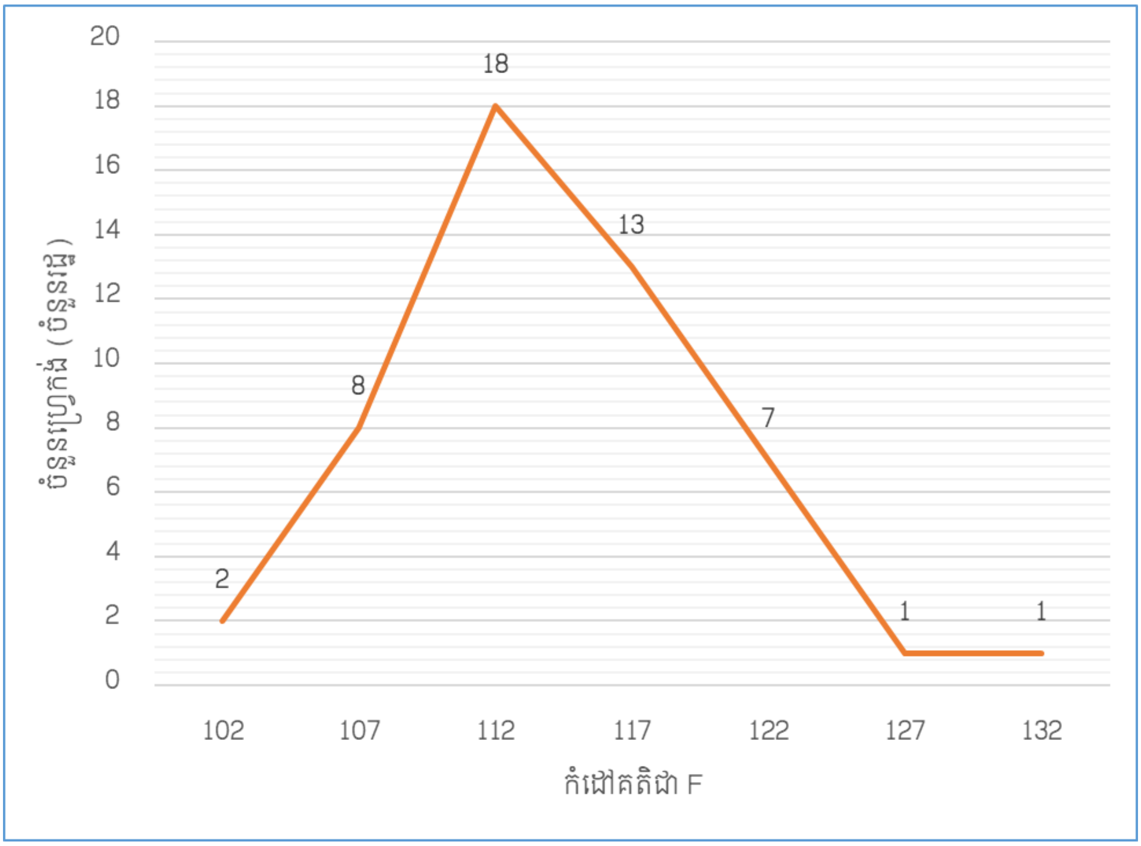
២.៤.៥. ដ្យាក្រាមពហុកោណ (Polygon Chart)

ដ្យាក្រាមពហុកោណមានរាងជាពហុកោណនៅលើប្លង់អរតូនរមេ ដែលមានតម្លៃលេខជារបាយប្រេកង់ប្រែប្រួលនៅលើអ័ក្សឈរនិងតម្លៃលេខជារបាយចំណុចកណ្តាលនៃថ្នាក់ទិន្នន័យនៅលើអ័ក្សដេក។ កំពូលនីមួយៗនៃពហុកោណបង្ហាញប្រេកង់នៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗ។ កំពូលទាំងនេះមានកូអរដោនេជាគូតម្លៃដែលត្រូវផ្គារវាងតម្លៃលេខ (ដែលស្ថិតត្រង់ចំណុចកណ្តាល ឬធម្យម) នៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗនិងតម្លៃប្រេកង់នៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗនោះ (Bluman, 2013)។ ដូច្នេះ ដើម្បីបានចំណុចកំពូលទាំងអស់សម្រាប់បង្កើតជាដ្យាក្រាមពហុកោណ យើងត្រូវរកតម្លៃលេខនៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗជាមុនសិន។ តម្លៃលេខនៃថ្នាក់នីមួយៗស្ថិតនៅចំណុចកណ្តាល (ឬមធ្យម) នៃថ្នាក់នីមួយៗនៃទិន្នន័យដែលយើងប្រមូលបាន។ រីឯរបៀបគណនារកចំណុចកណ្តាលឬតម្លៃមធ្យមនៃថ្នាក់ទិន្នន័យនីមួយៗត្រូវបានបង្ហាញក្នុងតារាង៤.៥ ខាងក្រោមនេះ។ យើងយកតារាង៤.៣ខាងលើជាឧទាហរណ៍សម្រាប់បង្កើតដ្យាក្រាមពហុកោណ។ របៀបកស្រាយលទ្ធផលនេះគឺដូចគ្នានឹងរបៀបកស្រាយលទ្ធផលក្នុងតារាង៤.៣ខាងលើដែរ។

តារាង៤-៥. កំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក

ចន្លោះកំដៅ សម្គាល់ថ្នាក់ទិន្នន័យ (Class Boundaries)	ចំណុចកណ្តាល នៃថ្នាក់ទិន្នន័យ (Midpoints)	ប្រេកង់ (Frequency)
99.5—104.50	(99.5+104.50)/2 = 102	2
104.5—109.5	(104.5+109.5)/2 = 107	8
109.5—114.5	(109.5+114.5)/2 = 112	18
114.5—119.5	(114.5+119.5)/2 = 117	13
119.5—124.5	(119.5+124.5)/2 = 122	7
124.5—129.5	(124.5+129.5)/2 = 127	1
129.5—134.5	(129.5+134.5)/2 = 132	1
សរុប	**50**	

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 59)



ដ្យាក្រាម៤-៤. ដ្យាក្រាមពហុកោណស្តីពីកំណត់ត្រាកំដៅនៅសហរដ្ឋអាមេរិក

២.៤.៦. ដ្យាក្រាមប៉ារេតូ (Pareto Chart)

ដ្យាក្រាមប៉ារេតូ (Pareto Chart) ត្រូវបានប្រើជាតំណាងរបាយប្រេកង់សម្រាប់ប្រភេទអថេរក្នុងដ្យាក្រាមនេះ តម្លៃប្រេកង់ត្រូវបានបង្ហាញដោយកម្ពស់នៃសសរឈរដែលត្រូវបានរៀបចំតាមលំដាប់ពីខ្ពស់បំផុតទៅទាបបំផុត (Bluman, 2013)។ នៅក្នុងដ្យាក្រាមប៉ារេតូ កំពស់សសរឈរតំណាងប្រេកង់សម្រាប់ប្រភេទទិន្នន័យនីមួយៗ ដែលរៀបតាមលំដាប់ពីខ្ពស់មកទាបនោះ ត្រូវបានផ្សំជាមួយបន្ទាត់ភាគរយដែលកើនឡើងដោយបូកតម្លៃភាគរយទាំងនោះបន្តបន្ទាប់គ្នា (Cumulative Percentage) នៅលើតារាងតែមួយ (Berenson et al., 2015)។ ឧទាហរណ៍ខាងក្រោមនេះបង្ហាញទិន្នន័យដែលជាកំណត់ត្រាជាក់លាក់ស្តីពីប្រភេទនៃការមិនពេញចិត្តលើហេតុការណ៍ដែលសាលាក្រុងទទួលបានពីប៉ូលីសក្នុងឆ្នាំ២០១១។ តារាង៤.៦ បង្ហាញទិន្នន័យដើមដែលទទួលបានពីសាលាក្រុងហើយដែលទិន្នន័យទាំងនេះត្រូវបានតម្រៀបតាមលេខពីធំទៅតូច។ រីឯការគណនាភាគរយដែលកើនតៗគ្នា (Cumulative Percentage) ត្រូវបានបង្ហាញក្នុងតារាង៤.៧ ។

តារាង៤.៦. កំណត់ត្រារបស់ប៉ូលីស (ទិន្នន័យដើម)

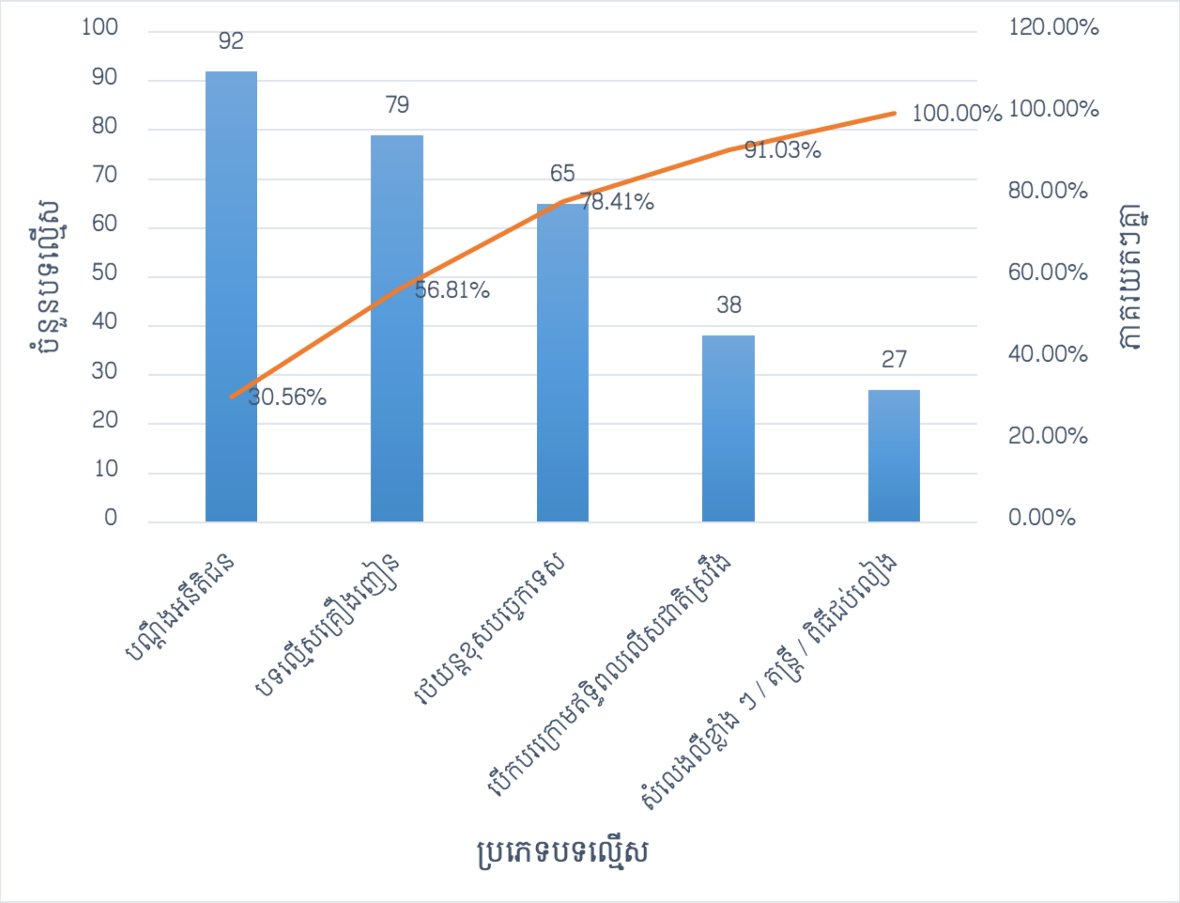
ប្រភេទឬថ្នាក់ទិន្នន័យ (Category)	ចំនួន (Number)
បណ្តឹងអនីតិជន (Juvenile complaint)	92
សំលេងលឺខ្លាំង ៗ / តន្ត្រី / ពិធីជប់លៀង (Loud noise/music/party)	27
បទល្មើសគ្រឿងញៀន (Drug offenses)	79
បើកបរក្រោមឥទ្ធិពលលើសជាតិស្រវឹង (Driving under the influence)	38
រថយន្តខុសបច្ចេកទេស (Disabled vehicle)	65

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 77)

តារាង៤.៧. កំណត់ត្រារបស់ប៉ូលីស (ទិន្នន័យតំរៀប)

ប្រភេទឬថ្នាក់ទិន្នន័យ (Category)	ចំនួនប្រេកង់ (Frequency)	ភាគរយ (%) (Percent)	ភាគរយកើនតគ្នា (Cumulative Percent)
បណ្តឹងអនីតិជន	92	30.56%	30.56%
បទល្មើសគ្រឿងញៀន	79	26.25%	56.81%
រថយន្តខុសបច្ចេកទេស	65	21.59%	78.41%
បើកបរក្រោមឥទ្ធិពលលើសជាតិស្រវឹង	38	12.62%	91.03%
សំលេងលឺខ្លាំងៗ/តន្ត្រី/ពិធីជប់លៀង	27	8.97%	100.00%
សរុប	**301**	**100.00%**	

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 77)



ដ្យាក្រាម៤.៥. ដ្យាក្រាមប៉ារេតូ (Pareto Chart) ស្តីពីប្រភេទបទល្មើសនៅសហរដ្ឋឆ្នាំ២០១១

តារាង៤.៦ និងក្រហ្វិក៤.៧ បង្ហាញថា ក្នុងចំណោមបណ្ដឹងបទល្មើស 301 ករណី មានបណ្ដឹងបទល្មើសស្តីពីអនីតិជនរហូតដល់ 92 ករណី ដែលស្មើនឹង 30.56%បទល្មើសគ្រឿងញៀនមាន 79 ករណី ដែលស្មើនឹង 26.25% រថយន្តខុសបច្ចេកទេសមាន 65 ករណី ដែលស្មើនឹង 21.59% បើកបរក្រោមឥទ្ធិពលលើសជាតិស្រវឹងមាន 38 ករណី ដែលស្មើនឹង 12.62% និងការបង្ករសំឡេងខ្លាំងៗ/តន្ត្រី/ពិធីជប់លៀងមាន 27 ករណី ដែលមានភាគរយតិចជាងគេគឺ 8.97%។ សរុបមក ករណីបណ្ដឹងពីអនីតិជនមានអត្រាខ្ពស់ជាងគេធៀបជាមួយបទល្មើសឯទៀត។

២.៥. ការបែងចែកថ្នាក់និងការរៀបចំទិន្នន័យ (Data Classification & Organizing)

ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានអាចត្រូវបានបែងចែកជាបីប្រភេទគឺ ទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬប្រភេទ (Categorical Data) ទិន្នន័យផ្តុំជាក្រុម (Grouped Data) និងទិន្នន័យមិនផ្តុំជាក្រុមជាក្រុម (Ungrouped Data)

២.៥.១. ទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬប្រភេទ (Categorical Data)

ការបែងចែកទិន្នន័យជាថ្នាក់ឬប្រភេទត្រូវបានធ្វើចំពោះទិន្នន័យដែលមានថ្នាក់ជាក់លាក់របស់វាស្រាប់ដូចជាទិន្នន័យប្រភេទនាមករណ៍ (nominal level data) ឬទិន្នន័យមានលំដាប់ (ordinal level data)(Bluman, 2013)។ ទិន្នន័យប្រភេទនេះមានដូចជាប្រភេទនៃក្រុមឈាមរបស់មនុស្សដែលមាន៤ប្រភេទ៖ ក្រុមឈាម A, B, AB, និងក្រុមឈាម O ជាដើម។ ឧទាហរណ៍៖ អ្នកដឹកនាំកងទ័ពចំនួន ២៥ នាក់ត្រូវបានធ្វើតេស្តឈាមដើម្បីកំណត់ប្រភេទក្រុមឈាមរបស់ពួកគេ។ សំណុំទិន្នន័យគឺ

A B B AB O O O B AB B

B B O A O A O O O AB

AB A O B A

តារាង៤.៧ខាងក្រោមបង្ហាញពីរបៀបនៃការរៀបចំទិន្នន័យជាចំណាត់ថ្នាក់៖

ទំហំថ្នាក់ (Class Limits)	ដែនកំណត់នៃថ្នាក់ (Class Boundaries)	ខ្នាច់ (Tally)	ប្រេកង់ (Frequency)	ភាគរយ (%) (Percent)
[58–64]	57.5–64.5	I	1	2.0%
[65–71]	64.5–71.5	𝍸 I	6	12.0%
[72–78]	71.5–78.5	𝍸 𝍸	10	20.0%
[79–85]	78.5–85.5	𝍸 𝍸 IIII	14	28.0%
[86–92]	85.5–92.5	𝍸 𝍸 II	12	24.0%
[93–99]	92.5–99.5	𝍸	5	10.0%
[100–106]	99.5–106.5	II	2	4.0%
		សរុប	**50**	**100%**

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 44)

តារាង៤.៨. ការធ្វើតេស្តឈាមរបស់កងទ័ព

ក្រុមឈាម (Blood Types) [A]	ខ្នាច់ (Tally) [B]	ប្រេកង់ (Frequency) [C]	ភាគរយ (Percent) [D]
A	𝍸	5	20
B	𝍸 II	7	28
O	𝍸 IIII	9	36
AB	IIII	4	16
សរុប		25	100%

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 44)

ក្នុងតារាងខាងលើជួរឈរ-**[A]** មានទិន្នន័យដើម (Raw Data) ជាប្រភេទក្រុមឈាមដែលមានស្រាប់។ ទិន្នន័យនេះត្រូវបានតម្រៀបជា៤ថ្នាក់គឺ A, B, AB, និង O។ ជួរឈរ-**[B]** មានទិន្នន័យដែលបានមកពីការរាប់ចំនួនប្រភេទក្រុមឈាមនីមួយៗដែលតាងដោយខ្នាច់។ រីឯជួរឈរ-**[C]** មានទិន្នន័យជាតម្លៃប្រេកង់ដែលត្រូវបានប្តូរពីរូបចំនួនខ្នាច់មកជាលេខឡាតាំងសម្រាប់គណនារកភាគរយនៃក្រុមឈាមនីមួយៗ។ ជួរឈរចុងក្រោយ-**[D]** មានទិន្នន័យជាភាគរយនៃក្រុមឈាមនីមួយៗ។ គេអាចគណនាភាគរយនេះតាមរូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$\text{ភាគរយ (\%)} = \frac{\text{ចំនួនប្រេកង់នីមួយ } (fi)}{\text{ចំនួនសរុបរបស់ប្រេកង់ } (Total\ of\ frequency = n)}\ x\ 100$$

ដែល f_i គឺជាចំនួនប្រេកង់នីមួយៗអាចមានចាប់ពី 1, 2, 3,...... ទៅដល់ n ករណី។

$n = \Sigma fi$ *គឺជាតម្លៃសរុបនៃប្រេកង់ដែលជាផលបូកនៃតម្លៃប្រេកង់នីមួយៗ។*

យោងតាមលទ្ធផលក្នុងតារាងទី៤.៦ខាងលើ យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ក្នុងចំណោមកងទ័ព24នាក់ មានក្រុមឈាមប្រភេទ O ច្រើនជាងគេរហូតដល់9នាក់ដែលស្មើនឹង36%។ ដូច្នេះអ្នកគ្រប់គ្រងកងទ័ពគួររកវិធីប្រមូលក្រុមឈាមប្រភេទ O នេះឱ្យបានច្រើនសម្រាប់ជាវិធានការសង្គ្រោះបន្ទាន់ក្នុងករណីកងទ័ពមានរបួសស្នាមអំឡុងពេលឡើងសមរភូមិ ឬមានការប្រយុទ្ធគ្នា ហើយយើងអាចជួយបញ្ចូលឈាមឱ្យអ្នករបួសទាន់ពេលវេលា។

២.៥.២. ទិន្នន័យផ្តុំជាក្រុម (Grouped Data)

នៅពេលដែលទិន្នន័យមានទំហំធំគេត្រូវផ្តុំទិន្នន័យជាក្រុមដែលមានទំហំថ្នាក់ (Class width) លើសពីមួយនៃថ្នាក់។ ករណីនេះត្រូវបានគេហៅថាការផ្តុំទិន្នន័យជាក្រុម (Bluman, 2013)។ ឧទាហរណ៍៖ គេជ្រើសរើសនិស្សិតមហាវិទ្យាល័យចំនួន 50 នាក់ ដោយចៃដន្យ ដើម្បីពិនិត្យកម្រិតគ្លុយកូសក្នុងឈាម គិតជាមីលីក្រាមក្នុងមួយដេស៊ីលីតឈាម (mg /dL)។ លទ្ធផលនៃការពិនិត្យឈាមនេះត្រូវបានផ្តុំជាក្រុមដូចបង្ហាញក្នុងតារាង៤.៩ ខាងក្រោមនេះ៖

តារាង៤.៩. របាយប្រេកង់តាមទំហំថ្នាក់ឬតាមក្រុមនៃទិន្នន័យ

ទំហំថ្នាក់ (Class Limits)	ដែនកំណត់នៃថ្នាក់ (Class Boundaries)	ខ្ទាច់ (Tally)	ប្រេកង់ (Frequency)	ភាគរយ (%) (Percent)
[58–64]	57.5–64.5	I	1	2.0%
[65–71]	64.5–71.5	~~IIII~~ I	6	12.0%
[72–78]	71.5–78.5	~~IIII~~ ~~IIII~~	10	20.0%
[79–85]	78.5–85.5	~~IIII~~ ~~IIII~~ IIII	14	28.0%
[86–92]	85.5–92.5	~~IIII~~ ~~IIII~~ II	12	24.0%
[93–99]	92.5–99.5	~~IIII~~	5	10.0%
[100–106]	99.5–106.5	II	2	4.0%
		សរុប	**50**	**100%**

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 44)

របៀបរាប់ខ្ទាច់ តម្លៃប្រេកង់ និងការគណនាភាគរយ សូមមើលការពន្យល់ក្នុងតារាង៤.៧ខាងលើ។ សំណួរសួរថា ចំពោះទិន្នន័យផ្តុំជាក្រុមបែបនេះ តើគេអាចបង្កើតបានដ្យាក្រាមអ្វីខ្លះ? ចម្លើយគឺ អាចបង្កើតដ្យាក្រាមបានពីរប្រភេទគឺ អ៊ីស្តូក្រាម (Histogram) និងពហុកោណ (Polygon)។ ដូច្នេះ យើងត្រូវបែងចែកឱ្យដាច់ពីគ្នានូវអ្វី ដែលហៅថាទំហំថ្នាក់ (Class Limit) និងអ្វីដែលហៅថាដែនកំណត់នៃថ្នាក់ (Class Boundaries)។ ក្នុងតារាងខាងលើយើងឃើញថា ទិន្ន័យនេះត្រូវបាន ផ្តុំជា៧ក្រុមឬថ្នាក់ដែលថ្នាក់ទី1 មានចន្លោះពី 58 ទៅដល់ 64 ត្រូវបានសរសេរកាត់ជា [58–64] ថ្នាក់ទី2 [65–71] ហើយបន្តរបៀបនេះរហូតដល់ថ្នាក់ទី៧គឺ [100–106]។

ក. ទំហំថ្នាក់៖ ទំហំថ្នាក់នីមួយៗមានលេខមួយគូសម្រាប់សម្គាល់គោលទាំងសងខាងទាំងពីររបស់វាគឺលេខនៅខាងឆ្វេងហៅថា "គោលក្រោម (Lower Class Limit)" និងលេខនៅខាងស្តាំហៅថា "គោលលើ (Upper Class Limit)"។ ឧទាហរណ៍៖ ថ្នាក់ទី1 [58–64] មានលេខ 58 សម្គាល់គោលក្រោម និង លេខ 64 សម្គាល់គោលលើ។ យើងត្រូវចាំថា តម្លៃលេខតូច ដែលស្ថិតនៅចុងខាងឆ្វេងនៃទំហំថ្នាក់នីមួយៗ ត្រូវបានសម្គាល់ថាជាគោលក្រោម។ រីឯតម្លៃលេខធំ ដែលស្ថិតនៅចុងខាងស្តាំនៃទំហំថ្នាក់នីមួយៗ ត្រូវបានសម្គាល់ថាជាគោលលើ។ ក្នុងតារាងផ្តុំទិន្នន័យមាន ចំណុចដែលត្រូវចំណាំមួយទៀតគឺ រាល់តម្លៃលេខ សម្គាល់គោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់ដែលនៅក្រោមបន្ទាប់ត្រូវបន្តពីតម្លៃលេខសម្គាល់គោលលើនៃទំហំថ្នាក់ដែលនៅលើបន្ទាប់។ ឧទាហរណ៍៖ តម្លៃ 64 គឺជាលេខនៅចុងខាងស្តាំសម្គាល់គោលលើនៃទំហំថ្នាក់ទី1 ដែលត្រូវបញ្ចប់ត្រឹមលេខ 64 នេះ។ ដូច្នេះ តម្លៃគោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់ទី2 ត្រូវចាប់ផ្តើមដោយលេខ 65។ សរុបមក រាល់តម្លៃលេខសម្គាល់គោលលើនៃទំហំថ្នាក់នីមួយៗត្រូវតែមានលេខបន្តសម្គាល់គោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់បន្ទាប់។

តារាង៤.១០ បង្ហាញឧទាហរណ៍ថ្មីមួយទៀតអំពីការកំណត់គោលក្រោមនិងគោលលើនៃទំហំថ្នាក់ (Class limit) ដែលបានពីការផ្តុំទិន្នន័យតាមអាយុក្នុងពេលធ្វើជំរឿនប្រជានខ្មែរក្នុងឆ្នាំ2019 ដើម្បីធ្វើប្រជាសាស្ត្រ។

តារាង៤.១០. បំណែងចែកចំនួនប្រជាជនតាមផលធៀបភេទ និងក្រុមអាយុនៅកម្ពុជាឆ្នាំ1998-2019

Age Group	Sex Ratio		
	1998	2008	2019
(1)	(2)	(3)	(4)
Total	93.0	94.7	94.9
0 - 4	103.9	105.0	105.9
5 - 9	104.0	104.7	104.7
10 - 14	105.5	106.0	104.7
15 - 19	97.7	106.3	101.6
20 - 24	90.4	95.6	95.0
25 - 29	92.5	96.5	95.7

ទំហំថ្នាក់ (Class Limit)

ប្រភព៖ វិទ្យាស្ថានស្ថិតិ (២០១៩, p. ៣៥)

ខ. ដែនកំណត់នៃថ្នាក់៖ ទំហំថ្នាក់នីមួយៗមានព្រំដែនខាងឆ្វេងនិងខាងស្តាំរបស់វាហៅថា "ដែនកំណត់នៃថ្នាក់"។ ព្រំដែនខាងឆ្វេងនៃទំហំថ្នាក់ណាមួយគឺជាដែនកំណត់គោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់នោះហើយព្រំដែនខាងស្តាំនៃទំហំថ្នាក់ណាមួយគឺជាដែនកំណត់គោលលើនៃទំហំថ្នាក់នោះ។ ដែនកំណត់គោលទាំងឆ្វេងទាំងស្តាំ (គោលលើ និងគោលក្រោម) នៃថ្នាក់នីមួយៗក៏មានតម្លៃលេខរបស់វាដែរ។ គេអាចទទួលបានតម្លៃលេខទាំងនេះបានដោយពឹងលើតម្លៃគោលក្រោមនិងគោលលើនៃទំហំថ្នាក់នីមួយៗនោះឯង។

គេអាចទទួលបានតម្លៃលេខនៃដែនកំណត់គោលក្រោម (Lower Class Boundaries) ដោយគ្រាន់តែដក (-) 0.5 ចេញពីតម្លៃលេខគោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់នីមួយៗតែប៉ុណ្ណោះ។ ផ្ទុយទៅវិញ គេអាចទទួលបានតម្លៃដែនកំណត់គោលលើនៃថ្នាក់ណាមួយ (Upper Class Boundaries) ដោយយក 0.5 **បូក (+)** នឹងតម្លៃលេខគោលលើនៃទំហំថ្នាក់នោះ។ ឧទាហរណ៍៖ បើ [58–64] ជាទំហំថ្នាក់មួយនៃទិន្នន័យ នោះគេបាន 58 ជាគោលក្រោម និង 58 - 0.5 = 57.5 ជាដែនកំណត់គោលក្រោមនៃទំហំថ្នាក់នោះ ហើយ 64 ជាគោលលើ និង 64 + 0.5 = 64.5 ជាដែនកំណត់គោលលើនៃទំហំថ្នាក់នោះ។

២.៥.៣. ទិន្នន័យមិនផ្តុំជាក្រុម (Ungrouped Data)

នៅពេលដែលថ្នាក់ទិន្នន័យមានទំហំតូចពេកមិនអាចផ្តុំជាក្រុមបាន គេអាចយកតម្លៃទិន្នន័យខុសៗគ្នាតែមួយធ្វើជាទំហំថ្នាក់នីមួយៗតែម្តង។ ទិន្នន័យខុសៗគ្នាតែមួយ ដែលអាចយកធ្វើជាទំហំថ្នាក់មួយបានហៅថា "ទិន្នន័យមិនអាចផ្តុំជាក្រុម"។ ទិន្នន័យខាងក្រោមនេះបង្ហាញពីអត្រាស៊ីសាំងរបស់រថយន្តស្ព័រគិតជាម៉ាយល៍ក្នុងមួយហ្គាឡុង ដែលក្នុងនោះ រថយន្តស្ព័រកង់បួនដែលទទួលបានការអនុញ្ញាតឱ្យបើកបរក្នុងទីក្រុងមួយនៅសហរដ្ឋអាមេរិក ចំនួន 30 គ្រឿង ត្រូវបានជ្រើសរើសមកធ្វើការអង្កេត។ ចូរធ្វើតារាងរបាយប្រេកង់នៃទិន្នន័យដើមខាងក្រោម៖

12	17	12	14	16	18	16	18	12	16	17	15
15	16	12	15	16	16	12	14	15	12	15	15
19	13	16	18	16	14						

ដំបូង យើងត្រូវរៀបចំនូវទិន្នន័យនេះឱ្យទៅជាប្រភេទ "ទិន្នន័យមិនអាចផ្តុំជាក្រុម" ដូចក្នុងតារាង៤.១១ ដែលបង្ហាញពីអត្រាស៊ីសាំងគិតជាម៉ាយល៍ក្នុងមួយហ្គាឡុង (MPGs សម្រាប់រថយន្តស្ព័រកង់បួន)។

តារាង៤.១១. អត្រាស៊ីសាំងគិតជាម៉ាយល៍ក្នុងមួយហ្គាឡុង

ទំហំថ្នាក់ (Class Limit) (គិតជា miles per gallon)	ខ្ទាប់ (Tally)	ប្រេកង់ (Frequency)	ភាគរយ (%)
12	卌 |	6	20.00%
13	|	1	3.33%
14	|||	3	10.00%
15	卌 |	6	20.00%
16	卌 |||	8	26.67%
17	||	2	6.67%
18	|||	3	10.00%
19	|	1	3.33%
	សរុប	**30**	**100%**

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 50)

ក្នុងតារាងខាងលើនេះ តើហេតុអ្វីបានជាយើងមិនផ្តុំសំណុំទិន្នន័យទាំងនោះឱ្យទៅជាក្រុម ឬចំណាត់ថ្នាក់ (Grouped Data)? ព្រោះប្រសិនបើយើងពិនិត្យលេខដែលមានចាប់ពី12 រហូតដល់លេខ19 យើងឃើញថា វាមានតែ 8 លេខប៉ុណ្ណោះ។ ដូច្នេះ បើទោះជាយើងផ្តុំទិន្នន័យទាំងនេះឱ្យទៅជាក្រុមឬថ្នាក់ខ្នាតតូចបំផុតដែលមានតែពីរជាតុក៏ដោយ ក៏យើងអាចទទួលបានច្រើនបំផុតត្រឹមតែ 4 ថ្នាក់គឺដូចការបង្ហាញខាងក្រោមនេះប៉ុណ្ណោះ។

<u>ទំហំថ្នាក់ (Class Limit)</u>

[12-13]

[14-15]

[16-17]

[18-19]

សំណុំទិន្នន័យ ដែលអាចបែងចែកជាថ្នាក់បានតិចជាង 5 ថ្នាក់ ត្រូវបានគេចាត់ទុកថា ជា "ទិន្នន័យមិនអាចផ្តុំជាក្រុម (Ungrouped Data)" ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងតារាង៤.៩ ខាងលើ។

៣. ការសិក្សាបែបពិព័ណនា៖ ការវិភាគទិន្នន័យជាលេខ

ផ្នែកខាងលើនៃមេរៀននេះបានបង្ហាញអ្នកសិក្សាពីរបៀបរៀបចំសំណុំទិន្នន័យដើមជាថ្នាក់ និងធ្វើរបាយប្រេកង់តាមថ្នាក់ទាំងនោះក៏ដូចជាការបកស្រាយទិន្នន័យដោយប្រើដ្យាក្រាមផ្សេងៗផ្សេងៗជាដើម។ រីឯការសិក្សាបែបពិព័ណនាដែលមានការវិភាគទិន្នន័យជាលេខនេះវិញនឹងបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្រស្ថិតិមួយចំនួនដែលគេនិយមប្រើដើម្បីសង្ខេបទិន្នន័យ។ វិធានការជាមធ្យមត្រូវបានគេហៅថាវិធានការនៃទំនោរកណ្តាល (Central tendency theory) និងរួមបញ្ចូលទាំងមធ្យមភាគ (Mean) មេដ្យាន (Median) និងប្រវែងមធ្យម (Mid-range) ជាដើម។ ការដឹងថាមធ្យមនៃសំណុំទិន្នន័យគឺមិនគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីពិពណ៌នាសំណុំទិន្នន័យទាំងស្រុងទេ។ ដូច្នេះ មេរៀននេះបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្រ ដែលរៀបចំនិងបង្ហាញទិន្នន័យបែបជាលេខ ព្រមទាំងបង្ហាញពីរបៀបកស្រាយទិន្នន័យដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តឱ្យមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។

៣.១. ទ្រឹស្តីទំនោរមធ្យម (Central Tendency Theory)

ជាទូទៅ ទ្រឹស្តីទំនោរមធ្យមត្រូវបានប្រើសម្រាប់គណនាទំហំមធ្យម ដែលក្នុងនោះ មានមធ្យមភាគ (Mean) មេដ្យាន(Median) ម៉ូដ(Mode), តម្លៃកណ្តាល(Midrange) និង មធ្យមទម្ងន់(Weighted Mean)។

៣.១.១. មធ្យមភាគ (Mean)

មធ្យមនព្វន្ធ ឬ ជាធម្មតា ហៅថា មធ្យមភាគ (Mean) គឺជារង្វាស់ទូទៅបំផុតនៃទំនោរមធ្យម។ គេគណនាមធ្យមភាគដោយបូកតម្លៃទាំងអស់បញ្ចូលគ្នា បន្ទាប់មក ចែកផលបូកតំលៃសរុបនោះនឹងចំនួនតម្លៃទាំងនោះ (Berenson et al., 2015)។ សៀវភៅនេះឱ្យនិយមន័យមធ្យមភាគថាជាផលចែករវាងផលបូកនៃតម្លៃអង្គនីមួយៗដែលត្រូវអង្កេតនឹងចំនួនសរុបនៃអង្គទាំងនោះ។ មធ្យមភាគមានពីរប្រភេទគឺ មធ្យមភាគនៃសំណាក (Sample Mean) និង ធម្យមភាគនៃសាកលស្ថិតិ (Population Mean)។

ក. មធ្យមភាគសំណាក (Sample Mean)

គេអាចគណនាមធ្យមភាគនៃសំណាកតាមរូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖

រូបមន្តមធ្យមភាគនៃសំណាក៖ $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

ដែលក្នុងនោះ៖

- $\bar{X}$ គឺជាមធ្យមភាគនៃសំណាក

- $\sum_{i=1}^{n} X_i$ គឺផលបូកសរុបនៃតម្លៃអង្គនីមួយៗដែលត្រូវអង្កេត

ឧទាហរណ៍: $\sum_{i=1}^{n} = X_i + X_1 + X_3 + \cdots + X_n$

- X_i តាងតម្លៃអង្គនីមួយៗដែលអាចមានពី $X_1, X_2, X_3, \ldots$ រហូតដល់ X_n
- n គឺចំនួនទំហំសំណាកដែលយើងយកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ
- i គឺជាសន្ទស្សន៍សម្គាល់អង្គនីមួយៗ ដែលអាចមានពី $1, 2, 3, \ldots.$ រហូតដល់ n

ឧទាហរណ៍៖ ការអង្កេតស្តីពីជំងឺឆ្លងរាតត្បាតកូវីដ-១៩ក្នុងព្រឹត្តិការណ៍ ២០ កុម្ភៈ ឆ្នាំ២០២១ ដោយប្រើទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ (Secondary Data) ដែលដកស្រង់ចេញពីឯកសារមន្ត្រីសារធារណៈចាប់ពីថ្ងៃទី២០ ខែកុម្ភៈ ដល់ថ្ងៃទី១៥ ខែមីនា ឆ្នាំ២០២១។ យើងចង់ដឹងថា តើជំងឺនេះឆ្លងជាមធ្យមប៉ុន្មាននាក់ក្នុងមួយថ្ងៃ?

តារាង៤.១២. ចំនួនអ្នកឆ្លងជំងឺកូវីដ-១៩ (២០ កុម្ភៈ - ១៥ មីនា ២០២១)

លេខ	កាលបរិច្ឆេទ	ចំនួនអ្នកឆ្លងរួមទាំងករណីនាំចូលពីបរទេស (X_i)
១	20-Feb-21	X_1 = 32
២	21-Feb-21	X_2 = 17
៣	22-Feb-21	X_3 = 35
៤	23-Feb-21	X_4 = 25
៥	24-Feb-21	X_5 = 40
៦	25-Feb-21	X_6 = 65
៧	26-Feb-21	X_7 = 44
៨	27-Feb-21	X_8 = 26
៩	28-Feb-21	X_9 = 39
១០	1-Mar-21	X_{10} = 15
១១	2-Mar-21	X_{11} = 24
១២	3-Mar-21	X_{12} = 34
១៣	4-Mar-21	X_{13} = 31
១៤	5-Mar-21	X_{14} = 23
១៥	6-Mar-21	X_{15} = 21
១៦	7-Mar-21	X_{16} = 34
១៧	8-Mar-21	X_{17} = 24
១៨	9-Mar-21	X_{18} = 49
១៩	10-Mar-21	X_{19} = 64
២០	11-Mar-21	X_{20} = 38

២១	12-Mar-21	X_{21} = 62
២២	13-Mar-21	X_{22} = 39
២៣	14-Mar-21	X_{23} = 41
២៤	15-Mar-21	X_{24} = 20
	សរុប	$\sum_{i=1}^{n} X_i$ = **842**

ប្រភព៖ ឯកសារមន្ត្រីសាធារណៈ

តាមតារាងខាងលើយើងឃើញថា ពីថ្ងៃទី២០ ខែកុម្ភៈ ដល់ ថ្ងៃទី១៥ ខែមីនា ឆ្នាំ២០២១ មានចំនួន ២៤ ថ្ងៃ។ ដូច្នេះ ចំនួនសំណាកគឺ n = 24 និង តម្លៃអង្គនីមួយៗ $X_i = X_1, X_2, X_3, \ldots, X_{24}$ ដែល X_1 = 32, X_2 = 17, …, និង X_{24} = 20។ តាមរូបមន្ត $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ យើងបាន៖

$$\bar{X} = \frac{(X_1+X_2+X_3+X_4\ldots+X_{24})}{24} = \frac{(32+17+35+25+\cdots+20)}{24} = \frac{842}{24} \cong 35$$

ដូច្នេះ នៅក្នុងព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា មានអ្នកឆ្លងជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-១៩ ជាមធ្យម ៣៥នាក់ ក្នុង១ថ្ងៃ។

ខ. ធម្យមភាគនៃសាកលស្ថិតិ (Population Mean)

គេអាចគណនាមធ្យមភាគនៃសាកលស្ថិតិ តាមរូបមន្តខាងក្រោមនេះ៖

រូបមន្តមធ្យមភាគនៃសាកលស្ថិតិ៖ $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$

- μ គឺជាមធ្យមភាគរបស់ $Population$
- $\sum_{i=1}^{N} X_i$ គឺផលបូកសរុបនៃនៃតម្លៃអង្គនីមួយៗដែលត្រូវបានយកមកសិក្សា
- ឬ $\sum_{i=1}^{N} X_i = X_1 + X_3 + \cdots + X_N$
- X_i តាងតម្លៃអង្គនីមួយៗដែលអាចមានពី $X_1, X_2, X_3, \ldots$ រហូតដល់ X_N
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិដែលយកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ
- i គឺជាសន្ទស្សន៍សម្គាល់អង្គនីមួយៗ ដែលអាចមានពី $1, 2, 3, \ldots.$ រហូតដល់ N

ក្នុងករណីដែលទំហំសាកលស្ថិតិមានតម្លៃតូច យើងអាចសម្រេចចិត្តយកទំហំសាកលស្ថិតិនោះមកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវទាំងអស់តែម្តងបាន។ ឧទាហរណ៍៖ សិស្សម្នាក់ប្រឡងឆមាសលើមុខវិជ្ជាចំនួន១០មុខ ហើយទទួលបានពិន្ទុដូចបង្ហាញខាងក្រោមនេះ៖

74, 73, 77, 77, 71, 68, 65, 77, 67, 66 ។

តាមរូបមន្ត $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ យើងបាន៖

$$\mu = \frac{(74+73+77+77+71+68+65+77+67+66)}{10} = \frac{715}{10} = 71.5$$

ដូច្នេះ និស្សិតម្នាក់នោះទទួលបានពិន្ទុជាមធ្យមគឺ 71.50 សម្រាប់ការប្រឡងឆមាសដែលមានមុខវិជ្ជាចំនួន 10មុខ។

៣.១.២. មធ្យមភាគនៃទិន្នន័យផ្តុំជាក្រុម (Mean for Grouped Data)

ពេលខ្លះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវការផ្តុំទិន្នន័យជាក្រុមឬថ្នាក់។ គេអាចគណនារកមធ្យមរបស់ទិន្នន័យជាក្រុមដែលប្រមូលបានពីសំណាកដែលយើងចង់យកមកសិក្សាតាមរូបមន្តខាងក្រោមនេះ៖

រូបមន្ត៖ $\bar{X} = \frac{\sum f.X_m}{n}$

ដែល X_m គឺជាតម្លៃត្រង់ចំណុចកណ្តាលដែនកំណត់នៃថ្នាក់នីមួយៗ ហើយ f គឺជាតម្លៃប្រេកង់តាមថ្នាក់នីមួយៗក្នុងសំណុំទិន្នន័យ និង$\sum f.X_m$ គឺជាផលបូកសរុបនៃផលគុណរវាងតម្លៃប្រេកង់តាមថ្នាក់នីមួយៗនិងតម្លៃត្រង់ចំណុចកណ្តាលដែនកំណត់នៃថ្នាក់នីមួយៗ (Bluman, 2018)។

ឧទាហរណ៍: គេជ្រើសរើសអ្នកហាត់កីឡាដោយរត់ ចំនួន២០នាក់ មកធ្វើជាសំណាក ដោយគិតត្រឹមអំឡុងពេលមួយសប្តាហ៍ ហើយចម្ងាយដែលពួកគេរត់បានគឺគិតជាម៉ាយល៍ (Miles)។ របាយប្រេកង់ខាងក្រោមដែលជាទិន្នន័យតំណាងឱ្យចំនួនអ្នករត់។ រីឯដែនកំណត់នៃថ្នាក់តំណាងឱ្យចម្ងាយគិតជាម៉ាយល៍ (Miles) ដែលពួកគេរត់បានក្នុងមួយសប្តាហ៍។ ដើម្បីធ្វើការគណនាឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព យើងត្រូវតាងព័ត៌មានមួយចំនួនដូចបង្ហាញក្នុងតារាងទី៣.២ ខាងក្រោម។ ជួរឈរ A និង B គឺជាទិន្នន័យដើមដែលអាចផ្តល់ជាទិន្នន័យក្នុងជួរឈរ C និង D។ គេទទួលបានទិន្នន័យក្នុងជួរឈរ C ដោយគណនាតម្លៃត្រង់ចំណុចកណ្តាលរបស់ថ្នាក់នីមួយៗតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

រូបមន្តចំណុចកណ្តាលនៃថ្នាក់ទិន្នន័យ (Class midpoint: X_m)

$$X_m = \frac{(\text{តម្លៃគោលក្រោម} + \text{តម្លៃគោលលើ})}{\text{២}}$$

រីឯទិន្នន័យក្នុងជួរឈរ D គឺជាផលគុណរវាងចំនួនប្រេកង់តាមថ្នាក់នីមួយៗ និងចំណុចកណ្តាលរបស់ថ្នាក់នីមួយៗ។ ចូរចាំថា អ្នកសិក្សាត្រូវបង្កើតជួរឈរ C និង D ដោយខ្លួនឯង ទើបមានភាពងាយស្រួលដល់ការគណនាឱ្យបានរហ័ស និងមានប្រសិទ្ធភាព។

តារាង៤.១៣. ចម្ងាយមធ្យមដែលអ្នកហាត់កីឡារត់បានក្នុងមួយសប្តាហ៍គិតជាម៉ាយល៍

A	B	C	D
ដែនកំណត់នៃថ្នាក់ (Class Boundaries)	ប្រេកង់ (Frequency: f)	ចំណុចកណ្តាលថ្នាក់ (Midpoint: X_m)	$f. X_m$
5.5–10.5	1	[5.5+10.5]/2 = 8	8
10.5–15.5	2	[10.5+15.5]/2 = 13	26
15.5–20.5	3	[15.5+20.5]/2 = 18	54
20.5–25.5	5	[20.5+25.5]/2 = 23	115

25.5–30.5	4	[25.5+30.5]/2 = 28	112
30.5–35.5	3	[30.5+35.5]/2 = 33	99
35.5–40.5	2	[35.5+40.5]/2 = 38	76
សរុប	20		$\sum f.X_m = 490$

ប្រភព៖ Bluman (2013, p. 114)

$$\bar{X} = \frac{\sum f.\ X_m}{n} = \frac{490}{20} = 24.5\ miles$$

ដូច្នេះ ចម្ងាយមធ្យមដែលពួកគេរត់បានក្នុងរយៈពេល១សប្តាហ៍គឺ ២៤.៥ ម៉ាយល៍។

៣.១.៣. មេដ្យាន (Median)

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងការបង្ហាញទិន្នន័យតែងពាក់ព័ន្ធនឹងការគណនាមធ្យម ដែលមានប្រភេទខុសៗគ្នា។ អ្នកសិក្សាអាចជ្រើសរើសយកមធ្យមណាដែលសមស្របនឹងគោលបំណងស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនសម្រាប់ជាឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យ។

មេដ្យានគឺជាតម្លៃជាក់លាក់មួយក្នុងសំណុំទិន្នន័យ ឬនិយាយម្យ៉ាងទៀតថា វាស្ថិតនៅត្រង់ចំណុចកណ្តាលរវាងតម្លៃពីរ។ រាល់ការរកតម្លៃមេដ្យាន យើងត្រូវអនុវត្តតាមរបៀប និងរូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖

១. ត្រូវតម្រៀបទិន្នន័យឡើងវិញពីតូចទៅធំ

២. ត្រូវកំណត់ទីតាំងរបស់មេដ្យានតាមរូបមន្ត (Median Position: P_M) ខាងក្រោម

រូបមន្តសម្រាប់កំណត់ទីតាំងឬតម្លៃរបស់មេដ្យាន $P_M = \frac{n+1}{2}$

ដែល n គឺជាសំណាកដែលយើងបានយកមកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវហើយ

ប្រសិនបើករណីសំណាក n ជាចំនួនគូ (លេខដែលចែកដាច់នឹង២) នោះតម្លៃរបស់មេដ្យានគឺជាតម្លៃមធ្យមរវាងតម្លៃអង្កេតពីរដែលស្ថិតនៅចំកណ្តាលដោយប្រើរូបមន្តខាងលើ។

ប្រសិនបើករណីសំណាក n ជាចំនួនសេស (លេខដែលចែកមិនដាច់នឹង២)នោះតម្លៃមេដ្យានមានទីតាំងស្ថិតនៅ ត្រង់ចំណុចកណ្តាល។

ឧទាហរណ៍ទី១៖ ខាងក្រោមនេះគឺជាទិន្នន័យស្តីពីមន្ត្រីប៉ូលីសដែលត្រូវបានសម្លាប់នៅសហរដ្ឋអាមេរិកក្នុងពេលកំពុងបំពេញកាតព្វកិច្ចក្នុងរយៈពេល 11ខែចុងក្រោយនៃឆ្នាំ២០១៤។ ចូររកមេដ្យាននៃសំណុំទិន្នន័យនេះ។

177 153 122 141 189 155 162 165 149 157 240

ដំណោះស្រាយ៖

១. តំរៀបទិន្នន័យ (ពីតូចទៅធំ)

22 41 49 53 55 **57** 62 65 77 89 40

6th

២. រកទីតាំងរបស់មេដ្យាន (ករណីនេះទំហំសំណាកគឺ n =11)

គេអាចគណនាមេដ្យានតាមរូបមន្ត $P_M = \frac{n+1}{2}$ ។

ដូច្នេះ គេបាន $P_M = \frac{11+1}{2} = 6^{th}$

បានន័យថាតម្លៃមេដ្យានស្ថិតនៅត្រង់លេខរៀងទី៦ ដោយរាប់ពីឆ្វេងទៅស្តាំ ឬពីស្តាំមកឆ្វេងក៏បាន។

ម្យ៉ាងទៀត ដោយ n ជាចំនួនសេស ហើយតូច (n =11) គេអាចពិនិត្យឃើញភ្លាមថា តម្លៃមេដ្យានគឺ 157 ព្រោះវាស្ថិតនៅត្រង់ចំណុចកណ្តាលដែលមានលេខរៀងទី៦។ ដូច្នេះ ក្នុងរយៈ11ខែចុងក្រោយនៃឆ្នាំ២០១៨កន្លងទៅនេះ នៅសហរដ្ឋអាមេរិក មានមន្ត្រីប៉ូលីសដែលត្រូវបានសម្លាប់ជាមធ្យម157នាក់ ជារៀងរាល់ខែ។

ឧទាហរណ៍ទី២៖ យើងជ្រើសរើសយកទិន្នន័យចេញពីតារាងទី៣.១ ខាងលើ ពីថ្ងៃទី២១ ខែកុម្ភៈ រហូតដល់ត្រឹមថ្ងៃទី២៨ ខែកុម្ភៈ ឆ្នាំ២០២១។ ទិន្នន័យស្តីពីករណីជំងឺរាតត្បាតកូវីដ-១៩ ដែលបានឆ្លងរាល់ថ្ងៃក្នុងសហគមន៍ត្រូវបានបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖

17 35 25 40 65 44 26 39

ដំណោះស្រាយ៖

១. តម្រៀបទិន្នន័យពីតូចទៅធំ

17 25 26 35 39 40 44 65

4th 4th

[35+39]/2

២. កំណត់ទីតាំងរបស់មេដ្យាន (ករណី n = 8)

រូបមន្ត៖ $P_M = \frac{n+1}{2} = \frac{8+1}{2} = 4.5^{th}$

ដោយ n គឺជាចំនួនគូ តម្លៃមេដ្យានត្រូវមានទីតាំងស្ថិតនៅត្រង់ 4.5^{th} ដែលជាចំណុចកណ្តាលរវាងចំណុចទិន្នន័យទី៤រាប់ពីឆ្វេងទៅស្តាំ និងទិន្នន័យទី៤ រាប់ពីស្តាំទៅឆ្វេងវិញ។ ដូច្នេះ តម្លៃមេដ្យានគឺ [35+39]/2 = 37 នាក់។ ដូច្នេះ បើគណនាតាមក្បួនមេដ្យាន យើងឃើញថា ក្នុងអំឡុងពេល៨ថ្ងៃ គឺពីថ្ងៃទី២១ ដល់ទី២៨ ខែកុម្ភៈ ឆ្នាំ២០២១ កន្លងទៅនេះ មានមនុស្សឆ្លងជំងឺកូវីដ-១៩ ជាមធ្យម ៣៧នាក់ ជារៀងរាល់ថ្ងៃ។

៣.១.៤. **ម៉ូត** (Mode)

ម៉ូតគឺជាតម្លៃលេខដែលកើតឡើងជាញឹកញាប់ជាងគេ ឬប្រេកង់ធំជាងគេនៅក្នុងសំណុំទិន្នន័យ។ តម្លៃម៉ូតមានបួនប្រភេទដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. គ្មានម៉ូត (បានន័យថា គ្មានករណីកើតឡើងច្រើនជាងគេ)

ខ. មានម៉ូតតែមួយ (Unimodal)

គ. មានពីរម៉ូត (Bimodal)

ឃ. មានចាប់ពីបីម៉ូតឡើងទៅ (Multimodal)

យើងបន្តលើកយកឧទាហរណ៍ពីចំណុច ៣.១.១. ស្តីពីពិន្ទុរបស់សិស្សម្នាក់ដែលជាលទ្ធផលប្រឡងឆមាសលើវិញ្ញាសាចំនួន១០មុខ ដូចសំណុំទិន្នន័យដើមដែលបង្ហាញជូនខាងក្រោម៖

74, 73, 77, 77, 71, 68, 65, 77, 67, 66

ប្រសិនបើយើងត្រូវតម្រៀបទិន្នន័យនេះឡើងវិញតាមលំដាប់ពីតូចទៅធំ នោះយើងបាន៖

65 66 67 68 71 73 74 77 77 77

តាមរយៈទិន្នន័យដែលបានតម្រៀបរួចខាងលើនេះ យើងឃើញថា ពិន្ទុ 77 មានចំនួនរហូតដល់៣ដងដែលជាការកើតឡើងច្រើនជាងគេពិន្ទុដទៃទៀត។ ដូច្នេះ **<u>តម្លៃម៉ូតគឺ 77 ដែលមានតែមួយម៉ូត (Unimodal)</u>**។ បានន័យថា សិស្សនោះទទួលបានពិន្ទុ77 ច្រើនជាងគេក្នុងចំណោម 10 វិញ្ញាសា បើធៀបទៅនឹងពិន្ទុផ្សេងៗទៀត។

៣.១.៥. តម្លៃកណ្តាល (Midrange)

តម្លៃកណ្តាល (Midrange) គឺជាតម្លៃប៉ាន់ស្មាន ដោយយកកម្រិតកណ្តាលនៃសំណុំទិន្នន័យ។ តម្លៃកណ្តាល (Midrange) ស្មើនឹងកន្លះផលបូកតម្លៃទាបបំផុតនិងខ្ពស់បំផុតនៅក្នុងសំណុំទិន្នន័យ។

រូបមន្ត តម្លៃកណ្តាល (Midrange): MR = $\frac{(\text{តម្លៃទាបបំផុត} + \text{តម្លៃខ្ពស់បំផុត})}{2}$

ឧទាហរណ៍៖ យើងយកទិន្នន័យក្នុងចំណុច ៣.១.៤ ដូចបានបង្ហាញចខាងក្រោម៖

65 66 67 68 71 73 74 77 77 77

យើងឃើញថា 65 ជាតម្លៃទាបបំផុត និង 77 ជាតម្លៃធំបំផុត។

តាមរូបមន្តខាងលើ យើងបាន៖ $MR = \frac{65+77}{2} = 71$

ដូច្នេះ បើគិតតាមតម្លៃកណ្តាល ពិន្ទុមធ្យមដែលបានពីការប្រឡងឆមាសលើវិញ្ញាសាទាំងដប់មុខរបស់សិស្សនោះ គឺ **<u>71 ពិន្ទុ</u>**។

៣.១.៦ មធ្យមទម្ងន់ (Weighted Mean)

មធ្យមមានទម្ងន់គឺជាផលធៀបរវាងផលបូកសរុបនៃផលគុណនីមួយៗរវាងតម្លៃទម្ងន់ជាមួយនឹងតម្លៃទិន្នន័យដែលត្រូវបានឱ្យទម្ងន់ និងផលបូកសរុបនៃតម្លៃទម្ងន់នីមួយៗ។ តម្លៃទម្ងន់អាចថាជាតម្លៃនៃកម្រិតសំខាន់ដែលគេផ្តល់ឱ្យទំហំឬបរិមាណអ្វីមួយ ដោយសារគេយល់ថា វាមានសារសំខាន់តិចជាងឬច្រើនជាងទំហំឬបរិមាណអ្វីមួយទៀត ហើយតម្លៃទម្ងន់នេះត្រូវបានផ្តល់ទៅឱ្យទំហំឬបរិមាណអ្វីមួយតាមលក្ខណៈបែបជាមេគុណ។

ខាងក្រោមនេះគឺជារូបមន្តសម្រាប់គណនាមធ្យមមានទម្ងន់៖

រូបមន្តមធ្យមមានទម្ងន់ $W_{(\bar{X})} = \frac{\sum W_i X_i}{\sum W_i} = \frac{(W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3+\cdots+W_nX_n)}{(W_1+W_2+W_3+\cdots+W_n)}$ ដែល៖

- $W_{(\bar{X})}$ គឺជាទម្ងន់មានមធ្យម (Weighted Mean)
- W_i គឺជាតម្លៃទម្ងន់នីមួយៗដែលអាចមានពី $W_1, W_2, W_3,\ldots$ រហូតដល់ W_n
- $\sum W_i$ គឺផលបូកសរុបនៃតម្លៃទម្ងន់ៗនីមួយៗដែលស្មើ $(W_1 + W_2 + W_3 + \cdots + W_n)$
- X_i គឺជាតម្លៃអថេរនីមួយៗដែលអាចមានពី $X_1, X_2, X_3,\ldots$ រហូតដល់ X_n
- i គឺជាសន្ទស្សន៍ដែលអាចចាប់ពី 1, 2, 3, ...រហូតដល់ n ករណី។

រូបមន្តនេះត្រូវបានគេយកមកប្រើដើម្បីគណនាមធ្យមភាគពិន្ទុសិស្ស (Grade Point Average: GPA) ឬការសម្រេចចិត្តក្នុងការទិញទំនិញអ្វីមួយដោយផ្អែកលើម៉ាករបស់ផលិតផលជាដើម។

ក្នុងឆមាសមួយ និស្សិតម្នាក់ទទួលបានពិន្ទុលើ 4 មុខវិជ្ជា ហើយមុខវិជ្ជានីមួយៗនោះមានចំនួនក្រេឌីតដូចខាងក្រោម៖

- English Writing Skills: 3 ក្រេឌីត ដែលមាននិទ្ទេសកម្រិត A
- Introduction to Economics: 3 ក្រេឌីត ដែលមាននិទ្ទេសកម្រិត C
- Principle Management: 4 ក្រេឌីត ដែលមាននិទ្ទេសកម្រិត B
- General Education: 2 ក្រេឌីត ដែលមាននិទ្ទេសកម្រិត D

យើងឧបមាថា សាកលវិទ្យាល័យមួយបានកំណត់ពិន្ទុសម្រាប់និទ្ទេសនីមួយៗ ដូចខាងក្រោមនេះ៖

- និទ្ទេសកម្រិត A គឺ 4.00 points
- និទ្ទេសកម្រិត B^+ គឺ 3.5 points
- និទ្ទេសកម្រិត B គឺ 3.00 points
- និទ្ទេសកម្រិត C^+ គឺ 2.50 points
- និទ្ទេសកម្រិត C គឺ 2.00 points
- និទ្ទេសកម្រិត D^+ គឺ 1.50 point
- និទ្ទេសកម្រិត D គឺ 1.00 point និង
- និទ្ទេសកម្រិត F គឺ 0 point

ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការគណនាតម្លៃមធ្យមមានទម្ងន់ យើងគួរបង្កើតតារាងមួយដូចខាងក្រោមនេះ។

តារាង៤.១៤. ជួយសម្រួលដល់ការគណនាពិន្ទុជាមធ្យមភាគសរុប (Grade Point Average)

មុខវិជ្ជា (Courses)	ចំនួនក្រេឌីត (Credit: W_i)	និទ្ទេស និងពិន្ទុ (Grade: X_i)
English Writing Skills	3	A (4 points)
Introduction to Economics	3	C (2 points)
Principle Management	4	B (3 point)
General Education	2	D (1 point)

រូបមន្តៈ $W_{(\bar{X})} = \frac{\sum W_i X_i}{\sum W_i} = \frac{(W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3+W_4X_4)}{(W_1+W_2+W_3+W_4)} = \frac{(3x4)+(3x2)+(4x3)+(2x1)}{3+3+4+2} = \frac{32}{12} = 2.67$

លទ្ធផលនៃការគណនាខាងលើបានបង្ហាញថា និស្សិតម្នាក់នេះទទួលបានពិន្ទុគិតជាមធ្យមភាគសរុបគឺ GPA = 2.67 ដែលស្ថិតនៅចន្លោះនិទ្ទេស C^+ **(2.50 points)** និង **B (3.00 points)**។

៣.២. រង្វាស់នៃបម្រែបម្រួល (Variation Measurement)

៣.២.១. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួល (Range)

ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលគឺជាតម្លៃខុសគ្នារវាងតម្លៃខ្ពស់បំផុតនិងតម្លៃទាបបំផុត។ និមិត្តសញ្ញា R ត្រូវបានប្រើសម្រាប់តាងចន្លោះបម្រែបម្រួល។

រូបមន្តៈ ចន្លោះបម្រែបម្រួល R = តម្លៃខ្ពស់បំផុត – តម្លៃទាបបំផុត

ឧទាហរណ៍ៈ គេប្រៀបធៀបថ្នាំលាបផ្ទះពីរប្រភេទ ដើម្បីសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសយកប្រភេទណាមួយដោយពិនិត្យទិន្នន័យជាពិន្ទុដូចខាងក្រោមនេះៈ

ថ្នាំលាបផ្ទះប្រភេទ **ក** : 10, 60, 50, 30, 40, 20 (ពិន្ទុនេះមានចាប់ពី 10 ដល់ 100 ដែលផ្អែកលើរយៈពេលនៃភាពជាប់បានយូរគិតជាខែ)

ថ្នាំលាបផ្ទះប្រភេទ **ខ** : 35, 45, 30, 35, 40, 25 (ពិន្ទុនេះមានចាប់ពី 10 ដល់ 100 ដែលផ្អែកលើរយៈពេលនៃភាពជាប់បានយូរគិតជាខែ)

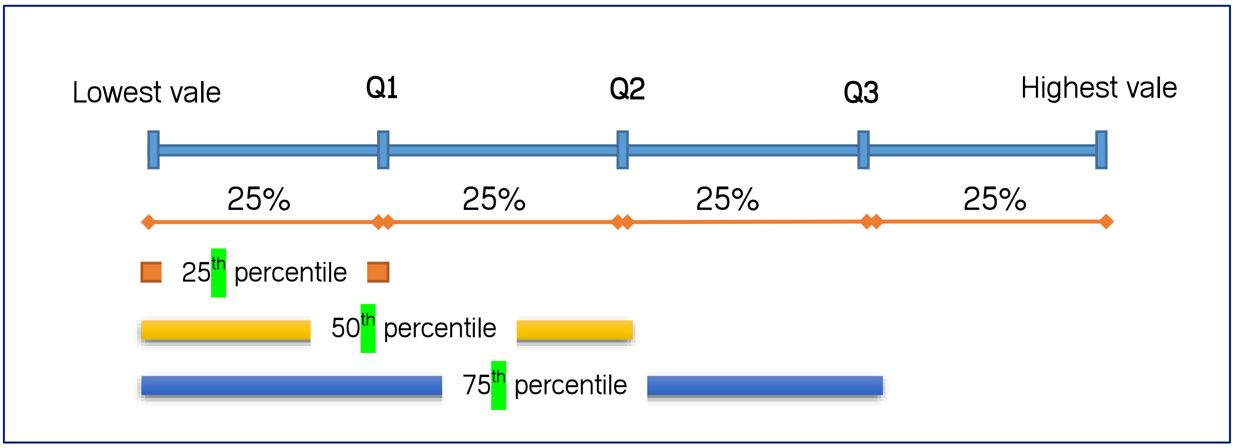
គណនាចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួល R របស់ប្រភេទថ្នាំនីមួយៗៈ

- $R_{(Brand\ A)} = 60 - 10 = 50\ months$
- $R_{(Brand\ B)} = 45 - 25 = 20\ moths$

លទ្ធផលបានបង្ហាញថា ម៉ាកថ្នាំលាបប្រភេទ **ក** អាចជាប់បានរយៈពេល ៥០ខែ រីឯម៉ាកថ្នាំប្រភេទ **ខ** អាចជាប់បានរយៈពេលតែ ២០ខែ ប៉ុណ្ណោះ។ ដូច្នេះ ម៉ាកថ្នាំប្រភេទ **ក** គឺជាជម្រើសដ៏ល្អក្នុងការទិញយកមកប្រើ។

៣.២.២. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលអន្តរភាគទីល (Interquartile Range: IQR)

ដំបូង យើងត្រូវស្គាល់ជាមុនសិនថា តើ "ការទីល" ជាអ្វី? "កាទីល (quartile)" មានន័យថា ទិន្នន័យត្រូវបានបែងចែកជា៤ក្រុមស្មើគ្នា និងត្រូវបានកំណត់សំគាល់ជា Q1, Q2, Q3, និង Q4។



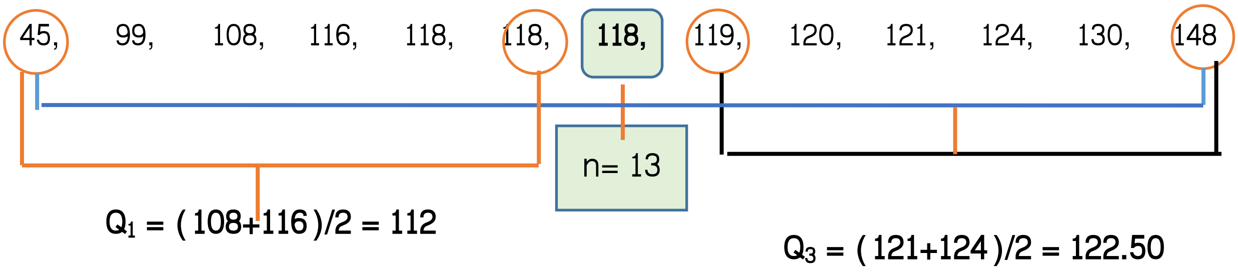
ដ្យាក្រាមទី៤.៦. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលអន្តរកាទីល

ឧទាហរណ៍ទី១៖ នៅឯសួនកំសាន្តក្នុងតំបន់មួយនៃសហរដ្ឋអាមេរិក គេចង់ដឹងថា តើគេត្រូវចំណាយពេលជាមធ្យមយូរប៉ុណ្ណាក្នុងការរង់ចាំ ជួលរទេះរំអិលដែលគេនិយមបំផុតដោយដឹងថា ពេលវេលាដែលរវល់បំផុតគឺនៅម៉ោង ២រសៀល។ ពួកគេបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យនូវសមាជិកចំនួន ១៣ នាក់ ហើយឱ្យអ្នកទាំងនោះចូលតម្រង់ជួរនៅចន្លោះម៉ោង ២ និង ៣ រសៀល ដើម្បីរង់ចាំជួលរទេះរំអិល។ ពួកគេម្នាក់ៗត្រូវបានផ្តល់ឲ្យនូវនាឡិកាដៃដើម្បីកត់ត្រារយៈពេលដែលពួកគេបានចំណាយក្នុងជួរដើម្បីរង់ចាំ។ រយៈពេលដែលបានកត់ត្រាជានាទីដូចខាងក្រោម៖

118, 124, 108, 116, 99, 120, 148, 118, 119, 121, 45, 130, 118.

ដំណោះស្រាយ៖

១.តំរៀបលេខឡើងវិញ (ឧ. ពីលេខតូចបំផុតទៅធំបំផុត)



- រកតម្លៃមេដ្យាន (Median) **គឺ Q_2 =118**

- រកតម្លៃមេដ្យាន (Median) ដែលទាបជាងតម្លៃ Q_2 គឺ Q_1 = 112

- រកតម្លៃមេដ្យាន (Median) ដែលខ្ពស់ជាងតម្លៃ Q_2 គឺ Q_3 = 122.50

២. របៀបគណនាចន្លោះបម្រែបម្រួលអន្តរកាទីល (IQR)

រូមមន្តនៃការគណនាចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួលអន្តរកាទីលគឺ **IQR = Q_3-Q_1**

- IQR = 122.5 – 112
- IQR = 10.50

បានន័យថា៖ ដើម្បីជួលរទេះរំអិលនោះបាន គេត្រូវរង់ចាំអស់រយៈពេលជាមធ្យម 10.50 នាទី។

៣. គោលបំណងនៃការប្រើ IQR

គោលបំណងនៃការគណនា IQR គឺដើម្បីកាត់បន្ថយកម្រិតល្មៀង (Outliers) នៃសំណុំទិន្នន័យ ដែលប្រមូលបាន។

តើអ្វីទៅដែលហៅថា Outlier? គឺជាតម្លៃខ្ពស់បំផុតឬទាបបំផុតបើប្រៀបធៀបទៅនឹងតម្លៃផ្សេងទៀតនៅក្នុងសំណុំទិន្នន័យដែលយើងបានយកមកសិក្សា។ តម្លៃដែលខ្ពស់ឬទាបជាងគេពេកនេះបង្កើតកម្រិតល្មៀងដែលអាចមានផលប៉ះពាល់ដល់ការវិភាគទិន្នន័យ ជាពិសេស លើមធ្យមភាគ (Mean) និងគម្លាតស្តង់ដារ (Standard Deviation) ជាដើម។

៤. របៀបកំណត់ Outlier

ដើម្បីកំណត់កម្រិតល្មៀងនៃសំណុំទិន្នន័យយើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហានសំខាន់ៗដូចខាងក្រោម៖

ក. យកតម្លៃរបស់ IQR ដែលបានគណនារួចទៅគុណនឹង 1.5 (IQR x1.5)

ខ. បន្ទាប់មកយក Q1 ដកលទ្ធផលដែលបានពីចំលើយក្នុងចំណុច "ក"

គ. យក Q3 បូកលទ្ធផលដែលបានពីចំលើយក្នុងចំណុច "ក"

ឃ. យើងនឹងបានតម្លៃនៃដែនបម្រែបម្រួលមួយ (Range)

ង. លេខដែលនៅក្រៅចន្លោះបម្រែបម្រួល (Range) នេះគឺជាតម្លៃ Outliers។ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចត្រួតពិនិត្យទិន្នន័យឡើងវិញមុននឹងចាប់ផ្តើមវិភាគទិន្នន័យបន្តទៀត។

<u>ឧទាហរណ៍ទី២៖</u>

យើងប្រើទិន្នន័យដដែលក្នុងឧទាហរណ៍ទី១ ដើម្បីកំណត់កម្រិតល្មៀងនៃសំណុំទិន្នន័យ។ យើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហានសំខាន់ៗដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. IQR x 1.5 = 10.5 x 1.5 = 15.75 (ដែល IQR = 10.5)

ខ. 112 – 15.75 = 96.25 (ដែល Q_1 = 112)

គ. 122.50 + 15.75 = 138.25 (ដែល Q_3 = 122.50)

ឃ. ចន្លោះឬដែនបម្រែបម្រួល (Range) R = 96.25 to 138.25

ង. លេខដែលនៅក្រៅចន្លោះពី 96.25 ទៅដល់ 138.25 នេះគឺជាតម្លៃ Outliers។

លក្ខណៈគោលរបស់ Outlier គឺ៖

- Outlier ស្ថិតនៅក្រៅចន្លោះបម្រែបម្រួល R = [Q_1 – 1.5IQR, Q_3 + 1.5IQR]
- Outlier គឺជាតម្លៃទាំងឡាយណាដែលស្ថិតនៅក្រៅពីចន្លោះ Q_1 – 1.5IQR ទៅដល់ Q_3 + 1.5IQR

៣.២.៣. វ៉ារ្យ៉ង់ (Variance)

វ៉ារ្យង់ត្រូវបានបែងចែកជាពីរប្រភេទគឺ វ៉ារ្យ៉ង់សំណាក (Sample Variance) និង វ៉ារ្យ៉ង់សាកលស្ថិតិ (Population Variance)។ គោលបំណងនៃការគណនារកតម្លៃវ៉ារ្យ៉ង់គឺដើម្បីឈានទៅគណនាគម្លាតស្តង់ដារក្នុងចំណុច ៣.២.៤ ខាងក្រោម។

ក. វ៉ារ្យ៉ង់សំណាក (Sample Variance)

វ៉ារ្យ៉ង់សំណាកមាននិមិត្តសញ្ញា s^2 គឺជាផលចែករវាងផលបូកសរុបនៃការេផលសងរវាងអថេរនីមួយៗនិងតម្លៃមធ្យមភាគ និងចំនួនសំណាក n ដក 1។

រូបមន្ត៖ $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1} = \frac{(X_1-\bar{X})^2+(X_2-\bar{X})^2+(X_3-\bar{X})^2+\cdots+(X_n-\bar{X})^2}{n-1}$

ដែល៖

- X_iគឺអថេរដែលមានពី $X_1, X_2, X_3, \ldots$ រហូតដល់ X_n
- $\bar{X}$ គឺជាមធ្យមភាគរបស់សំណាកដែល $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n}X_i}{n}$
- n គឺជាទំហំសំណាក
- i គឺសន្ទស្សន៍ដែលអាចមាន $1, 2, 3, \ldots$. រហូតដល់ n

ឧទាហរណ៍៖ ចំនួនកូដកម្មដែលធ្វើដោយគ្រូបង្រៀននៅសាលារដ្ឋនៃរដ្ឋផេនស៊ីលវេនៀ (Pennsylvania) ក្នុងរយៈពេល៦ឆ្នាំកន្លងមក សម្រាប់សំណាកដែលត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យដូចទិន្នន័យដែលបានបង្ហាញខាងក្រោម៖។ ចូររកវ៉ារ្យ៉ង់សំណាក?

9 10 14 7 8 3

ដំណោះស្រាយ៖ សម្មតិកម្មរួមមាន៖ $n = 6$

១. គណនា $\bar{X} = \frac{(9+10+14+7+8+3)}{6} = \frac{51}{6} = 8.5$

២. គណនា $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2$

$\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = (X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + (X_4 - \bar{X})^2 + (X_5 - \bar{X})^2 + (X_6 - \bar{X})^2$

$\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = (9 - 8.5)^2 + (10 - 8.5)^2 + (14 - 8.5)^2 + (7 - 8.5)^2 + (8 - 8.5)^2 + (3 - 8.5)^2 = 65.5$

៣. គណនា $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1} = \frac{65.5}{6-1} = 13.1$

ដូច្នេះ ក្នុងរយៈពេល៦ឆ្នាំកន្លងមក គ្រូបង្រៀនធ្វើកូដកម្មខុសគ្នាជាមធ្យមគឺ ១៣.១លើក។

ខ. វ៉ារ្យ៉ង់សាកលស្ថិតិ (Population Variance: σ^2)

វ៉ារ្យ៉ង់សាកលស្ថិតិគឺជាផលចែករវាងផលបូកសរុបនៃការ៉េផលសងរវាងអថេរនីមួយៗ និងតម្លៃមធ្យមភាគ និងទំហំសាកលស្ថិតិតាងដោយ N ។

រូបមន្តៈ $\boldsymbol{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N} = \frac{(X_1-\mu)^2+(X_2-\mu)^2+(X_3-\mu)^2+\cdots+(X_n-\mu)^2}{N}$

ដែលៈ

- X_iគឺអថេរដែលមាន $X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots X_N$
- μ គឺជាមធ្យមភាគរបស់សំណាកដែល $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N}X_i}{N}$
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិ (Population)
- i គឺសន្ទស្សន៍ដែលអាចមាន $1, 2, 3, \ldots.$ រហូតដល់ N

ឧទាហរណ៍ៈ យើងប្រើទិន្នន័យក្នុងឧទាហរណ៍នៅចំណុចទី៣.២.១ ស្តីពីថ្នាំលាបផ្ទះប្រភេទ ក និង ខ ដែលមានរយៈពេលនៃការប្រើប្រាស់គិតជាខែដូចសំណុំទិន្នន័យខាងក្រោមៈ

35, 45, 30, 35, 40, 25

<u>**ដំណោះស្រាយៈ**</u> សម្មតិកម្មៈ N = 6

១.គណនា $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N}X_i}{N} = \frac{(35+45+30+35+40+25)}{6} = \frac{210}{6} = 35$

២. គណនា $\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2$

$$\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2 = (X_1-\mu)^2+(X_2-\mu)^2+(X_3-\mu)^2+(X_4-\mu)^2+(X_5-\mu)^2+(X_6-\mu)^2$$

$$\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2 = (35-35)^2+(45-35)^2+(30-35)^2+(35-35)^2+(40-35)^2+(25-35)^2$$

$$= 250$$

៣. គណនា $\boldsymbol{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N} = \frac{250}{6} = 41.7$

ដូច្នេះ រយៈពេលខុសគ្នាជាមធ្យមក្នុងការប្រើប្រាស់ថ្នាំលាបផ្ទះម៉ាក ក និង ខ គឺ 41.7 ខែ។

៣.២.៤. គម្លាតស្តង់ដារ (Standard Deviation)

គម្លាតស្តង់ដារក៏មានពីរប្រភេទដែរ គឺគម្លាតស្តង់ដារសំណាក និងគម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ។ គម្លាតស្តង់ដារសំណាកគឺជាឫសការ៉េនៃវ៉ារ្យ៉ង់សំណាក។ រីឯគម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិគឺជាឫសការ៉េនៃវ៉ារ្យ៉ង់សាកលស្ថិតិតែប៉ុណ្ណោះ។

១. គម្លាតស្តង់ដារសំណាក (Standard Deviation of Sample)

គម្លាតស្តង់ដារសំណាក $S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1}}$

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើគម្លាតស្តង់ដារសំណាកគឺ

$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{31.1} = 5.576 \cong 5.6$

ដូច្នេះ ក្នុងរយៈពេល៦ឆ្នាំកន្លងមក គ្រូបង្រៀនធ្វើកូដកម្មមានគម្លាតខុសគ្នាគិតជាមធ្យម 5.6 លើក។

២. គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ (Standard Deviation of Population)

គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ $\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}}$

តាមឧទាហរណ៍ខាងលើស្តីពីការជ្រើសរើសថ្នាំលាបផ្ទះ គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិគឺ

$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{41.7} = 6.5$

ដូច្នេះ គម្លាតរយៈពេលខុសគ្នាជាមធ្យមក្នុងការប្រើថ្នាំលាបម៉ាក **ក** និង **ខ** គឺ 6.5 ខែ។

៤. ការសិក្សាស្រាវជ្រាវដោយប៉ាន់ស្មាន ឬ ការសន្និដ្ឋាន (Inferential Research)

ជាទូទៅ ការស្រាវជ្រាវច្រើនមានទម្រង់ជាការពិសោធ (Experiment) រួចឈានទៅការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។ ការស្រាវជ្រាវដោយប៉ាន់ស្មាន (ឬប្រយោល) គឺជាការស្រាវជ្រាវរកទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរ ឬច្រើដោយពឹងលើការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (Hypothesis testing) ឬការវាស់កម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) លើទំហំសំណាក (Sample) រួចធ្វើការវាយតម្លៃឬសន្និដ្ឋានជាទូទៅលើទំហំសាកលស្ថិតិ (Population size) ទាំងមូល។ អ្នកអាចមើលមេរៀនលំអិតស្តីពីកម្រិតជឿជាក់ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ទំនាក់ទំនងអថេរនិងរីគ្រេសិន និងអាណូវ៉ាជាដើម ដែលមានក្នុងសៀវភៅនេះ។

៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

មេរៀននេះផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សានូវការយល់ដឹងបន្ថែមអំពីឧបករណ៍ស្រាវជ្រាវនានាក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ។ ក្នុងវិធីសាស្ត្រនេះ ការជ្រើសរើសឧបករណ៍សម្រាប់វិភាគទិន្នន័យគឺអាស្រ័យលើគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ និងគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវរួមទាំងប្រភេទនៃការតេស្តសម្មតិកម្មផងដែរ។ សរុបមក មេរៀនចាប់ពីទី៩ដល់ទី១៧ការសិក្សាបែបបរិមាណវិស័យទាំងអស់។ ដូច្នេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចធ្វើការសម្រេចចិត្តឱ្យបានត្រឹមត្រូវក្នុងការជ្រើសរើសឧបករណ៍ឱ្យបានសមស្របសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់។

មេរៀនទី ៥ ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ

ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Qualitative Research Design) គឺជាការប្រមូលទិន្នន័យសម្រាប់ការសិក្សាតាមបែបគុណវិស័យគឺជាការសម្រេចចិត្តរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវ។ អ្នកត្រូវគ្រោងទុកជាមុនថា តើគេនឹងអង្កេត ឬសម្ភាសអ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវប៉ុន្មាននាក់ ទើបអាចទទួលបានលទ្ធផលច្បាស់លាស់ និងអាចទទួលយកបាន ដើម្បីរួមចំណែកដល់សង្គម ឬជួយឱ្យអ្នកដែលកំពុងប្រកបអាជីវកម្មអាចយកទៅអនុវត្តឱ្យមានភាពប្រសើរឡើង ក្រោយពីបានអានកិច្ចការស្រាវជ្រាវរបស់អ្នក។ បន្ទាប់ពីសិក្សាមេរៀននេះរួច អ្នកនឹងចេះកំណត់អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ ចេះប្រមូលទិន្នន័យប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ និងមានតម្លាភាព។ ចំណុចសំខាន់ៗ ក្នុងដំណើរការប្រមូលទិន្នន័យក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមបែបគុណវិស័យមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

- កំណត់ជំហានក្នុងដំណើរការប្រមូលទិន្នន័យនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមបែបគុណភាព
- កំណត់វិធីសាស្ត្រជ្រើសរើសសំណាកផ្សេងៗគ្នាក្នុងការជ្រើសរើសអ្នកចូលរួម និងទីតាំងសម្រាប់ការប្រមូលទិន្នន័យ
- កំណត់អ្នកត្រូវចូលរួមធ្វើសម្ភាសន៍
- ធ្វើលិខិតសុំអនុញ្ញាតពីអង្គាធរមូលដ្ឋានដើម្បីចុះអង្កេត និងធ្វើសម្ភាសន៍
- ស្គាល់ប្រភេទទិន្នន័យស្រាវជ្រាវតាមបែបគុណវិស័យដែលអ្នកអាចប្រមូលបាន
- កំណត់នីតិវិធីក្នុងការកត់ត្រាទិន្នន័យ
- ដឹងអំពីបញ្ហាធំៗដែលជាហានីភ័យនិងការពិចារណាអំពីក្រមសីលធម៌ដែលត្រូវគិតទុកជាមុនក្នុងការគ្រប់គ្រង និងការប្រមូលទិន្នន័យ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ពេលខ្លះ ក្នុងការសិក្សាផ្នែកគីមី គេប្រើពាក្យ "វិភាគគុណភាព" ដើម្បីសំដៅទៅលើការស្រាវជ្រាវដែលកំណត់ការកកើតឡើងនៃសមាសជាតុមួយចំនួន។ និយាយម្យ៉ាងទៀត ពាក្យនេះផ្តោតសំខាន់លើគុណសម្បត្តិខាងក្នុងនៃសារជាតុគីមីណាមួយ។ ដូច្នេះ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវក្នុងផ្នែកនេះ សំដៅលើការស្រាវជ្រាវអំពីគុណសម្បត្តិនៃជាតុគីមីណាមួយច្រើនជាងសំដៅលើការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ។ ចំណែកការស្រាវជ្រាវទីផ្សារបែបគុណវិស័យ អ្នកស្រាវជ្រាវមិនប្រើលេខជាក់លាក់ដើម្បីវាស់វែងអថេរទីផ្សារ ឬប្រើនីតិវិធីស្ថិតិដើម្បីបញ្ជាក់ពីទំនាក់ទំនងរវាងលេខនិងលេខនោះទេ។ ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យគឺជាការស្រាវជ្រាវដែលដោះស្រាយគោលបំណងទីផ្សារក៏ដូចជាផ្តោតការយកចិត្តទុកដាក់លើការស្វែងរកចំណេះដឹងថ្មីនិងអត្ថន័យខាងក្នុង ដោយការប្រើពាក្យពេចន៍បកស្រាយយ៉ាងល្អិតល្អន់នូវបាតុភូតទីផ្សារដោយមិនពឹងផ្អែកលើការវាស់វែងដោយប្រើលេខឡើយ។ ការស្រាវជ្រាវតាមបែបគុណវិស័យត្រូវបានអនុវត្តយ៉ាងទូលំទូលាយនៅក្នុងការអនុវត្តជាក់ស្តែង។ ក្រុមហ៊ុនស្រាវជ្រាវជាច្រើនមានឯកទេសក្នុងការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យនេះ។

ការរៀបចំស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ ភាគច្រើន មានការប្រើប្រាស់រចនាសម្ព័ន្ធតិចជាងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណ។ អ្នកចូលរួមក្នុងការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យមិនជ្រើសរើសការឆ្លើយតបជាលេខ (ឬជម្រើសច្រើន) ចំពោះសំណួរណាមួយនោះទេ។ ផ្ទុយទៅវិញអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវដកស្រង់អត្ថន័យពីចម្លើយបើកចំហដូចជាអត្ថបទសម្ភាសន៍ដែលបានថតទុក ឬការបង្ហោះនៅលើគេហទំព័របណ្ដាញសង្គមដូចជាហ្វេសប៊ុក ឬពីរូបភាពសង្ខេប ដែលបង្ហាញពីអត្ថន័យនៃបទពិសោធន៍មួយចំនួនដែលពាក់ព័ន្ធទៅនឹងគោលបំណងនិងប្រធានបទនៃការស្រាវជ្រាវ។ អ្នកស្រាវជ្រាវបកស្រាយទិន្នន័យដើម្បីទាញយកអត្ថន័យរបស់វាហើយបម្លែងវាឱ្យទៅជាព័ត៌មាន (Babin & Zikmund, 2016)។

២. គោលបំណងនៃការសិក្សាតាមបែបគុណវិស័យ

គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យគឺដើម្បីរកឱ្យឃើញនូវអ្វីដែលមាននៅក្នុងចិត្តរបស់អតិថិជន ឬអ្នកប្រើសប្រាស់ ឬអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងដើម្បីស្វែងរកការយល់ដឹងអំពីទស្សនៈរបស់អ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ វាជួយអ្នកស្រាវជ្រាវឱ្យផ្ដោតលើភាពស្មុគស្មាញនៃសកម្មភាពនិងកង្វល់របស់អ្នកប្រើប្រាស់ ឬអតិជនក្នុងបរិបទជាក់លាក់ណាមួយ។ ទិន្នន័យបែបគុណវិស័យត្រូវបានប្រមូលដើម្បីឱ្យដឹងបន្ថែមអំពីអ្វីដែលគេមិនអាចអង្កេត និងវាស់វែងដោយផ្ទាល់បាន។ អារម្មណ៍ គំនិត ចេតនា និងឥរិយាបទ ដែលបានកើតឡើងពីអតីតកាល គឺជាឧទាហរណ៍ខ្លះៗអំពីអ្វីដែលអាចទទួលបានតែតាមរយៈការប្រមូលទិន្នន័យបែបគុណវិស័យប៉ុណ្ណោះ។ ទិន្នន័យបែបនេះក៏ត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់បញ្ហាក្នុងការសិក្សា និងដើម្បីបញ្ជាក់ពីបញ្ហា ឬគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវណាមួយដែលមិនមានភាពច្បាស់លាស់ ព្រោះ ពេលខ្លះ វិធីសាស្ត្រដែលមានរចនាសម្ព័ន្ធពេញលេញ ឬផ្លូវការ (structured or formal methods) មិនអាចមានលទ្ធភាពជួយឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវទទួលបានព័ត៌មានត្រឹមត្រូវពីអ្នកឆ្លើយកម្រងសំណួរបានទេ។ សរុបមក វិធីសាស្ត្រប្រមូលទិន្នន័យបែបគុណវិស័យត្រូវបានប្រើក្នុងស្ថានភាពដូចជាថា អ្នកចូលរួមប្រហែលជាមិនមានឆន្ទៈគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការឆ្លើយសំណួរមួយចំនួននៅពេលប្រឈមមុខដោយផ្ទាល់ ព្រោះពួកគាត់យល់ថា សំណួរខ្លះអាចមានផលប៉ះពាល់ដល់ជីវិតឯកជនរបស់ខ្លួន អាចធ្វើឱ្យពួកគេមានការខ្មាសអៀន ឬអាចជះឥទ្ធិពលអវិជ្ជមានដល់ជីវិតឬឋានៈរបស់ពួកគេ ដែលជាហេតុនាំឱ្យសំណួរទាំងនេះអាចមិនត្រូវបានឆ្លើយតប ឬអាចត្រូវបានឆ្លើយតបដោយមិនច្បាស់លាស់ ឬមិនត្រឹមត្រូវក៏មាន (Aaker et al., 2019)។

ជារួម ការប្រមូលទិន្នន័យតាមបែបគុណវិស័យនេះមិនមានរចនាសម្ព័ន្ធនិងមានលក្ខណៈល្អិតល្អន់ប៉ុន្មានទេ គឺវាអាស្រ័យទៅលើការសម្ភាសដោយផ្អែកលើបញ្ជីសំណួរមួយជាគោល ដែលអាចមានភាពបត់បែនក្នុងការសន្ទនា ឬសម្ភាសន៍ ដើម្បីប្រមូលយកទិន្នន័យឱ្យបានកាន់តែស៊ីជម្រៅកាន់តែច្រើននិងមានសក្ដានុពលកាន់តែប្រសើរដើម្បីទទួលបានការយល់ដឹងនិងទស្សនៈវិស័យថ្មីៗ ដែលបានមកពីអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ការប្រមូលទិន្នន័យស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យស្វែងយល់ពីឥរិយាបថ អាកប្បកិរិយា និងបទពិសោធន៍អាចត្រូវបានធ្វើឡើងតាមរយៈការសម្ភាសបែបស៊ីជម្រៅ (in-depth interview) ឬការសម្ភាសជាក្រុម (focus group interview) ដើម្បីព្យាយាមទទួលបាននូវគំនិតស៊ីជម្រៅពីអ្នកចូលរួម។ ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យត្រូវបានបង្កើតឡើងដើម្បីប្រាប់អ្នកស្រាវជ្រាវអំពីដំណើរការនៃការប្រមូលទិន្នន័យ ការវិភាគ និងការបកស្រាយទិន្នន័យឱ្យមានលក្ខណៈស៊ីជម្រៅ។ ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យមានរបៀបបកស្រាយបែបពិពណ៌នា ហើយការបកស្រាយអត្ថន័យមិនមែនជាការបង្ហាញនូវប្រេកង់នៃបាតុភូតដែលបានរកឃើញពីលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវ។ របៀបរៀបចំការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យត្រូវបានប្រើទាំងដំណាក់កាលប្រមូលទិន្នន័យ និងដំណាក់កាលវិភាគទិន្នន័យនៃគម្រោងស្រាវជ្រាវ។ នៅដំណាក់កាលនៃការប្រមូលទិន្នន័យ គេរៀបចំការសម្ភាសជាក្រុម ឬសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅជាលក្ខណៈបុគ្គល (individual in-depth

interview) ដោយផ្អែកលើទ្រឹស្តីមូលដ្ឋាននៃសកម្មភាពការស្រាវជ្រាវនិងការសង្កេត។ ក្នុងអំឡុងពេលនៃការវិភាគ អ្នកស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យវិភាគទៅលើខ្លឹមសារ ដែលគេបានថតសម្លេងឬកត់ត្រា ឬបានដកស្រង់ពីការបញ្ចេញមតិផ្ទាល់ខ្លួនរបស់អ្នកចូលរួម។ ការស្រាវជ្រាវបែបនេះនឹងមានលក្ខណៈសម្បត្តិគ្រប់គ្រាន់ទៅបានអាស្រ័យដោយគេអាចទាញយកទិន្នន័យពីប្រភពផ្សេងៗគ្នា ដូចខាងក្រោមនេះ៖

- មនុស្ស (បុគ្គល ឬក្រុម)
- អង្គការ ក្រុមហ៊ុន ឬស្ថាប័ន
- អត្ថបទ (បោះពុម្ពរួមទាំងឯកសារនិម្មិត)
- ការកំណត់និងបរិដ្ឋាន (រូបភាព និងសម្ភារៈជាក់ស្តែង)
- វត្ថុបុរាណ ផលិតផល ប្រព័ន្ធផ្សព្វផ្សាយលើក្រដាសក្តី (Hard Copies) ឬជាទម្រង់អត្តសនីក្តី (Soft Copies) និង
- ហេតុការណ៍ និងព្រឹត្តិការណ៍ជាទម្រង់ក្រដាសក្តី (Hard Copies) ឬជាទម្រង់អត្តសនីក្តី (Soft Copies)។

ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវតាមបែបគុណវិស័យមានលក្ខណៈសម្បត្តិគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការប្រើប្រាស់ដើម្បីស្រាវជ្រាវក្នុងវិស័យជាច្រើនដូចជា នរវិទ្យា សង្គមវិទ្យា ចិត្តវិទ្យា ភាសាវិទ្យា ទំនាក់ទំនងសេដ្ឋកិច្ច និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមជាដើម (Cooper & Schneider, 2014)។ អ្វីដែលគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍បំផុតនោះគឺអ្នកគ្រប់គ្រង និងអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវកំពុងតែត្រឡប់ទៅរករបៀបរៀបចំបែបនេះវិញ ដោយសាររបៀបរៀបចំការសិក្សាបែបបរិមាណវិស័យមិនគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការផ្តល់ការយល់ដឹងដែលត្រូវការជាចាំបាច់ដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តលើផ្នែកណាមួយនៃអាជីវកម្ម។ ការប្រមូលទិន្នន័យតាមបែបគុណវិស័យជាវិធីសាស្ត្រមួយជាក់លាក់ និងស៊ីជម្រៅ ដែលអាចជួយអ្នកគ្រប់គ្រងក្នុងការដោះស្រាយបញ្ហាដោយផ្អែកលើគំនិតយោបល់ថ្មីដែលទទួលបានពីអ្នកចូលរួមអង្កេត។ ប៉ុន្តែ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវប្រុងប្រយ័ត្នខ្ពស់ ចំពោះទិដ្ឋភាពមួយចំនួនដូចជា៖

- ការជ្រើសរើសពាក្យនិងរបៀបប្រើពាក្យពេចន៍និងឃ្លាប្រយោគក្នុងការបង្កើតសំណួរស៊ើបអង្កេត
- ការបញ្ជាក់យ៉ាងត្រឹមត្រូវអំពីវិធីសាស្ត្រឬការរួមបញ្ចូលគ្នានៃវិធីសាស្ត្រដែលបានជ្រើសរើស
- ការជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រនិងការរៀបចំការស្រាវជ្រាវសម្រាប់ការប្រមូលទិន្នន័យជាក់ស្តែងដល់ទីកន្លែង (field study) ជាជាងការកំណត់យកការរៀបចំក្នុងទីពិសោធន៍
- ជ្រើសរើសគំរូ ឬសំណាកសម្រាប់អ្នកចូលរួមឱ្យសមស្របនឹងទំហំនៃបញ្ហាជាជាងភាពសមស្របទៅនឹងទំហំសាកលស្ថិតិ (population)ទាំងមូល ឬយ៉ាងណា?
- ការបង្កើតសំណួរត្រូវគិតដល់ការលើកលែងឬភាពខ្វះចន្លោះនៃច្បាប់ ឬទ្រឹស្តី
- ការរៀបចំរចនាសម្ព័ន្ធសម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យដោយប្រុងប្រយ័ត្ន និង
- ការប្រៀបធៀបទិន្នន័យទៅនឹងប្រភពជាច្រើនដែលស្ថិតក្នុងបរិបទខុសៗគ្នា។

ជារួម ការជ្រើសរើសយកការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណគុណវិស័យអាចជួយឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវបានយល់ច្បាស់អំពីបាតុភូតដែលត្រូវសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមរយៈការប្រមូលទិន្នន័យ ដែលផ្ដល់នូវការពណ៌នាលម្អិតនៃព្រឹត្តិការណ៍ ស្ថានភាព និងអន្តរកម្មរវាងមនុស្សនិងអ្វីៗដែលបានផ្ដល់ឱ្យនូវគំនិត ទស្សនៈទាន ឬយោបល់ថ្មីៗបានយ៉ាងស៊ីជម្រៅ និងយ៉ាងលម្អិត។

៣. លក្ខណៈនៃការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ (Characteristics of Qualitative Research)

ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យមានលក្ខណៈសំខាន់ៗខុសៗគ្នាទៅតាមដំណាក់កាលនីមួយៗនៃដំណើរការស្រាវជ្រាវដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ការស្វែងយល់ពីបញ្ហាថ្មីនិងអភិវឌ្ឍការយល់ដឹងលម្អិតអំពីបាតុភូតអ្វីដែលថ្មីៗ
- ការពិនិត្យឡើងវិញនូវទ្រឹស្ដីពាក់ព័ន្ធទាំងឡាយដែលអាចជួយកំណត់បញ្ហា និងអាចជាជំនួយដល់ការវិភាគពិចារណាបានសព្វជ្រុងជ្រោយ និងស៊ីជម្រៅ
- ការបញ្ជាក់គោលបំណងនិងសំណួរស្រាវជ្រាវជាទូទៅនិងទូលំទូលាយ ដើម្បីឱ្យស៊ីគ្នាទៅនឹងបទពិសោធន៍របស់អ្នកចូលរួម
- ការប្រមូលទិន្នន័យដោយផ្អែកលើពាក្យសម្ដីចេញពីសំណាកដែលជាបុគ្គលភាគតិច ហើយដែលអាចផ្ដល់នូវទស្សនៈសម្រាប់ជាភស្តុតាងឬជាមូលដ្ឋានក្នុងការបកស្រាយទិន្នន័យ
- ការវិភាគទិន្នន័យបែបពិពណ៌នា ដោយប្រើអត្ថបទដើម្បីបកស្រាយអត្ថន័យឱ្យបានកាន់តែទូលំទូលាយ និងស៊ីជម្រៅ និង
- ការសរសេររបាយការណ៍ដោយប្រើរចនាសម្ព័ន្ធដែលមានភាពបត់បែន និងមានលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យក្នុងការវាយតម្លៃ ព្រមទាំងមានការឆ្លុះបញ្ចាំងពីប្រធានបទនិងភាពលំអៀងរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវផងដែរ។

ជាទូទៅ ក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យបែបគុណវិស័យគេច្រើនប្រើទម្រង់សម្ភាសន៍មួយឬពីរក្នុងចំណោមទម្រង់ទាំងបីខាងក្រោមនេះ៖

- សម្ភាសន៍មានរចនាសម្ព័ន្ធ (structured interview) ឬសម្ភាសន៍ជាផ្លូវការ (formant interview)
- សម្ភាសន៍ពាក់កណ្ដាលរចនាសម្ព័ន្ធ (semi-structured interview) ឬសម្ភាសន៍ពាក់កណ្ដាលផ្លូវការ និង
- សម្ភាសន៍គ្មានរចនាសម្ព័ន្ធ ឬសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅ (unstructured or in-depth interview) ឬសម្ភាសន៍មិនផ្លូវការ (informal interview)។

៣.១ សម្ភាសន៍មានរចនាសម្ព័ន្ធ (Structured or formal Interview)

សម្ភាសន៍ដែលមានរចនាសម្ព័ន្ធ ឬសម្ភាសន៍ផ្លូវការ (structured or formal interview) ប្រើកម្រងសំណួរដែលបានព្រាងទុកជាមុននិង "មានលក្ខណៈស្តង់ដារ" ដែលក្នុងការសម្ភាសនីមួយៗ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវគ្រប់គ្រង

ដោយប្រុងប្រយ័ត្នចំពោះរាល់សំណួរត្រូវតែដូចគ្នាបេះបិទទៅនឹងសំណួរក្នុងកម្រងសំណួរដែលបានព្រាងទុកនោះ។ ត្រង់ចំណុចនេះ អ្នកសម្ភាសន៍ត្រូវអានសំណួរនីមួយៗតាមកម្រងសំណួរ ហើយបន្ទាប់មកកត់ត្រាចម្លើយចូលក្នុងទម្រង់មួយដែលមានលក្ខណៈស្តង់ដារ ដែលជាធម្មតា មានចម្លើយរៀបចំទុកជាមុនរួចហើយ (Sunders et al., 2016)។ ខណៈពេលទាក់ទងជាមួយអ្នកចូលរួមសិក្សាដូចជាការពន្យល់បឋមជាដើម អ្នកគួរតែអានសំណួរដែលបានព្រាងទុកនោះជាមួយសំលេងដ៏ដែល ដើម្បីកុំឱ្យមានភាពលំអៀង ឬខុសអត្ថន័យគ្នា។ នៅពេលសម្ភាសន៍ដែលមានរចនាសម្ព័ន្ធត្រូវបានប្រើដើម្បីប្រមូលទិន្នន័យដែលតាមបែបបរិមាណវិស័យច្រើនជាងការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ។

៣.២ សម្ភាសន៍ពាក់កណ្តាលរចនាសម្ព័ន្ធ (Semi-structured Interview)

សម្ភាសន៍ពាក់កណ្តាលរចនាសម្ព័ន្ធ (semi-structured interview) មានរចនាសម្ព័ន្ធមិនច្បាស់លាស់ទេ។ គេច្រើនចាត់ទុកការសម្ភាសបែបនេះជា "ការប្រមូលទិន្នន័យស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ"។ ចំពោះសម្ភាសន៍ពាក់កណ្តាលរចនាសម្ព័ន្ធ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវមានភ្ជាប់ជាមួយប្រធានបទនូវបញ្ជីពង្រាងសំណួរដែលត្រូវនិយាយ ឬសួរ ទុកគ្រាន់ជាគោលលំនាំ ទោះជាវាអាចខុសខ្លះៗពីសំណួរដែលសួរជាក់ស្តែងក្នុងពេលសម្ភាសក៏ដោយ។ នេះមានន័យថា អ្នកអាចលុបចោលនូវសំណួរមួយចំនួននៅពេលសម្ភាស អាចផ្លាស់ប្តូរលំដាប់នៃកម្រងសំណួរ ហើយក៏អាចបន្ថែមសំណួរផ្សេងទៀតដែលខុសពីកម្រងសំណួរ ដើម្បីស្វែងរកការពិតនិងភាពត្រឹមត្រូវស្របតាមគោលបំណងស្រាវជ្រាវ ស្របតាមកាលទេសៈ ឬស្របតាមលំហូរនៃការសន្ទនា ឬស្របតាមព្រឹត្តិការណ៍ជាក់ស្តែងណាមួយ។ ជាធម្មតា ក្នុងដំណើរការសាកសួរនិងពិភាក្សាជាបន្តបន្ទាប់ ទិន្នន័យត្រូវបានប្រមូលដោយការកត់ត្រានិង ការថតសំលេង ឬក៏អាចធ្វើជាសញ្ញាសម្គាល់ផងដែរសម្រាប់ធ្វើការវិភាគទិន្នន័យ។

៣.៣ សម្ភាសន៍គ្មានរចនាសម្ពន្ធ ឬសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅ (Unstructured or In-depth interview)

សម្ភាសន៍គ្មានរចនាសម្ព័ន្ធ ឬសម្ភាសន៍ស៊ីជម្រៅ (Unstructured or In-depth interview) គឺជាការសម្ភាសមិនផ្លូវការ (Informal Interview)។ ជាទូទៅ អ្នកអាចប្រើការសម្ភាសរបៀបនេះដើម្បីស្វែងយល់អំពីទិដ្ឋភាពរួមឬចំណុចណាមួយដែលអ្នកចាប់អារម្មណ៍។ ការសម្ភាសគ្មានរចនាសម្ព័ន្ធឬស៊ីជម្រៅពុំមានកម្រងសំណួរដែលបានព្រាងទុកជាមុនសម្រាប់ការសម្ភាសទេ។ អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរត្រូវបានផ្តល់ឱកាសនិយាយដោយសេរីអំពីព្រឹត្តិការណ៍ ឥរិយាបទ និងជំនឿទាក់ទងនឹងប្រធានបទ។ ដោយសារមានអន្តរកម្មប្រភេទនេះហើយ ទើបបានជាពេលខ្លះ "ការសម្ភាសស៊ីជម្រៅ (In-depth interview)" ត្រូវបានគេហៅថាជា "ការសម្ភាសមិនផ្លូវការ (informant interview)" ឬ "ការសម្ភាសន៍អ្នកឱ្យការ (informant interview)"។ របៀបសម្ភាសមិនផ្លូវការនេះខុសពីរបៀបសម្ភាសន៍ទាំងពីរខាងលើ ត្រង់កន្លែងថា អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរអាចជាអ្នកដឹកនាំបទសម្ភាសន៍ផងនិងជាអ្នកឆ្លើយសំណួររបស់អ្នកស្រាវជ្រាវផង។ ការសិក្សាបែបគុណវិស័យនេះត្រូវបានប្រើមិនត្រឹមតែដើម្បីបង្ហាញនិងយល់អំពី "អ្វី (what)" និង" របៀប (how)" ប៉ុណ្ណោះទេគឺថែមទាំងផ្តោតការយកចិត្តទុកដាក់បន្ថែមទៀតទៅលើការស្វែងរក "មូលហេតុ (why) ផងដែរ"។

ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យត្រូវបានអនុវត្តតាមរបៀបមួយចំនួនដូចខាងក្រោម (តារាង5-1) ដែលជាការណែនាំពីអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវមុនៗដូចជា Sunders et al. (2016) និង Babin and Zikmund (2016) ជាដើម៖

តារាង៥.១. ការសិក្សាស្រាវជ្រាវបែបគុណវស័យ

សកម្មភាពស្រាវជ្រាវ (Research activities)	**ការស្រាវជ្រាវបែបគុណភាព (Qualitative research)**
ការផ្តោតការយកចិត្តទុកដាក់នៃស្រាវជ្រាវ (Focus of Research)	• ស្វែងយល់និងបកស្រាយ (Understand and interpret)
ឯករាជ្យភាពនៃអ្នកស្រាវជ្រាវ (Researcher Independence)	• អ្នកស្រាវជ្រាវគឺជាអ្នកចូលរួមឬជាអ្នកបំពេញភារកិច្ច (Researcher is participant or catalyst)
គោលបំណងស្រាវជ្រាវ (Research Purpose)	• ការយល់ដឹងស៊ីជម្រៅ (In-depth understanding); ការបង្កើតទ្រឹស្តី (theory building) • ស្វែងរករបកគំហើញដែលចេញពីគំនិត និងទស្សនៈថ្មីៗដែលស្របតាមគោលបំណងទូទៅនៃការស្រាវជ្រាវ។
នីតិវិធីរៀបចំជ្រើសរើសសំណាក (Sample Design Procedure)	• មិនតាមក្បួនប្រូបាប៊ីលីតេ • មានគោលបំណងច្បាស់លាស់និងការវិនិច្ឆ័យ (Nonprobability; purposive/judgmental)
ទំហំសំណាក (Sample Size)	• តូច (Small)
ការរៀបចំការស្រាវជ្រាវ (Research Design)	• មានភាពបត់បែន ឬអាចកែសម្រួលបានក្នុងអំឡុងពេលអនុវត្តគម្រោង • ច្រើនប្រើវិធីសាស្ត្រចម្រុះក្នុងពេលតែមួយ ឬតាមលំដាប់លំដោយនៃពេល • មិនអាចរំពឹងថាគ្មានភាពប្រែប្រួលក្នុងពេលអនុវត្ត • ពាក់ព័ន្ធនឹងការអូសបន្លាយពេលវេលា (Involves longitudinal approach)
ការរៀបចំអ្នកចូលរួម (Participant Preparation)	• មានការត្រៀមទុកជាមុន
វិធីសាស្ត្រប្រមូលទិន្នន័យ (Data Collection Approach)	• គ្មានរចនាសម្ព័ន្ធអាចបត់បែនតាមជាក់ស្តែង (Unstructured, Free-Form) • ពាក់កណ្តាលរចនាសម្ព័ន្ធ (semi-structured interview) • ប្រើទិន្នន័យទាំងបឋម ឬទាំងបន្ទាប់បន្សំផង (primary and/or secondary data)
ប្រភេទទិន្នន័យនិងការរៀបចំ (Data Type and Preparation)	• ការពណ៌នាដោយប្រើពាក្យពេចន៍ឬរូបភាព (Verbal or pictorial descriptions)

	• ពេលខ្លះមានការកាត់បន្ថយពីការប្រើពាក្យរៀបរាប់ធម្មតាទៅជាកូដសម្គាល់ ដើម្បីងាយស្រួលប្រើកុំព្យូទ័រជាជំនួយ
ការវិភាគទិន្នន័យ (Data Analysis)	• មនុស្សជាអ្នកការវិភាគ បន្ទាប់ពីបានកំណត់កូដរួចហើយ; ជាចម្បងគឺមិនប្រើលេខ • អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវតែពិនិត្យឱ្យឃើញនូវក្របខ័ណ្ឌបរិបទនៃបាតុភូតដែលកំពុងត្រូវបានវាស់វែង ព្រោះភាពខុសគ្នារវាងសេចក្តីពិតនិងការវិនិច្ឆ័យមិនសូវច្បាស់លាស់ប៉ុន្មានទេ។

៤. នីតិវិធីនៃការវិភាគទិន្នន័យសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យ

ជាទូទៅ ការវិភាគទិន្នន័យពាក់ព័ន្ធនឹងការសរសេរកូដ (coding) ការទទួលយកទិន្នន័យឆៅ និងការបង្កើនកម្រិតនៃទំនុកចិត្ត។ ការបង្កើតកូដគឺជាសកម្មភាពរីឯកូដគឺជាពាក្យគន្លឹះជាទស្សនៈទាន (concept) ឬជាគំនិតគោលដែលទទួលបានពីការបង្កើតកូដនោះឯង។ ការបង្កើតកូដមិនត្រឹមតែជាការបកស្រាយប៉ុណ្ណោះទេ ហើយក៏មិនមែនគ្រាន់តែជាទស្សនៈទាន ឬគំនិតគោលសម្រាប់ជាកំណត់ចំណាំ ឬជាការបង្កើតបញ្ជីលេខកូដសម្រាប់សម្គាល់ដូចនៅក្នុងកម្មវិធីកុំព្យូទ័រប៉ុណ្ណោះទេ វាក៏មានការពាក់ព័ន្ធនឹងការធ្វើអន្តរកម្មជាមួយទិន្នន័យ (ការវិភាគ) ដោយប្រើវិធីផ្សេងៗដូចជាការសួរសំណួរអំពីទិន្នន័យ និងការប្រៀបធៀបរវាងទិន្នន័យជាដើមផងដែរ។ បន្ទាប់ពីទទួលបានទស្សនៈទាន ឬគំនិតគោលសំខាន់សម្រាប់ជាតំណាងទិន្នន័យទាំងនោះហើយ គេយកគំនិតគោល ឬទស្សនៈទានទាំងនោះមកពិនិត្យទំនាក់ទំនង លក្ខណៈ និងទំហំរបស់វា។ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចចាត់ទុកការបង្កើតកូដថាជា "ការស្វែងរកទិន្នន័យ" ដើម្បីរកឱ្យឃើញនូវអ្វីដែលថ្មីៗដែលមានកប់នៅក្នុងព័ត៌មានដែលប្រមូលបាន។ អ្នកស្រាវជ្រាវឈ្មោះ Corbin and Strauss (2008) បានបែងចែកនីតិវិធីក្នុងការវិភាគទិន្នន័យសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យនេះជាបីជំហានគឺ៖

- ជំហានទីមួយ ការបង្កើតកូដបើកចំហ (open coding)

- ជំហានទីពីរ ការបង្កើតកូដអ័ក្ស (axial coding) និង

- ជំហានទីបី ការបង្កើតកូដជ្រើសរើស (selective coding)

ក. ជំហានទីមួយ៖ ការធ្វើកូដបើកចំហ (open coding)

នៅដំណាក់កាលដំបូង ការបង្កើតកូដបើកចំហគឺជាការបង្កើតប្រភេទព័ត៌មានដើមស្តីពីបាតុភូតដែលបានសិក្សា ដោយបែងចែកព័ត៌មានដើមទាំងនោះឱ្យទៅជាក្រុមតូចៗ។ តាមទ្រឹស្តីជាមូលដ្ឋានគ្រឹះ ការបែងចែកទិន្នន័យដាក់តាមក្រុមនៃទស្សនទាន ឬបណ្តុំនៃគោលគំនិតស្រដៀងគ្នា ហើយដែលអាចប្រើពាក្យគន្លឹះរួមគ្នា ឬការធ្វើចំណាត់ថ្នាក់ទិន្នន័យត្រូវបានគេហៅថាជាការបង្កើតកូដបើកចំហ (open coding)។ ការបង្កើតកូដបើកចំហគឺជាការយកទិន្នន័យដើមមកបង្កើតជាប្រភេទនៃព័ត៌មានអំពីបាតុភូតដែលកំពុងត្រូវបានសិក្សា (Creshwell, 2012)។ ទិន្នន័យដែលប្រមូលបាននឹងត្រូវបែងចែកជាក្រុមនៃគោលគំនិត ឬជាចំណាត់ថ្នាក់និងកំណត់ថ្នាក់ ដែលតំណាង

ដោយពាក្យគន្លឹះ ឬលេខ ឬអក្សរសម្គាល់ (label)។ ព័ត៌មានដែលមានថ្នាក់ ឬអក្សរសម្គាល់ដូចគ្នានឹងត្រូវចាត់បញ្ចូលទៅក្នុងចំណាត់ថ្នាក់ទិន្នន័យដែលមានលក្ខណៈស្រដៀងគ្នា។ សរុបមក កូដបើកចំហគឺជាការបំបែកទិន្នន័យ និងកំណត់គំនិតគោលឱ្យដាច់ពីគ្នា រួចដាក់តាមបណ្តុំនៃទិន្នន័យដើមដែលមានលក្ខណៈស្រដៀងគ្នា (Corbin and Strauss, 2008)។

ការបង្កើតកូដចំហគឺជាការកំណត់ឈ្មោះថ្មីមួយដែលអ្នកស្រាវជ្រាវភ្ជាប់ទៅនឹងអត្ថបទដើម្បីពណ៌នា និង ចាត់ថ្នាក់ប្រភេទ និងការកំណត់កូដអត្ថបទនោះ។ ការបង្កើតកូដបើកចំហត្រូវធ្វើតាមឃ្លានីមួយៗ ប្រយោគនីមួយៗ នៃអត្ថបទដោយប្រើកូដសម្គាល់ឈ្មោះក្រុមនៃគំនិតគោល ឬប្រភេទនៃទស្សនៈទានដោយផ្អែកលើលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យដែលសម្រេចដោយអ្នកស្រាវជ្រាវខ្លួនឯង (ដោយផ្អែកលើពាក្យស្រដៀងគ្នា) (L. M. Cohen, Lawrence & Morrison, 2018)។ ដូច្នេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវយកចិត្តទុកដាក់លើទិដ្ឋភាពមួយចំនួនដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ការពិចារណាវិធីផ្សេងៗនៃការដាក់កូដសម្គាល់ (label) និងរៀបទិន្នន័យទៅតាមចំណាត់ថ្នាក់នីមួយៗ និង
- ការសម្រេចចិត្តនៅគ្រាដើមនឹងបន្តជះឥទ្ធពលមកលើដំណើរការវិភាគទិន្នន័យទាំងស្រុង។

ខ. ជំហានទីពីរ៖ ការបង្កើតកូដអ័ក្ស (axial coding)

ការបង្កើតកូដអ័ក្សពិតជាផ្តល់ភាពស៊ីជម្រៅដល់ឯកសារបែបពិពណ៌នាអំពីគំនិតគោល ឬទស្សនៈទានអ្វីមួយ (Kendall, 1999)។ ដំណាក់កាលនេះសំដៅលើដំណើរការនៃការស្វែងរកទំនាក់ទំនងរវាងប្រភេទទិន្នន័យដែលគេទទួលបានពីការបង្កើតកូដបើកចំហ។ ការបង្កើតកូដអ័ក្សអាចចាត់ទុកជាដំណើរការនៃការអភិវឌ្ឍទ្រឹស្តី នៅពេលដែលទំនាក់ទំនងរវាងប្រភេទទិន្នន័យត្រូវបានគេពិនិត្យឃើញ ដោយរៀបចំជាក្រុមរងតូចៗតាមឋានានុក្រម។ ការបង្កើតកូដអ័ក្សក្នុងជំហានទីពីរនេះមានគោលបំណងស្វែងយល់និងពន្យល់ពីបាតុភូតមួយ ដោយកំណត់នូវអ្វីដែលកំពុងកើតឡើងរកមូលហេតុនិងកត្តាបរិស្ថានដែលជះឥទ្ធិពលលើបញ្ហានេះដូចជា សេដ្ឋកិច្ច បច្ចេកវិទ្យា នយោបាយ ច្បាប់ សង្គម និងវប្បធម៌ជាដើម រកវបៀបគ្រប់គ្រងបញ្ហាដែលកំពុងសិក្សាក្នុងបរិបទដែលកំពុងត្រូវបានពិនិត្យ និង រកលទ្ធផលដែលត្រូវយកទៅអនុវត្ត។ Corbin and Strauss (2008) បានណែនាំឱ្យបង្កើតកូដអ័ក្សនេះដោយការបង្កើតសំណួរ ឬដោយការអធិប្បាយ បន្ទាប់មក ត្រូវបម្លែងវាឱ្យទៅជាសម្មតិកម្មដើម្បីធ្វើតេស្តរកទំនាក់ទំនងជាក់ស្តែងដែលអាចមាន។ ការបង្កើតកូដអ័ក្សគឺជាសកម្មភាពស្វែងរកទំនាក់ទំនងរវាងគំនិតគោលឬទស្សនៈទានផ្សេងៗគ្នា និងរវាងប្រភេទទិន្នន័យផ្សេងៗគ្នា។ កូដអ័ក្សគឺជាឈ្មោះឬពាក្យគន្លឹះសម្គាល់ប្រភេទដែលត្រូវបានបញ្ចូលទៅក្រុមនៃកូដបើកចំហ ដែលសេចក្តីយោងរបស់វាមានអត្ថន័យស្រដៀងគ្នា ឬទាក់ទងនឹងគំនិតតែមួយ។ ក្នុងការបង្កើតកូដអ័ក្ស អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវបែងចែកទិន្នន័យជាផ្នែកតូចៗ (L. M. Cohen, Lawrence & Morrison, 2018)។

គ. ជំហានទីបី៖ ការបង្កើតកូដជ្រើសរើស (selective coding)

ការរួមបញ្ចូលគ្នានៃប្រភេទទិន្នន័យ តាមរយៈការបង្កើតកូដទាំងពីរជំហានខាងលើ គឺជាសកម្មភាពមួយបែបហៅថាការបង្កើតកូដជ្រើសរើស (selective coding)។ Strauss និង Corbin (2008) បានលើកឡើងថា បន្ទាប់ពីប្រមូលទិន្នន័យបានហើយ អ្នកអាចចំណាយពេលច្រើនខែដើម្បីបង្កើតប្រភេទទិន្នន័យសំខាន់ៗ ដែលនៅដំណាក់កាលចុងក្រោយ អ្នកត្រូវការកំណត់អត្តសញ្ញាណគោលមួយទៀតសម្រាប់ដំណាងឱ្យប្រភេទទិន្នន័យសំខាន់ៗទាំងនោះ។ អត្តសញ្ញាណគោលដែលកំណត់បាននោះអាចហៅថាប្រភេទទិន្នន័យចម្បង ឬប្រភេទទិន្នន័យគោល ឬប្រភេទទិន្នន័យស្នូល (ឬកូដមេ ឬកូដជ្រើសរើសនេះឯង ព្រោះវាជំណាងឱ្យប្រភេទទិន្នន័យសំខាន់ៗ) សម្រាប់ទាក់ទង

ទៅនឹងប្រភេទទិន្នន័យចម្បងដទៃទៀត។ សកម្មភាពបែបនេះហៅថា "ការបង្កើតកូដជ្រើសរើស"។ ដំណាក់កាលនេះផ្តោតទៅលើការពិនិត្យយ៉ាងហ្មត់ចត់អំពីទំនាក់ទំនងរវាងប្រភេទទិន្នន័យចម្បងដែលកំណត់បាននោះ ដើម្បីពន្យល់បកស្រាយ និងបង្កើតទ្រឹស្តី។ ក្នុងដំណើរការនៃការបង្កើតកូដជ្រើសរើសនេះ អ្នកត្រូវពិនិត្យជាពិសេសចំពោះប្រភេទទិន្នន័យចម្បងណាដែលមានការពាក់ព័ន្ធនឹងការអភិវឌ្ឍទ្រឹស្តី ទើបគេជ្រើសរើសយកគោលគំនិតរួមដែលអាចជាពាក្យគន្លឹះណាមួយមកធ្វើជាកូដបង្គោល (ដែលហៅថាជាកូដជ្រើសរើស) ឬកូដមេសម្រាប់ជាដំណាងឱ្យប្រភេទទិន្នន័យសំខាន់ៗ។ វិធីសាស្ត្រនេះមានការទាក់ទងគ្នាទៅនឹងប្រភេទនានានៅក្នុងដ្យាក្រាមឬគំនូសតាងការបង្កើតកូដ (coding diagram) ឬពាក់ព័ន្ធនឹងគំរូនៃការបង្កើតកូដអ័ក្ស (axial coding) ឬគំរូ ឬទ្រឹស្តីនៃដំណើរការវិភាគទិន្នន័យ ព្រមទាំងអាចមានសំណើរបង្កើតកូដដែលផ្តល់នូវគំនិតគោល ឬទស្សនៈទានដែលអាចតេស្តបានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបន្ថែម។ អ្នកអាចបង្ហាញទ្រឹស្តីរបស់អ្នក តាមលំដាប់លំដោយនៃសំណើរឬគម្រោងរដោយពណ៌នាអំពីទំនាក់ទំនងទៅវិញទៅមករវាងកូដចម្បងទាំងនោះ (Creshwell, 2012)។ ការបង្កើតកូដជ្រើសរើសគឺជាដំណើរការនៃការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យស្នូល ឬទិន្នន័យមេ ឬទិន្នន័យបង្គោលនៅក្នុងអត្ថបទមួយ ដែលមានទំនាក់ទំនងតិចឬច្រើនជាមួយទិន្នន័យសំខាន់ៗ ឬបាតុភូតជុំវិញដែលជាប្រភេទទិន្នន័យផ្សេងទៀតទាំងអស់ដែលគេបានបង្កើតកូដដាក់បញ្ចូលគ្នា (L. M. Cohen, Lawrence & Morrison, 2018)។

៥. ការវិភាគទិន្នន័យបែបគុណវិស័យដោយប្រើកុំព្យូទ័រជាជំនួយ

អ្នកសិក្សាជាច្រើនបានអំពាវនាវឱ្យមានការស្រាវជ្រាវប្រកបដោយគុណភាព ដើម្បីបង្ហាញពីតម្លាភាពនិងភាពគួរឱ្យទុកចិត្តនៅក្នុងដំណើរការវិភាគទិន្នន័យ។ យើងស្នើឱ្យយកកម្មវិធីកុំព្យូទ័រមកប្រើជាជំនួយក្នុងការវិភាគទិន្នន័យ (CAQDAS: Computer Assisted Qualitative Data Analysis) ដែលជួយគាំទ្រដល់កិច្ចខិតខំប្រឹងប្រែងរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវដែលមានសមត្ថភាព ដើម្បីបង្កើនភាពជឿជាក់ខ្ពស់ចំពោះការវិភាគទិន្នន័យ និងចំពោះលទ្ធផលស្រាវជ្រាវដែលបានរកឃើញ (O'Kane, Smith, & Lerman, 2019)។ កម្មវិធីកុំព្យូទ័រសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យ (CAQDAS) ដែលកំពុងពេញនិយមក្នុងការប្រើប្រាស់ជាឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យមានដូចជា៖ ATLAS.ti, Dedoose, HyperRESEARCH, MAXQDA, NVivo, QDA Miner, Transana និង webQDA (Rodrigues, Costa, & Moreira, 2018)។ ក្នុងចំណោមកម្មវិធីទាំងនេះ NVivo ទទួលបានការពេញនិយមបំផុតក្នុងការប្រើជាឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យសម្រាប់ការបោះពុម្ពផ្សាយក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិ ជាពិសេស ក្នុងវិស័យវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ មេរៀននេះនឹងបង្ហាញពីរបៀបប្រើកម្មវិធីកុំព្យូទ័រជំនួយក្នុងការវិភាគទិន្នន័យដូចខាងក្រោមនេះ៖

- **ការទាញយកអត្ថបទ** (text retrieval) គឺការស្វែងរកអត្ថបទនានា ដែលបង្កប់សេចក្តីពិតតែពុំទាន់មានភស្តុតាងបញ្ជាក់ (exploring hunches) ហើយដែលមានអត្ថន័យដូច ឬស្រដៀងគ្នា ហើយបន្ទាប់មក បង្កើតកូដសម្គាល់អត្ថបទទាំងនោះ (applying codes after retrieving text)។
- **ប្រេកង់ពាក្យ** (word frequencies) គឺការស្វែងរកក្នុងអត្ថបទទាំងមូលនូវពាក្យគន្លឹះសំខាន់ៗទាំងឡាយដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវបានកំណត់ ហើយពាក្យទាំងនោះនឹងត្រូវបានប្រមូលផ្តុំដោយដាក់តាមចំនួនដងនៃការប្រើប្រាស់ពាក្យនីមួយៗ ដែលគេហៅថា "ចំនួនប្រេកង់"។
- **សំណួរដោយឧទាហរណ៍** (query by example) គឺការស្វែងយល់ពីអង្គាមនៃពាក្យ (exploring hunches) ដែលមានអត្ថន័យដូច ឬស្រដៀងគ្នា និងអនុវត្តលេខកូដបន្ទាប់ពីទាញយកពីអត្ថបទ (applying codes after retrieving text)។

- **ប្រេកង់កូដ (code frequency)** គឺការរៀបចំសៀវភៅកូដដោយកំណត់ចំណាត់ថ្នាក់នៃកូដនីមួយៗទៅតាមពាក្យគន្លឹះ (keywords) នៅក្នុងអត្ថបទនិងទិន្នន័យទាំងមូលទៅតាមប្រភេទផ្សេងគ្នា។
- **ការទាញយកលេខកូដ (code retrieval)** គឺការរៀបចំសៀវភៅកូដដោយកំណត់ចំណាត់ថ្នាក់នៃកូដនីមួយទៅតាមពាក្យគន្លឹះ (keywords) រួចហើយអ្នកស្រាវជ្រាវពិនិត្យឡើងវិញ និងអាចលុបចេញពីអត្ថបទនូវកូដមួយចំនួនដែលមានអត្ថន័យទូលំទូលាយពេក។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ប្រសិនបើលេខកូដខុសគ្នា គេអាចធ្វើការប្រៀបធៀបកូដដើម្បីវាយតំលៃ រួចកំណត់លំដាប់កូដណាដែលស្ថិតក្នុងលំដាប់ខ្ពស់ជាងគេ។

៦. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

គោលបំណងនៃការស៊ើបអង្កេតរុករក ឬការស្រាវជ្រាវបែបគុណវិស័យគឺដើម្បីស្វែងរកការយល់ដឹងកាន់តែច្បាស់អំពីរបៀបដែលបញ្ហារបស់មនុស្សម្នាក់ៗត្រូវបានបង្កើតឡើង ដើម្បីយល់ដឹងអំពីអ្វីដែលជាទិន្នន័យសមស្រប សម្រាប់អភិវឌ្ឍនូវគំនិត ទស្សនៈ និងចំណេះដឹងថ្មីៗ ក្រោយពីទទួលបាននូវលទ្ធផលពីការស្រាវជ្រាវ (Corbin & Strauss, 2008)។

មេរៀនទី៦ មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ និងការរៀបចំកម្រងសំណួរ

មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ និងការរៀបចំកម្រងសំណួរ (Measurement Scales and Questionnaire Design)គឺជាការរៀបចំវិធីសាស្រ្តស្រាវជ្រាវ ខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់ធ្វើការវាស់វែងកម្រងសំណួរមានសារសំខាន់និងចាំបាច់បំផុត។ ខ្នាតរង្វាស់គឺជាឧបករណ៍មួយដែលអាចឈានទៅដល់ការប្រមូលទិន្នន័យ និងការកំណត់ខ្នាតសម្រាប់ធ្វើការវិភាគទិន្នន័យ។ កម្រងសំណួរត្រូវមានភាពស៊ីសង្វាក់គ្នាជាមួយខ្នាតរង្វាស់ទើបការវាស់វែងកម្រងសំណួរនីមួយៗមានប្រសិទ្ធភាព និងទទួលបាននូវភាពជឿជាក់កម្រិតខ្ពស់។ មេរៀននេះបង្ហាញពីរបៀបនៃការបង្កើតខ្នាតរង្វាស់ និងការបង្កើតកម្រងសំណួរសម្រាប់ការសិក្សាតាមបែបបរិមាណវិស័យជាជាងគុណវិស័យ។

១. សេចក្តីផ្តើម

មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ (Measurement scale) គឺជាឧបករណ៍ម្យ៉ាងដែលអ្នកស្រាវជ្រាវតែងប្រើសម្រាប់វាស់ស្ទង់លក្ខណៈសម្បត្តិដែលអាចផ្ទៀងផ្ទាត់បានដូចជាអាយុ ប្រាក់ចំណូល ចំនួនដបដែលបានទិញ ចូលមើលទំនិញ ឬទិញក្នុងហាងចុងក្រោយជាដើម (Burns & Veeck, 2020)។ ដំណើរការវាស់ស្ទង់នេះត្រូវមានការចុះលេខតាមលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធ និងមានគោលបំណងច្បាស់លាស់ ដែលអាចទុកចិត្តបាន (Babin & Zikmund, 2016)។ ក្នុងមាត្រដ្ឋានរង្វាស់ គេប្រើលេខដែលតំណាងឱ្យពិន្ទុសម្រាប់វាយតម្លៃឥរិយាបទបុគ្គលឬអតិថិជនជាដើម។ មាត្រដ្ឋានរង្វាស់បង្ហាញពីនីតិវិធីក្នុងការយកលេខ ឬនិមិត្តសញ្ញាផ្សេងៗមកប្រើជាការតំណាង និងកំណត់លក្ខណៈលេខមួយចំនួនលើកម្រងសំណួរសម្រាប់ធ្វើការវាស់វែង (Cooper & Schneider, 2014)។ មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ត្រូវបានចែកជាបួនប្រភេទទូទៅដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. មាត្រដ្ឋានវាយតម្លៃ (rating scale)៖ ត្រូវបានប្រើសម្រាប់ឱ្យអ្នកចូលរួមបំពេញកម្រងសំណួរ ស្រាវជ្រាវដាក់ពិន្ទុវត្ថុ ឬសូចនាករដោយមិនធ្វើការប្រៀបធៀបដោយផ្ទាល់ទៅនឹងវត្ថុ ឬឥរិយាបទផ្សេងទៀត។ ឧទាហរណ៍៖ ពួកគេអាចត្រូវបានស្នើសុំឱ្យវាយតម្លៃលើសេរីរថយន្តចេញថ្មីដោយដាក់ពិន្ទុលើមាត្រដ្ឋានរង្វាស់ 5 ឬ7 ជាដើម។

ខ. មាត្រដ្ឋានចំណាត់ថ្នាក់ (ranking scale)៖ អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាអាចធ្វើការប្រៀបធៀបនិងកំណត់លំដាប់លំដោយក្នុងចំណោមលក្ខណៈសម្បត្តិពីរ ឬច្រើនដោយផ្អែកលើសូចនាករសម្រាប់វាស់វែង។ ឧទាហរណ៍៖ អ្នកចូលរួមអាចត្រូវបានស្នើឱ្យជ្រើសរើសឡានមួយក្នុងចំណោមឡានដែលមានភាពទាក់ទាញជាងគេ។

គ. មាត្រដ្ឋានបែងចែកប្រភេទ (categorization scale)៖ តម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមបែងចែងសូចនាករជាក្រុម ឬប្រភេទ ដោយខ្លួនឯង។ ឧទាហរណ៍៖ ការស្នើសុំឱ្យអ្នកចូលរួមបង្ហាញរថយន្ត ដើម្បីកំណត់ប្រភេទ ពូជសាសន៍ ឬជនជាតិដើមរបស់ពួកគេ ឬដើម្បីបង្ហាញថា តើគំរូដើមណាមួយអាចធ្វើឱ្យអ្នកបើកបរក្មេងៗចូលចិត្ត។ និង

ឃ. មាត្រាដ្ឋានតម្រៀប (sorting scale)៖ តម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមតម្រៀបកាត ឬសន្លឹកបៀដែលតំណាងឱ្យគំនិត ទៅជាគំនរ ដោយប្រើលក្ខណៈវិនិច្ឆ័យដែលបានបង្កើតឡើងដោយអ្នកស្រាវជ្រាវ។ កាតអាចមានរូបថត ឬរូបភាព ឬសេចក្តីថ្លែងការណ៍ផ្ទាល់មាត់អំពីលក្ខណៈពិសេសនៃផលិតផលអ្វីមួយ ដូចជាការពិពណ៌នាអំពីលក្ខណៈផ្សេងៗនៃរថយន្តម៉ាកអ្វីមួយ។

២. ប្រភេទនៃមាត្រដ្ឋានរង្វាស់

អញ្ញត្តិ ឬអថេរអាចត្រូវបានកំណត់បន្ថែមទៀតដោយត្រូវមានកម្រិតនៃរង្វាស់សម្រាប់រៀបចំទិន្នន័យទៅតាមចំណាត់ថ្នាក់របស់វា ដើម្បីមានភាពងាយស្រួលនិងមានប្រសិទ្ធភាពក្នុងការវិភាគ។ អ្នកស្ថិតិប្រើពាក្យ "Nominal scale (មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍)" និង "Ordinal scale (មាត្រដ្ឋានលំដាប់)" ដើម្បីពណ៌នាតម្លៃអថេរដែលជាបណ្តុំពាក្យ (Categorical variables) ហើយប្រើពាក្យ "Interval scale (មាត្រដ្ឋានចន្លោះ)" និងពាក្យ "Ratio scale (មាត្រដ្ឋានផលធៀប)" សម្រាប់ពណ៌នាតម្លៃអថេរដែលជាលេខ (Babin & Zikmund, 2016; Burns & Veeck, 2020; D. R. Cooper & Schindler, 2014)។

២.១. មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal scale)

ដើម្បីភាពងាយស្រួលក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវកំណត់មាត្រដ្ឋានរង្វាស់សម្រាប់កម្រងសំណួរនីមួយៗឱ្យបានច្បាស់លាស់ជាមុនសិន។ គេប្រើមាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ដើម្បីបែងចែកទិន្នន័យឱ្យនៅដាច់ពីគ្នា (មិនដាក់ចូលគ្នាទេ) ប្រភេទដែលគ្មានលំដាប់ ឬគ្មានចំណាត់ថ្នាក់ (Bluman, 2018)។ មាត្រដ្ឋានរង្វាស់នេះតំណាងឱ្យកម្រិតនៃរង្វាស់ដែលបានកំណត់អត្តសញ្ញាណ ឬចំណាត់ថ្នាក់តែប៉ុណ្ណោះ (Babin & Zikmund, 2016)។ ក្នុងមាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ គេកំណត់ឈ្មោះជាចំណាត់ថ្នាក់ ដូចជាសាសនា ប្រភេទលំនៅដ្ឋាន ភេទ ម៉ាកបានទិញចុងក្រោយ និងអ្នកទិញ / អ្នកមិនទិញជាដើម។ មាត្រាដ្ឋានរង្វាស់ប្រភេទនេះប្រើសម្រាប់តែវិភាគទិន្នន័យបែបពិពណ៌នាប៉ុណ្ណោះ។ តារាងទី៦.១ បង្ហាញឧទាហរណ៍ស្តីពីមាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal Scale)។

តារាង៦.១. មាត្រដ្ឋាននាមករណ៍ (Nominal scale)

អថេរជាចំណាត់ថ្នាក់ (Categorical Variables)	ចំណាត់ថ្នាក់ (Categories)
តើអ្នកមាន Facebook ឬទេ ? Do you have a Facebook profile ?	☐ បាទ/ចាស ☐ ទេ ☐ Yes ☐ No
ប្រភេទនៃក្រេឌីតកាត Types of credit card	☐ វីសា ☐ ម៉ាស្ទ័រ ☐ ផ្សេងៗ ☐ Visa ☐ Master ☐ Others
ក្រុមហ៊ុនសេវាទូរសព្ទ Cellular provider	☐ Cellcard ☐ Smart ☐ Metfone ☐ Seatel

២.២. មាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal Scale)

មាត្រដ្ឋានលំដាប់គឺជាខ្នាតវង្វាស់លើកម្រងសំណួរនីមួយៗ ដែលបង្ហាញពីការរៀបចំចំណាត់ថ្នាក់តាមលំដាប់លំដោយដោយផ្អែកលើគោលគំនិតមួយចំនួនដែលពួកគេមាន (Zikmund, Babin, Carr, & Griffin, 2010)។ ក្នុងមាត្រដ្ឋានលំដាប់ ទិន្នន័យត្រូវបានកំណត់ជាប្រភេទចំណាត់ថ្នាក់ និងត្រូវបានតម្រៀបតាមលំដាប់ (Bluman, 2018)។ មាត្រដ្ឋានលំដាប់អនុញ្ញាតឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវធ្វើចំណាត់ថ្នាក់តាមលំដាប់នៃកម្រិតខ្ពស់ទាបឬធំតូចសម្រាប់ឱ្យអ្នកចូលរួមបំពេញកម្រងសំណួរ ធ្វើការជ្រើសរើសយកជាចម្លើយ។ តារាង៦.២ បង្ហាញឧទាហរណ៍ស្តីពីមាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal Scale)។

តារាង៦.២. មាត្រដ្ឋានលំដាប់ (Ordinal Scale)

អថេរជាចំណាត់ថ្នាក់ (Categorical Variables)	**ចំណាត់ថ្នាក់តាមលំដាប់ (Ordered Categories)**
ការរៀបចំថ្នាក់សម្រាប់សិស្ស Student class designation	☐ និស្សិតថ្មី(Freshman) ☐ សិស្សប្អូន(Junior) ☐ សិស្សច្បង(Senior)
ការពេញចិត្តផលិតផល Product satisfaction	☐ មិនពេញចិត្តខ្លាំង (Very unsatisfied) ☐ មិនពេញចិត្តមធ្យម(Fairly unsatisfied) ☐ ធម្មតា(Neutral) ☐ ពេញចិត្តមធ្យម (Fairly satisfied) ☐ ពេញចិត្តខ្លាំងណាស់(Very satisfied)
ការវាយតម្លៃចថ្នាក់ដឹកនាំសាកលវិទ្យាល័យ Faculty rank	☐ សាស្ត្រាចារ្យ (Professor) ☐ សាស្ត្រាចារ្យរង(Associate Professor) ☐ ជំនួយការសាស្ត្រាចារ្យ(Assistant Professor) ☐ គ្រូបង្រៀន(Instructor)
ទំហំភីហ្សា Pizza size	☐ តូច (Small) ☐ មធ្យម (Medium) ☐ ធំ (Large)
ទំហំសម្លៀកបំពាក់ Cloths size	☐ S ☐ M ☐ L ☐ LL ☐ XL ☐XXL
ចង្អុលបង្ហាញកម្រិតនៃការអប់រំរបស់អ្នក Indicate your level of education	☐ វិទ្យាល័យ (High school) ☐ មហាវិទ្យាល័យ (College) ☐ បរិញ្ញាបត្រ (Graduate degree)

ប្រភព៖ Berenson et al. (2015) និង Zikmund et al. (2010)

២.៣. មាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale)

មាត្រដ្ឋានចន្លោះមានចំណាត់ថ្នាក់ទិន្នន័យនិងភាពខុសគ្នាច្បាស់លាស់រវាងឯកតារង្វាស់ដែលមាន (Bluman, 2018)។ តារាងទី៦.៣ បង្ហាញឧទាហរណ៍ស្តីពីមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale)។

តារាង៦.៣. មាត្រដ្ឋានជាចន្លោះ (Interval Scale)

ចូរអ្នកវាយតម្លៃគំនិតយល់ឃើញក្នុងកម្រងសំណួរនេះឱ្យ ស្របតាមបទពិសោធន៍របស់អ្នក៖	មិនយល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly disagree)	មិនយល់ស្រប (Disagree)	មិនយល់ស្របខ្លះ (Somewhat disagree)	មិនយល់ព្រមហើយក៏មិនមិនទាស់ដែរ (Neither agree nor disagree)	យល់ស្រប(Somewhat agree)	យល់ស្រប (Agree)	យល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly agree)
1. ខ្ញុំតែងតែស្វែងរកការចរចា I always look for bargains.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2. ខ្ញុំចូលចិត្តចំអិន I love to cook.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3. សេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុនស្មាតអាចទទួលយកបាន Smart's service provider is acceptable.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ប្រភព៖ Burns and Veeck (2020)

២. ៤. មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio Scale)

មាត្រដ្ឋានផលធៀបត្រូវបានប្រើសម្រាប់អថេរជាលេខដែលអាចមានចាប់ពីលេខសូន្យឡើងទៅ។ លើសពីនេះទៀត គេប្រើមាត្រដ្ឋានផលធៀបដើម្បីវាស់អថេរដូចគ្នានៃជាតុពីរផ្សេងគ្នានៃចំនួន Population (Bluman, 2018)។ តារាង៦.៤ បង្ហាញឧទាហរណ៍ស្តីពីមាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio Scale)។

តារាង៦.៤. មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio Scale)

អថេរជាលេខ (Numerical Variable)	**កម្រិតនៃរង្វាស់ (Level of Measurement)**
ការទាញយកឯកសារគិតជាវិនាទី File download time (in seconds)	10 វិនាទី 30 វិនាទី 50 វិនាទី....
កំពស់មនុស្ស Human high	170cm ឬ 187 feet
បរិមាណលក់របស់អ្នកលក់ Salesperson sales volume	1 លាន 2 លាន 5លាន...
ពេលវេលាចំណាយលើការមើលគេហទំព័រ Time spent viewing a Web page	3ដង 10ដង 15ដង....

ប្រភព៖ Berenson et al. (2015) និង Zikmund et al. (2010)

៣. មាត្រដ្ឋានរង្វាស់ដែលត្រូវបានប្រើជាទូទៅក្នុងការស្រាវជ្រាវ

មាត្រដ្ឋានរង្វាស់សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវអាចមានកម្រិតចាប់ពី៖ 1 3 5 7 និង 9។ តាមការអង្កេតសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើទីផ្សារ និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមគឺពេញនិយមប្រើខ្នាតរង្វស់ 5 និង 7។ មេរៀននេះលើកនូវរង្វាស់មាត្រដ្ឋានដែលពេញនិយមថ្មីៗសម្រាប់ការសិក្សាលើវិស័យវិយាបទទីផ្សារ និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។

៣.១. មាត្រដ្ឋាន ឡៃឃើត (Likert Scale)

ក្នុងមាត្រដ្ឋានឡៃឃើត (Likert Scale) អ្នកឆ្លើយតបត្រូវចង្អុលបង្ហាញកម្រិតនៃការយល់ស្រប ឬមិនយល់ស្របចំពោះគំនិតនីមួយៗ។ ខ្នាតរង្វាស់ប្រភេទនេះគឺត្រូវបានកំណត់ដោយពាក្យ "យល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly Agree)" និង "មិនយល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly Disagree)" ហើយអ្នកស្រាវជ្រាវអាចកំណត់លេខរហូតដល់ 7 កម្រិត គឺ៖ (1)- មិនយល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly Disagree) (2)- មិនយល់ស្រប (Disagree) (3)- មិនយល់ស្របខ្លះ (Somewhat disagree) (4)- មិនយល់ស្របហើយក៏មិនជំទាស់ដែរ (Neither agree nor disagree) 5- យល់ស្រប (Agree) (6)- យល់ស្របខ្លះ (Somewhat agree) និង (7)- យល់ស្របទាំងស្រុង (Strongly agree)។ សរុបមក ទម្រង់មាត្រដ្ឋានឡៃឃើត (Likert Scale) សម្រាប់វាស់កម្រិតនៃការយល់ស្របទាំងស្រុង(strongly agree) ឬការមិនយល់ស្របទាំងស្រុង (strongly disagree) (Burns & Veeck, 2020)។

អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំមតិយោបល់ឬការយល់ឃើញរបស់ខ្លួនដាក់ចូលក្នុងកម្រងសំណួរជាប្រយោគស្រប ដើម្បីឱ្យអ្នកចូលរួមបំពេញកម្រងសំណួរអាចជ្រើសរើសចម្លើយ ឬវាយតម្លៃដោយបញ្ចេញមតិស្រប ឬ មិនស្របរបស់ពួកគេ។ សូមមើលតារាង៦.៣.ខាងលើ។

៣.២. មាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក (Semantic Differential Scale)

មាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក (Semantic Differential Scale) គឺជាមាត្រដ្ឋានមួយប្រភេទសម្រាប់វាស់ឬប្រៀបធៀបភាពខុសគ្នារវាងអ្វីដែលត្រូវវាស់ដូចជា ម៉ាកក្រុមហ៊ុនឬ កេរ្តិ៍ឈ្មោះរបស់ក្រុមហ៊ុនជាដើម។ តារាង ៦.៥ ខាងក្រោមនេះនឹងបង្ហាញពីរបៀបរៀបចំមាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក។ ជាមួយនឹងមាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក អ្នកស្រាវជ្រាវអាចរៀបចំផែនការវាយតម្លៃជាមធ្យមទៅលើសំណុំនៃការពិពណ៌នា។ ត្រង់ចំណុចនេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំកម្រងសំណួរដែលបានកំណត់ជាលក្ខណៈប្រៀបធៀប (Burns & Veeck, 2020)។

តារាង៦.៥. មាត្រដ្ឋានឌីផេរ៉ង់ស្យែលសីម៉ង់ទិក (Semantic Differential Scale)

ភាពងាយស្រួលពីទីតាំងរបស់អ្នករស់នៅទៅដល់ហាងលក់ទំនិញ (Convenience of Reaching the Store from Your Location)		
នៅជិត Nearby	___: ___: ___: ___: ___: ___:	នៅឆ្ងាយ Distant
រយៈពេលខ្លីដែលត្រូវការដើម្បីទៅដល់ហាង Short time required to reach store	___: ___: ___: ___: ___: ___:	រយៈពេលវែងដែលត្រូវការដើម្បីទៅដល់ហាង Long time required to reach store
ពិបាកបើកបរ Difficult drive	___: ___: ___: ___: ___: ___:	ងាយស្រួលបើកបរ Easy drive
ពិបាករកកន្លែងចត Difficult to find parking place	___: ___: ___: ___: ___: ___:	ងាយស្រួលរកកន្លែងចត Easy to find parking place
ងាយស្រួលដល់ហាងផ្សេងទៀតដែលខ្ញុំទិញ Convenient to other stores I shop	___: ___: ___: ___: ___: ___:	មិនងាយស្រួលដល់ហាងផ្សេងទៀតដែលខ្ញុំទិញ Inconvenient to other stores I shop

ប្រភព៖ D. R. Cooper and Schindler (2014) និង Burns and Veeck (2020)

៣.៣. មាត្រដ្ឋាន Staple (Staple Scale)

មាត្រដ្ឋាន Stapel មានលេខត្រូវគ្នាចាប់ពីអវិជ្ជមាន (-) ដល់វិជ្ជមាន (+) ដោយមានឬគ្មានលេខសូន្យជាចំនុចកណ្តាល។ មាត្រដ្ឋាន Stapel ងាយស្រួលដល់អ្នកឆ្លើយកម្រងសំណួរ។ តារាង៦-៦ ខាងក្រោមនេះបង្ហាញពីរបៀបនៃការរៀបចំខ្នាតរង្វាស់នៃមាត្រដ្ឋាន Staple។

តារាង៦.៦. មាត្រដ្ឋាន Staple (Staple Scale)

ផលិតផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Appleគឺ		
+5	+5	+5
+4	+4	+4
+3	+3	+3
+2	+2	+2
+1	+1	+1
បច្ចេកវិទ្យានាំមុខគេ	ផលិតផលគួរឱ្យរំភើប	កេរ្តិ៍ឈ្មោះលំដាប់ពិភពលោក
Technology leader	Exciting product	World-class reputation
-1	-1	-1
-2	-2	-2
-3	-3	-3
-4	-4	-4
-5	-5	-5

ប្រភព៖ D. R. Cooper and Schindler (2014)

៣.៤. មាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃ (Multiple Rating scale)

មាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃបង្កើតឡើងសម្រាប់កម្រងសំណួរដែលមានសំណួរច្រើននិងមាន 7 កម្រិត។ តារាង៦-៧ បង្ហាញពីរបៀបនៃការរៀបចំខ្នាតរង្វាស់នៃមាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃដែលត្រូវបានប្រើសម្រាប់ស្ទាបស្ទង់មតិលើក្រុមហ៊ុនជួសជុលយានយន្តមួយកន្លែងដើម្បីឱ្យដឹងថា តើអថេរណាមួយមានសារៈសំខាន់ជាងគេក្នុងការផ្តល់សេវាជូនអតិថិជនឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព។

តារាង៦.៧. មាត្រដ្ឋានពហុវាយតម្លៃ (Multiple Rating scale)

សូមបញ្ជាក់ពីកម្រិតសារសំខាន់នៃផ្នែកនីមួយៗក្នុងសេវាកម្ម Please indicate how important or unimportant each service characteristic is							
សំខាន់ (Important)					**មិនសំខាន់ (Unimportant)**		
ការជួសជុលលឿនគួរឱ្យទុកចិត្ត Fast, reliable repair	7	6	5	4	3	2	1

សេវាកម្មនៅទីតាំងខ្ញុំ Service at my location	7	6	5	4	3	2	1
ថែទាំដោយក្រុមហ៊ុនផលិត Maintenance by manufacturer	7	6	5	4	3	2	1
អ្នកបច្ចេកទេសមានចំណេះដឹង Knowledgeable technicians	7	6	5	4	3	2	1
សេចក្តីជូនដំណឹងអំពីការធ្វើបច្ចុប្បន្នភាព Notification of upgrades	7	6	5	4	3	2	1
កិច្ចសន្យាសេវាកម្មបន្ទាប់ពីការធានា Service contract after warranty	7	6	5	4	3	2	1

ប្រភព៖ D. R. Cooper and Schindler (2014)

៤. នីតិវិធីនៃការរៀបចំកម្រងសំណួរ (Questionnaire Design Procedure)

កម្រងសំណួរបង្ហាញពីសំណួរស្ទង់មតិទៅអ្នកឆ្លើយសំណួរ។ ការរៀបចំកម្រងសំណួរគឺជាដំណើរការដែលមានលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធដែលអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពិចារណាលើទម្រង់សំណួរផ្សេងៗដោយផ្តោតលើកត្តាមួយចំនួនដែលជាលក្ខណៈនៃការស្ទង់មតិ និយាយពាក្យផ្សេងៗគ្នាដោយប្រុងប្រយ័ត្ន រៀបចំប្លង់កម្រងសំណួរ ហើយចាប់ផ្តើមការស្ទង់មតិ ដែលនឹងត្រូវប្រព្រឹត្តទៅតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោមនេះ (Babin & Zikmund, 2016)។

ក. ជំហានទី1៖ ការកំណត់នូវអ្វីដែលត្រូវវាស់និងវិធីវាស់វែង

អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវកំណត់លក្ខណៈសម្បត្តិនៃកម្រងសំណួរដែលត្រូវបង្កើត។ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចដកស្រង់យកកម្រងសំណួរពីអ្នកនិពន្ធផ្សេងៗ រួចហើយកំណត់ប្រភេទនៃរង្វាស់នីមួយៗ។

ខ. ជំហានទី2៖ ការសម្រេចចិត្តក្នុងការប្រើពាក្យ

អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវសម្រេចចិត្តក្នុងការប្រើពាក្យ ឬកែសម្រួលពាក្យ (Decide on wording) ក្នុងការសរសេរសំណួរនីមួយៗ។ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវប្រើពាក្យ និងកែសម្រួលពាក្យឱ្យស៊ីគ្នាទៅនឹងសភាពជាក់ស្តែងនៃប្រធានបទស្រាវជ្រាវ ហើយឱ្យងាយ អាននិងងាយយល់សម្រាប់អ្នកចូលរួមបំពេញកម្រងសំណួរផង ដោយមិនត្រូវយកពាក្យរបស់អ្នកនិពន្ធមុនៗទាំងស្រុងនោះទេ។

គ. ជំហានទី3៖ រៀបរៀងកម្រងសំណួរ (Organize questionnaire)

អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវសរសេរការណែនាំ គួរដាក់លេខរៀងឱ្យហើយមុននឹងដាក់សំណួរតាមលំដាប់លំដោយ។ សំណួរនីមួយៗត្រូវតែងាយយល់និងងាយឆ្លើយ ហើយសំណួរដែលពិបាកចាំបាច់ត្រូវដាក់ក្រោយគេ។ វិធីនេះអាចជួយកាត់បន្ថយភាពលំអៀងក្នុងការផ្តល់ចំលើយពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរ។

ឃ. ជំហានទី4៖ ការបញ្ចប់និងការដាក់ឱ្យដំណើរការ (Finalize and launch)

អ្នករៀបចំកម្រងសំណួរត្រូវដាក់កូដសំគាល់កម្រងសំណួរ និងត្រូវទទួលបាននូវការយល់ព្រមពី អ្នកឆ្លើយកម្រងសំណួរជាមុនសិនទើបអាចដំណើរការស្ទាបស្ទង់មតិបាន។

ង. ជំហានទី5៖ ការបកប្រែកម្រងសំណួរត្រឡប់ចុះត្រឡប់ឡើង (Double-back translation techniques)៖

អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវមានបច្ចេកទេសនៃការបកប្រែកម្រងសំណួរ។ ប្រសិនបើសំណួរដើមដែលបាននិពន្ធជាភាសាបរទេស (ឧទាហរណ៍ដូចជាភាសាអង់គ្លេស) អ្នកត្រូវធ្វើការបកប្រែត្រឡប់ចុះត្រឡប់ឡើង ដោយបកប្រែពីភាសាអង់គ្លេស ដែលជាភាសាដើម ទៅភាសាខ្មែរដែលជាភាសាជាតិ រួចបកប្រែត្រឡប់ពីភាសាខ្មែរមកជាភាសាអង់គ្លេសវិញ រួចហើយត្រូវធ្វើការប្រៀបធៀបអត្ថន័យនៃភាសាអង់គ្លេសដើមជាមួយអត្ថន័យនៃភាសាអង់គ្លេសដែលបានបកប្រែពីភាសាខ្មែរ ដើម្បីពិនិត្យរកកម្រិតលំអៀងរវាងអត្ថន័យដើមនិងអត្ថន័យដែលបានពីការបកប្រែ។ បើមានភាពខុសគ្នាខ្លាំងពេក យើងត្រូវធ្វើការកែសម្រួលភាសាខ្មែរបន្ថែមទៀត។ ដូច្នេះ ការបកប្រែត្រូវមានការប្រុងប្រយ័ត្នខ្ពស់មានភាពច្បាស់លាស់ ហើយក៏ត្រូវមានកម្រិតជឿជាក់ខ្ពស់ផងដែរ បើមិនដូច្នោះទេ អ្នកនឹងទទួលបាននូវកម្រិតលំអៀងខ្ពស់ពីអ្នកចូលឆ្លើយកម្រងសំណួរ។ ចំពោះកម្រងសំណួរដែលបានរៀបចំរួចហើយ អ្នកស្រាវជ្រាវគួរតែអញ្ជើញអ្នកជំនាញមកជួយត្រួតពិនិត្យ និងធ្វើតេស្តសាកល្បងជាមុនសិន មុននឹងយកទៅប្រើក្នុងការស្ទាបស្ទង់មតិជាផ្លូវការ (Brislin, 1980)។

៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការកំណត់មាត្រដ្ឋាន និងការរៀបចំកម្រងសំណួរគឺជាដំណាក់កាលដ៏សំខាន់មួយក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យដើម្បីឈានទៅរកការវិភាគទិន្នន័យ។ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវមានការយកចិត្តទុកដាក់យ៉ាងហ្មត់ចត់ជាទីបំផុតក្នុងការរៀបចំកម្រងសំណួរឱ្យបានច្បាស់លាស់ ងាយអាន ងាយយល់ ហើយឱ្យស៊ីគ្នាទៅនឹងបទពិសោធន៍និងកម្រិតចំណេះដឹងរបស់អ្នកចូលរួមផងគឺកាន់តែប្រសើរ។ ការកំណត់មាត្រដ្ឋាន ក្នុងកម្រងសំណួរគឺអាស្រ័យលើគោលបំណងរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវ និងគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវផងដែរ។ សរុបមកមាត្រដ្ឋានដែលមាន៥ ៧ និង៩កម្រិតគឺត្រូវបានគេយកមកវាស់វែងកម្រងសំណួរច្រើនជាងគេ និងជាការពេញនិយមនឹងខ្នាតរង្វាស់ Likert Scale នេះផងដែរ។ ដូច្នេះមេរៀននេះគឺសង្កត់ធ្ងន់ទៅលើរបៀបនៃការរៀបចំខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់ធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិឱ្យបានត្រូវដើម្បីកាត់បន្ថយនូវកម្រិតលំអៀងនៃចម្លើយដែលបានមកពីអ្នកចូលរួមសិក្សា។

មេរៀនទី៧ ការជ្រើសរើស និងការកំណត់ទំហំសំណាក

ការជ្រើសរើសនិងការកំណត់ទំហំសំណាក (Sampling Design and Sample Sizes) គឺជាផ្នែកដ៏សំខាន់មួយក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវសម្រាប់ការប្រមូលទិន្នន័យ ដើម្បីឈានទៅរកការវិភាគទិន្នន័យ។ បញ្ហាប្រឈមសម្រាប់អ្នកស្រាវជ្រាវគឺការជ្រើសរើសនូវសំណាក និងការកំណត់ទំហំសំណាកមិនបានត្រឹមត្រូវទៅតាមនីតិវិធីនៃវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ និងគុណវិស័យ អ្នកព្យាយាមជ្រើសរើសគំរូតាមរបៀបមួយដែលមិនលំអៀងខ្លាំងនិងតំណាងសាកលស្ថិតិ (Population) ពីកន្លែងដែលវាត្រូវបានជ្រើសរើស។ មេរៀននេះបង្ហាញលម្អិតពីវិធីសាស្ត្រនៃការជ្រើសរើសសំណាក និងការកំណត់ទំហំសំណាកសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវបែបគុណភាព និងបរិមាណផងដែរ។

១. សេចក្តីផ្តើម

អ្នកនិពន្ធល្បីៗលើសកលលោកបានសង្កត់ធ្ងន់អំពីប្រភេទនៃស្ថិតិ និងវិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវនូវពាក្យបច្ចេកទេស និងគន្លឹះសំខាន់ៗពីខាងក្រោម៖

១. ដូចម្តេចដែលហៅថាសាកលស្ថិតិ (Population)?

២. ដូចម្តេចដែលហៅថា សំណាក (ឬប៉ាន់គំរូ)?

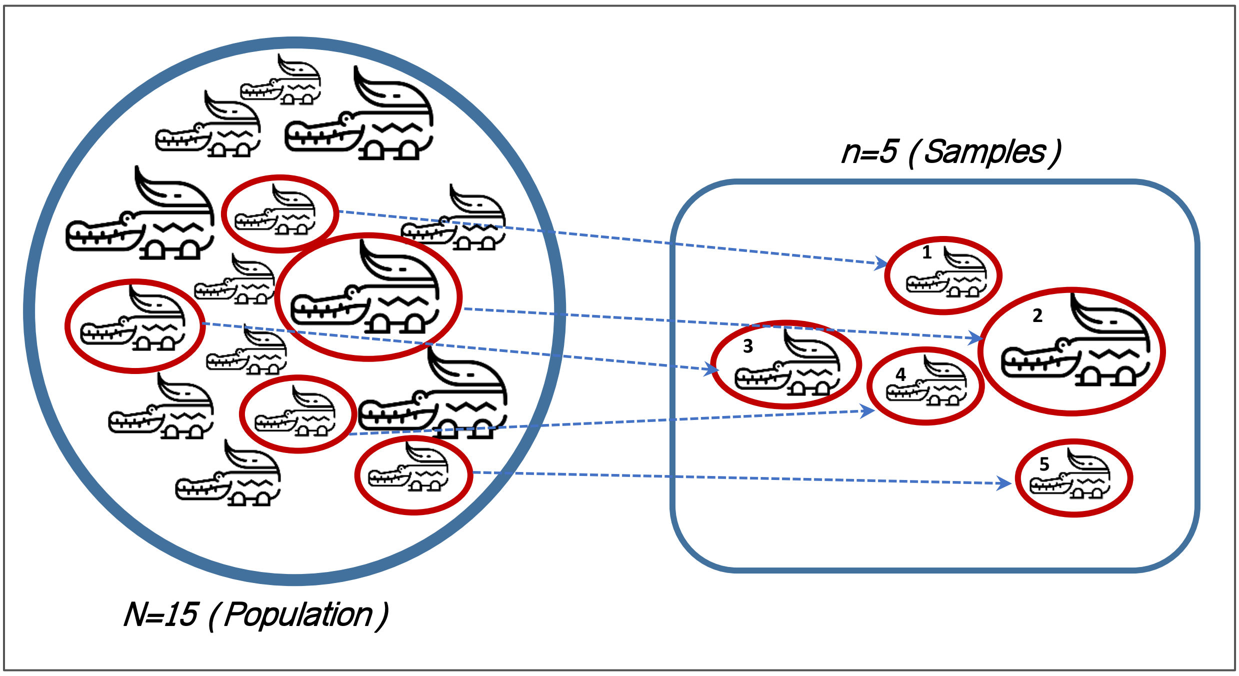
២. តើអ្វីទៅជាសាកលស្ថិតិ (Population)?

សាកលស្ថិតិ (Population) គឺជាធាតុទាំងឡាយណារួមមាន មនុស្ស សត្វ រុក្ខជាតិ និងវត្ថុជាដើម ដែលអាចត្រូវបានយកមកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ (B. L. Bowerman et al., 2019)។

៣. តើអ្វីទៅជាសំណាក?

សំណាកគឺជាក្រុមតូចមួយ ឬធាតុមួយដែលត្រូវបានជ្រើសរើសចេញពីក្រុមធំណាមួយ (Population) ដើម្បីជាតំណាងឱ្យក្រុមនោះ សម្រាប់យកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ (Bluman, 2018)។

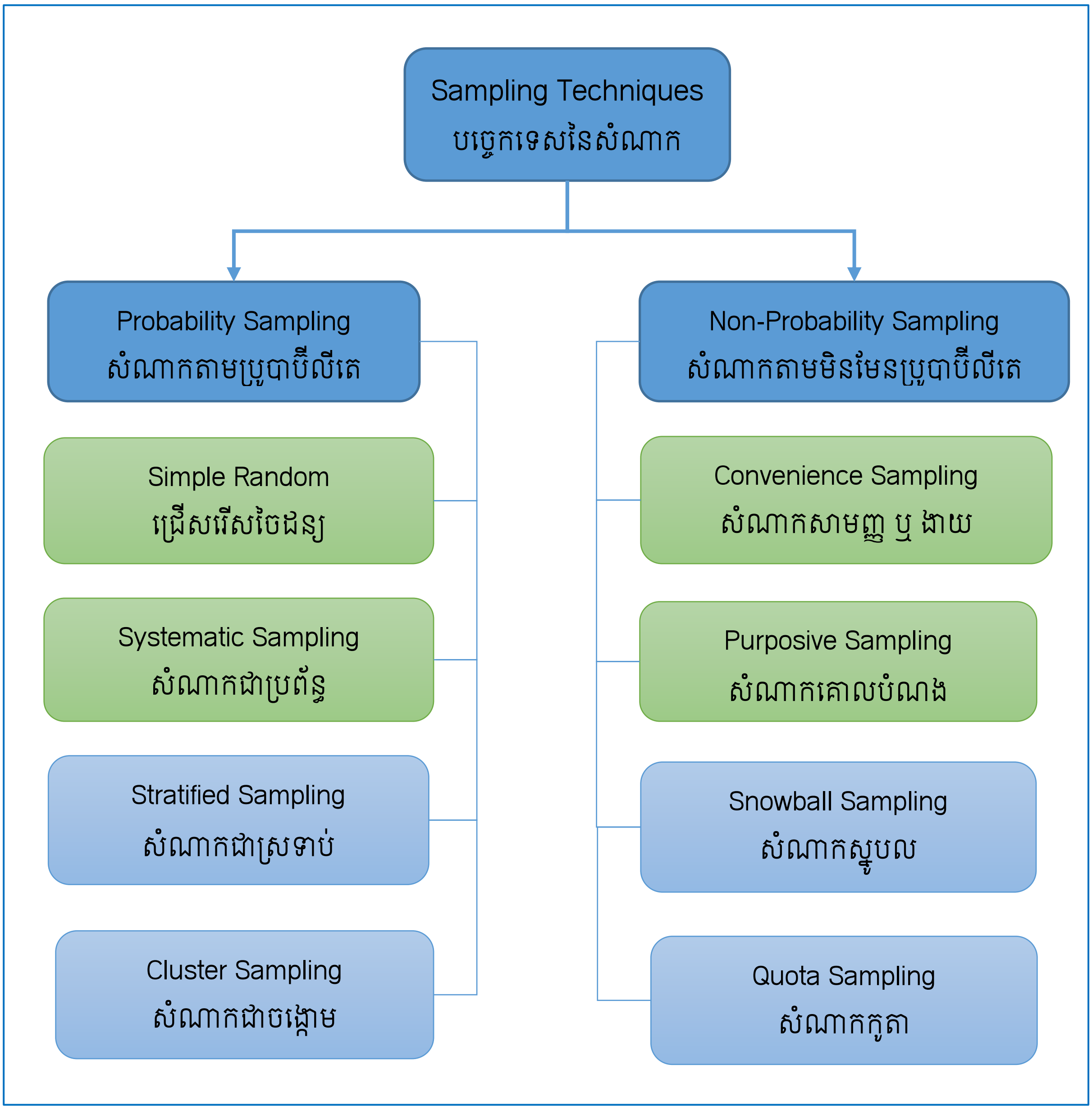
ដ្យាក្រាម៧.១-ខាងក្រោមនេះអាចជួយអ្នកសិក្សាក្នុងការស្វែងយល់ពីភាពខុសគ្នារវាង Population និងសំណាក។ ឧបមាថា កសិករម្នាក់មានកសិដ្ឋានចិញ្ចឹមក្រពើសម្រាប់យកពូជន៍មួយកន្លែងដែលមានចំនួនក្រពើសរុបចំនួន 15ក្បាល ហើយចំនួនក្រពើ15ក្បាលនេះជាការតំណាងឱ្យ Population ដែលត្រូវបានតំណាងនូវអក្សរកាត់សម្រាប់ភាសាស្ថិតិគឺ (N = population; N=15) ហើយកសិករនោះមានបំណងចាប់ក្រពើចំនួន 5 ក្បាលដោយចៃដន្យ ដើម្បីព្យាករអំពីប្រាក់ចំណូលរបស់គាត់ថា តើក្រពើ 15 ក្បាលនឹងផ្តល់ផលសរុបចំនួនប៉ុន្មាន។ ដូច្នេះ ក្រពើ 5 ក្បាលនោះត្រូវបានកំណត់ជាទំហំសំណាក (Sample size) ដែលត្រូវបានតាងដោយ (n = 5)។



ដ្យាក្រាម៧.១. សាកលស្ថិតិ និងសំណាក

៤. វិធីសាស្ត្រជ្រើសរើសសំណាក

ការជ្រើសរើសសំណាកគឺត្រូវបានចែកចេញជាពីររបៀប៖ (1) ការជ្រើសសំណាកតាមរបៀបប្រូបាប៊ីលីតេ (Probability sampling) និង (2) ការជ្រើសសំណាកមិនតាមរបៀបប្រូបាប៊ីលីតេ (Non-probability sampling)។ ដ្យាក្រាម៧.២ បង្ហាញពីចំណាត់ថ្នាក់នៃរបៀបជ្រើសរើសសំណាក។



ប្រភព៖ D. R. Cooper and Schindler (2014)

ដ្យាក្រាម៧.២. វិធីសាស្ត្រនៃការជ្រើសរើសសំណាក

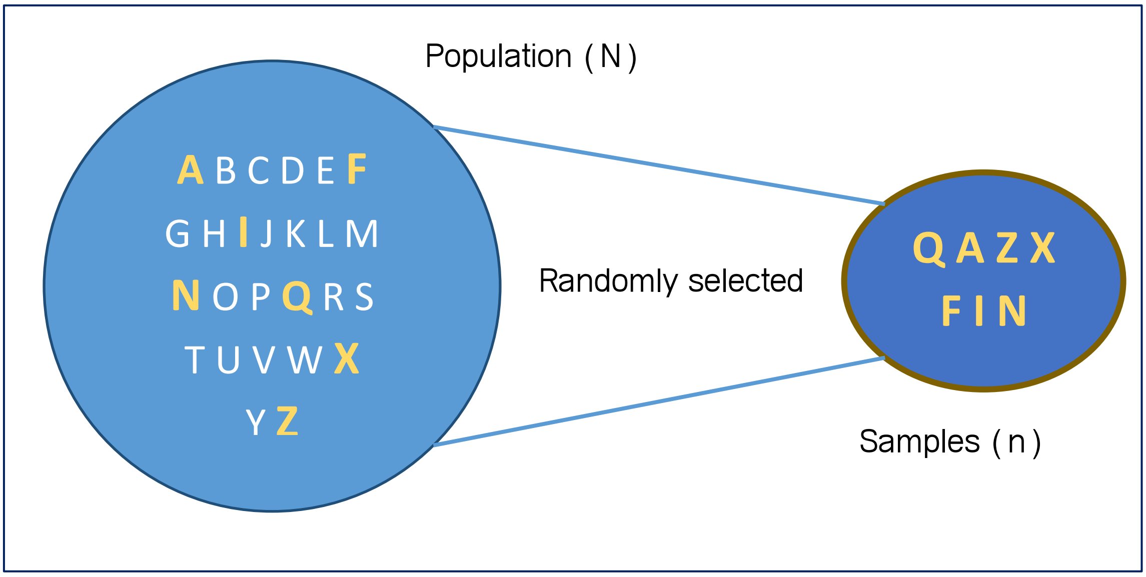
៤. ១. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេ (Probability Sampling Methods)

ការជ្រើសសំណាកតាមរបៀបប្រូបាប៊ីលីតេបានន័យថា រាល់ធាតុនីមួយៗរបស់សំណាកគឺត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យចេញពី Population។ ដូចម្តេចដែលហៅថាចៃដន្យ? ចៃដន្យគឺជាព្រឹត្តិការណ៍ដែលកើតឡើងដោយគ្មានការព្រៀងទុក ហើយដែលអាចកើតឡើងតាមរយៈប្រូបាប៊ីលីតេ។ សរុបមកវិញ ប្រូបាប៊ីលីតេគឺជាព្រឹត្តិការណ៍ដែលអាចកើតឡើងដោយចៃដន្យ។

វិធីសាស្ត្រនៃការជ្រើសរើសសំណាកតាមរបៀបប្រូបាប៊ីលីតេមាន ៤យ៉ាងសំខាន់ៗដូចតទៅ៖

<u>វិធីសាស្ត្រទី ១.</u> សំណាកចៃដន្យសាមញ្ញ (Simple Random Sampling):

នៅក្នុងគំរូចៃដន្យសាមញ្ញ គ្រប់ធាតុទាំងអស់នៃក្រុមធំ (Population) មានឱកាសត្រូវបានជ្រើសរើសដូចគ្នានឹងធាតុផ្សេងទៀតនៃចំនួនសំណាកដែលមានមានឱកាសនៃការជ្រើសរើសដូចៗគ្នា។ ការជ្រើសរើសគំរូចៃដន្យសាមញ្ញគឺជាបច្ចេកទេសដំបូងគេបំផុតនៃការជ្រើសរើសសំណាកតាមបែបប្រូបាប៊ីលីតេ(Berenson et al., 2015)។ សំណាកចៃដន្យសាមញ្ញគឺជាសំណាកមួយដែលធាតុរបស់សំណាកនីមួយៗនៃ Population ទាំងអស់មានឱកាសស្មើគ្នានិងឯករាជ្យក្នុងការជ្រើសរើស (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012)។ ដើម្បីរៀបចំនូវកម្មវិធីជ្រើសរើសដោយចៃដន្យឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្រមួយនេះត្រូវចំណាយពេលវេលាច្រើនក្នុងការរៀបចំដូចជាបញ្ជីឈ្មោះ អាសយដ្ឋាន និងលេខទូរសព្ទអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ឧទាហរណ៍ រាល់អតិថិជនដែលបានចាក់សាំងចាប់ពីពាលីត្រឡើងទៅនឹងទទួលបានឆ្នោត១សន្លឹកសម្រាប់ផ្សងសំណាងយកម៉ូតូ Dream 100 ដែលមានចំនួន 5 គ្រឿងនៅបំណាច់ឆ្នាំ2021។ ក្រុមហ៊ុនលក់សាំង XL (ឧបមាថាឈ្មោះ XL) ត្រូវណែនាំអតិថិជនឱ្យសរសេរឈ្មោះ អាសយដ្ឋាន និងលេខទូរសព្ទសម្រាប់ធ្វើការទំនាក់ទំនងពេលក្រោយ ក្នុងករណីត្រូវរង្វាន់។ ចំណែកក្រុមហ៊ុនជាអ្នកទទួលកន្ទុយប័ណ្ណ ឬសន្លឹកមករក្សាទុកក្នុងធុងដែលមានសុវត្ថិភាពសម្រាប់ផ្សងសំណាង។ ដល់ថ្ងៃទី 31 ធ្នូ 2021 តំណាងក្រុមហ៊ុនត្រូវចាប់យកសន្លឹកឆ្នោត**05សន្លឹកដោយចៃដន្យ**ចេញពីធុងឆ្នោត (មិនអាចស្គាល់ចំនួនសន្លឹកឆ្នោតសរុប) ដើម្បីប្រកាសរកអ្នកឈ្នះរង្វាន់ម៉ូតូចំនួន 05 គ្រឿង។



ដ្យាក្រាម៧.៣. សំណាកចៃដន្យសាមញ្ញ

<u>វិធីសាស្ត្រទី ២.</u> សំណាកជាប្រព័ន្ធ (Systematic Sampling or Skip Interval):

តាមគំរូដែលមានលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធ ធាតុនីមួយៗនៃសំណាកក្នុងបញ្ជី Population ត្រូវបានជ្រើសរើសសម្រាប់ការដាក់បញ្ចូលក្នុងទំហំនៃចំនួនសំណាក (Fraenkel et al., 2012)។ ក្នុងករណីនេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវស្គាល់ចំនួនធាតុសរុប (N) របស់ក្រុមធំ (Population) ហើយត្រូវធ្វើការកំណត់ក្នុងការជ្រើសរើសទំហំសំណាក (Sample size = n) ដើម្បីយកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ តាមវិធីសាស្ត្រនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវអនុវត្តរូបមន្តដូចខាងក្រោមក្នុងការជ្រើសរើសសំណាក៖

រូបមន្ត៖ $K^{th} = \frac{N}{n}$

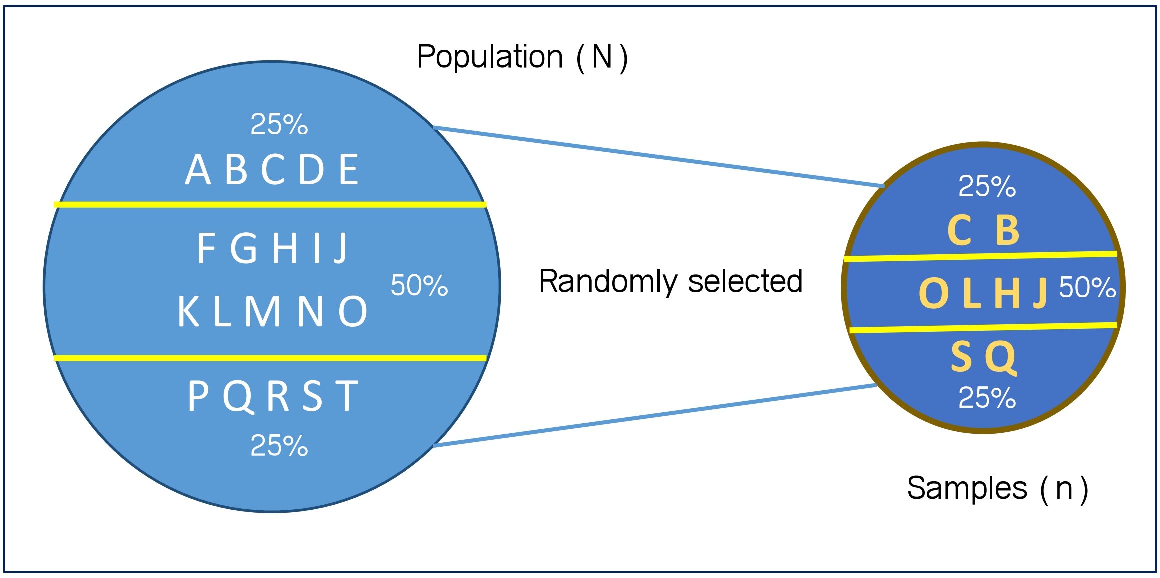
- ដែល K^{th} គឺជាចំនួនលេខរៀង និងចន្លោះត្រូវធ្វើការជ្រើសរើសយកសំណាក
- N គឺជាចំនួនធាតុរបស់ក្រុមធំ ឬ សាកលស្ថិតិ (Population) ដែលយើងស្គាល់
- n គឺតំណាងឱ្យចំនួនធាតុនៃទំហំសំណាក

ឧទាហរណ៍៖ នៅក្នុងបញ្ជីឈ្មោះរបស់ Population មានអតិថិជនចំនួន 5,000នាក់។ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវការជ្រើសរើសសំណាកចំនួន 500នាក់ សម្រាប់ចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយស្តីពីការយល់ដឹងអំពីការប្រើប្រាស់ថង់ប្លាស្ទិកដែលមានផលប៉ះពាល់ដល់បរិស្ថាន។ អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងជ្រើសរើសរាល់ឈ្មោះដែលស្ថិតនៅលេខរៀងទី10 ក្នុងបញ្ជីរហូតដល់គ្រប់ចំនួន 500 ឈ្មោះ។ ចូរមើលគំរូនៃការគណនាខាងក្រោម៖

$K^{th} = \frac{N}{n} = \frac{5,000}{500} = 10th$ (10th គឺរាល់ឈ្មោះអតិថិជនដែលឈរនៅលេខរៀងទី10 នឹងត្រូវបានជ្រើសរើសយកមកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ)។

វិធីសាស្ត្រទី ៣. សំណាកជាស្រទាប់ (Stratified Sampling):

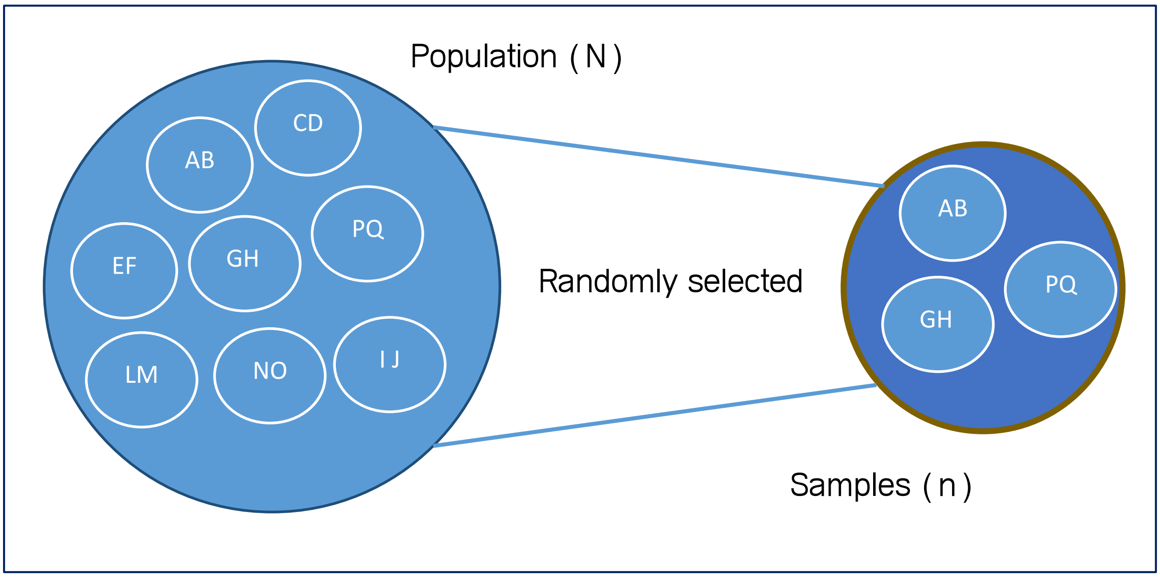
ក្នុងការជ្រើសរើសសំណាកជាស្រទាប់ គេត្រូវបែងចែកក្រុមធំ (Population) ជាក្រុមតូចៗមួយចំនួនសម្រាប់ជ្រើសរើសធ្វើសំណាក។ ក្រោយពីbanបែងចែកក្រុមធំ (Population) ជាក្រុមតូចៗហើយ គេត្រូវធ្វើការជ្រើសរើសសំណាកចេញពីក្រុមតូចៗនោះដោយចៃដន្យ។ ចំនួនសំណាកដែលជ្រើសរើសបានមកនោះនឹងត្រូវបានយកមកសម្រាប់ធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ដ្យាក្រាមទី៧.៤ បង្ហាញថា ប្រសិនបើ ធាតុក្នុងក្រុមធំ (Population) មានចំនួន (N= A, B, C,...T) ហើយអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវមានបំណងបែងចែកក្រុមធំនោះ (Population) ទៅជា 3 ក្រុមតូចៗ ដែលក្រុមទី១មាន N_1= A, B, C, D, E ក្រុមទី២ N_2 = F, G, H, I, J, K, L, M, N, O និងក្រុមទី៣ N_3 = P, Q, R, S, T រួចគេជ្រើសរើសសំណាកចេញពីក្រុមតូចនីមួយៗនេះ ដោយចៃដន្យដើម្បីយកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ។



ដ្យាក្រាម៧.៤. សំណាកជាស្រទាប់

<u>វិធីសាស្ត្រទី ៤</u>. សំណាកជាចង្កោម (Cluster Sampling):

យើងប្រើពាក្យសំណាកជាចង្កោមដើម្បីពិពណ៌នាអំពីគំរូនេះ ព្រោះនៅដំណាក់កាលនីមួយៗ យើងត្រូវបែងចែក Population ទៅជាក្រុមតូចៗ រួចយើងត្រូវជ្រើសរើសប៉ុន្មានក្រុមចេញពីក្រុមតូចៗនោះដោយចៃដន្យមកធ្វើជាសំណាកសម្រាប់ការសិក្សា។ ក្នុងករណីនេះ បើយើងជ្រើសរើសដោយចៃដន្យបានក្រុមតូចណាមួយហើយ ក្រុមតូចនោះនឹងត្រូវបានយកមកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវតែម្តងៗ ដ្យាក្រាម៧.៥ បង្ហាញថា អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវបានធ្វើការបែងចែក Population ជា 8 ក្រុមតូចៗ។ បន្ទាប់មក គេជ្រើសរើសយក 3 ក្រុមតូចចេញពី 8 ក្រុមតូចៗនោះដោយចៃដន្យ ហើយគេនឹងយកធាតុទាំងអស់ក្នុងក្រុមទាំង 3 នោះ មកធ្វើជាសំណាកសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវ។



ដ្យាក្រាម៧.៥. សំណាកជាចង្កោម

៤.២. ការជ្រើសសំណាកក្រៅប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេ (Non-probability Sampling Methods)

ការជ្រើសសំណាកប្រភេទនេះមិនទាក់ទងនឹងប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេនោះទេ។ វិធីសាស្ត្រនេះមានភាពងាយស្រួលក្នុងការប្រមូលសំណាក។ វិធីសាស្ត្រជ្រើសរើសសំណាកក្រៅប្រព័ន្ធប្រូបាប៊ីលីតេមាន 4 យ៉ាងដូចខាងក្រោម៖

<u>វិធីសាស្ត្រទី ១</u>. សំណាកងាយ (Convenience Sampling):

គេអាចជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្រសំណាងាយ។ សំណាកងាយគឺជាក្រុម ឬបុគ្គលដែលអាចងាយរកបានសម្រាប់ការសិក្សា (Fraenkel et al., 2012)។ ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្រនេះគឺត្រូវពឹងផ្អែកលើមូលដ្ឋានចម្បង៣ដូចខាងក្រោម៖

១. ត្រូវពិនិត្យមើលបទពិសោធរបស់អ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ (Right Experiences) ថា តើពួកគាត់មានបទពិសោធពាក់ព័ន្ធនឹងប្រធានបទនៃការស្រាវជ្រាវរបស់យើងឬទេ?

២. ត្រូវជ្រើសរើស និងអង្កេតទីតាំងសម្រាប់ជ្រើសរើសសំណាកឱ្យបានត្រឹមត្រូវ (Right Places) គឺទីតាំងណាដែលមានលក្ខណៈងាយស្រួលក្នុងការទាក់ទងអ្នកចូលរួមសិក្សាស្រាវជ្រាវ ជាពិសេស ត្រូវផ្តល់ទីកន្លែងសម្រាប់ពួកគាត់ឱ្យបានត្រឹមត្រូវក្នុងអំឡុងពេលបំពេញកម្រងសំណួរ ឬស្ទាបស្ទង់មតិ។

៣. ត្រូវពិនិត្យមើលពេលវេលាឱ្យបានត្រឹមត្រូវ (Right Time)។ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវសាកសួរដល់អ្នកចូលរួមថា តើពួកគាត់មានពេលវេលាគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់អ្នកដែរឬទេ?

ឧទាហរណ៍៖ និស្សិតសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទភ្នំពេញមួយក្រុមចង់សិក្សាលើការអភិវឌ្ឍតំបន់ទេសចរណ៍ធម្មជាតិនៅតំបន់ទេសចរណ៍ "ចំបក់" ខេត្តកំពង់ស្ពឺ។ ពួកគាត់ត្រូវការជ្រើសរើសអ្នកដែលធ្លាប់ទៅកំសាន្តនៅតំបន់ខាងលើចំនួន 50នាក់មកធ្វើជាសំណាកសម្រាប់ធ្វើតេស្តសាកល្បងលើកិច្ចការស្រាវជ្រាវរបស់ពួកគាត់។ ក្រុមនិស្សិតនេះបានចុះប្រមូលព័ត៌មានពីអ្នកទេសចរណ៍ក្នុងស្រុកដែលបានទៅកំសាន្តនៅចំបក់ ក្នុងខែមីនា ឆ្នាំ2019។ ពួកគាត់បានអញ្ជើញអ្នកដែលមានបទពិសោធន៍ពិតប្រាកដក្នុងការទៅកំសាន្តទីនោះឱ្យបំពេញកម្រងសំណួររយៈពេលពី5ទៅ15នាទី។

<u>វិធីសាស្ត្រទី ២.</u> សំណាកមានគោលបំណង ឬសំណាកវិនិច្ឆ័យ (Purposive/Judgment Sampling):

ខុសពីសំណាកងាយក្នុងការប្រើវិធីសាស្ត្រនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវមិនគ្រាន់តែសិក្សាទៅលើអ្នកណាម្នាក់ប៉ុណ្ណោះទេ ប៉ុន្តែត្រូវវិនិច្ឆ័យមុននឹងជ្រើសរើសយកជាសំណាក (Judgement Sampling) គឺជ្រើសរើសយកអ្នកដែលពួកគេជឿជាក់ ដោយផ្អែកលើព័ត៌មានមុននឹងផ្តល់ទិន្នន័យដែលពួកគេត្រូវការ។ គុណវិបត្តិសំខាន់នៃការយកសំណាកតាមគោលបំណង (Purposive Sampling) គឺអ្នកស្រាវជ្រាវអាចមានកំហុសនៅពេលដែលអ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាជ្រាវមិនមានលទ្ធភាពគ្រប់គ្រាន់ក្នុងការផ្តល់ព័ត៌មានដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវការ (Fraenkel et al., 2012)។ សំណាកគោលបំណង ឬសំណាកវិនិច្ឆ័យតម្រូវឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវប្រើការវិនិច្ឆ័យរបស់ខ្លួន ដើម្បីជ្រើសរើសសំណាក ដែលអាចចូលរួមឆ្លើយសំណួរស្រាវជ្រាវបានត្រឹមត្រូវតាមគោលបំណងរបស់ខ្លួន (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2007)។

ឧទាហរណ៍៖ ប្រសិនបើយើងមានបំណងសិក្សាលើប្រសិទ្ធភាពនៃគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្សដោយផ្អែកលើការអនុវត្តគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្ស (HRM Practices) ហើយយើងដឹងថា គោលការណ៍សំខាន់ៗក្នុងការអនុវត្តធនធានមនុស្សមាន 4 គឺ៖ (1) ការប្រកាស និងជ្រើសរើស (Recruitment and Selection), (2) ការបណ្តុះបណ្តាល និងអភិវឌ្ឍន៍ (Training & Development), (3) ប្រព័ន្ធឬកម្មវិធីលើកទឹកចិត្ត (Compensation System or Incentive Program), និង (4) ការវាយតម្លៃលើលទ្ធផលការងារ (Appraisal Performance)។ សំណួរសួរថា តើអ្នកណាអាចមានសមត្ថភាពគ្របគ្រាន់ដើម្បីចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់យើងបាន? ដូចនេះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវវិនិច្ឆ័យជាមុនថា តើអ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវគួរមានលក្ខណៈ និងចំណេះដឹងយ៉ាងដូចម្តេច ដើម្បីឆ្លើយនូវគោលបំណងនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់យើងបាន? សរុបមក មានតែអ្នកមានមុខតំណែង និងតួនាទីជាអ្នកគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្សទេ ដែលអាចចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះបាន ព្រោះពួកគាត់មានសមត្ថភាពយល់ដឹងគ្រប់គ្រាន់អំពីរូបភាពទាំងមូលនៃគោលការណ៍ និងនីតិវិធីនៃការគ្រប់គ្រង និងការអភិវឌ្ឍធនធានមនុស្ស។

<u>វិធីសាស្ត្រទី ៣.</u> សំណាក Snowball (Snowball Sampling): ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានប្រើជាទូទៅនៅពេលដែលមានភាពពិបាកក្នុងការកំណត់អត្តសញ្ញាណសមាជិករបស់ Population ដែលចង់បាន (Saunders et al., 2007)។ ដូច្នេះ អ្នកចាំបាច់ត្រូវ៖

1. ទាក់ទងជាមួយអ្នកតំណាងដែលមានបទពិសោធ និងសមត្ថភាពគ្រប់គ្រាន់ម្នាក់ ឬពីរនាក់នៅក្នុងក្រុមធំ (Population)
2. ស្នើឱ្យអ្នកតំណាងទាំងនេះកំណត់អត្តសញ្ញាណអ្នកតំណាងថ្មីបន្ថែមទៀត

3. ស្នើសុំអ្នកតំណាងថ្មីទាំងនេះកំណត់អត្តសញ្ញាណអ្នកតំណាងថ្មីបន្ថែមទៀត (និងបន្តបន្ទាប់)

4. បញ្ឈប់នៅពេលដែលគ្មានអ្នកតំណាងថ្មីត្រូវបានផ្តល់ឱ្យ ឬគំរូមានទំហំធំល្មមអាចគ្រប់គ្រងបាន។

ឧទាហរណ៍៖ តាមការអង្កេតយើងឃើញថា វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានយកមកអនុវត្តនៅក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យ ឧទាហរណ៍ដូចជា បុរសឈ្មោះ "ល.រ" មានវិជ្ជមានកូវីដ-19 ក្រោយពីបានធ្វើតេស្តជាផ្លូវការរួច។ បន្ទាប់មក បុរសនេះបានប្រាប់សមត្ថកិច្ចថា គាត់មានទំនាក់ទំនងជាមួយមនុស្ស 25 នាក់ក្នុងមួយថ្ងៃ។ ដូច្នេះ សមត្ថកិច្ចត្រូវសួររកអ្នកដែលមានទំនាក់ទំនងជាមួយបុរសនោះ ដើម្បីយកសំណាកមកធ្វើតេស្តឱ្យដឹងថា តើអ្នកទាំងនោះមានឆ្លងកូវីដ-១៩ ពីបុរសនោះដែរឬទេ។

<u>**វិធីសាស្ត្រទី ៤.**</u> សំណាកកូតា (Quota Sampling):

ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្រនេះមិនមានលក្ខណៈចៃដន្យទេ ហើយជាទូទៅ ត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការស្ទង់មតិ ឬសម្ភាសន៍ ដោយត្រូវបានកំណត់ចំនួនជាក់លាក់ដោយអ្នកស្រាវជ្រាវ ហើយធ្វើយ៉ាងណាឱ្យមានភាពសមាមាត្រទៅនឹងទំហំសំណាកដែលត្រូវជ្រើសរើសយកមកសិក្សាផង និងត្រូវទៅតាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ ផង (Saunders et al., 2007)។ អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវណែនាំអ្នកផ្សេងទៀតដែលមានលក្ខណៈបទពិសោធន៍ ឬឥរិយាបថស្រដៀង ឬខុសគ្នាពីពួកគេ (D. R. Cooper & Schindler, 2014)។ ការធ្វើគំរូ ឬសំណាកកូតាមានគុណសម្បត្តិមួយចំនួនទាក់ទងនឹងបច្ចេកទេសដែលមានសុពលភាពជាពិសេស ហើយអាចរៀបចំបានលឿន។ ដើម្បីជ្រើសរើសសំណាកកូតាអ្នកត្រូវ៖

1. បែងចែកក្រុមធំ (Population) ជាក្រុមជាក់លាក់តូចៗ

2. គណនាកូតាសម្រាប់ក្រុមនីមួយៗដោយផ្អែកលើទិន្នន័យដែលពាក់ព័ន្ធនិងអាចរកបាន

3. ផ្តល់ឱ្យអ្នកសម្ភាសន៍ម្នាក់ៗនូវ "កិច្ចការ" ដែលចែងពីចំនួនករណីនៅក្នុងកូតានីមួយៗដែលពួកគេត្រូវប្រមូលទិន្នន័យ

4. បញ្ចូលទិន្នន័យដែលប្រមូលដោយអ្នកសម្ភាសន៍ដើម្បីផ្តល់សំណាកឱ្យគ្រប់ចំនួនដែលត្រូវការ។

៥. វិធីសាស្ត្រកំណត់ទំហំសំណាក

ការកំណត់ទំហំសំណាក ឬប៉ាន់គំរូ (Sample size) គឺជាបច្ចេកទេសមួយដ៏សំខាន់ក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ ដើម្បីឱ្យការសិក្សាជ្រាវជ្រាវរបស់យើងមានភាពច្បាស់លាស់ និងមានកម្រិតជឿជាក់ខ្ពស់ ហើយក៏ត្រូវស្របតាមក្បួនខ្នាតវិទ្យាសាស្ត្រស្រាវជ្រាវផងដែរ។ វិធីសាស្ត្រនៃការកំណត់ទំហំសំណាកត្រូវបានកំណត់តាមវិធីសាស្ត្រស្ថិតិដែលត្រូវបានអនុវត្តជាទូទៅក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវដូចជា៖

៥.១. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់លោក Yamane (1973)

នីតិវិធីនៃការជ្រើសរើសសំណាកដែលបានកំណត់ដោយលោក Taro Yamane (1973) ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងករណីដែលគេស្គាល់ទំហំក្រុមធំ (Population) (N)។ យើងអាចកំណត់នៃទំហំសំណាកបាន (Sample size = n) ដោយអនុវត្តរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

- ដែល n គឺទំហំសំណាក (Sample Size)
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិ (Population size) ដែលបានដឹងនឹងត្រូវកំណត់ក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ
- e គឺកម្រិតលម្អៀង (The margin error) ដែលត្រូវបានកំណត់ចាប់ពី 10% (0.10) 5% (0.05) និង 1% (0.01)។ ហើយកម្រិតលំអៀងនេះគឺបានមកពី 100 % (1.00) ដកនឹងកម្រិតនៃទំនុកចិត្ត ឬកម្រិតនៃការជឿជាក់ (Confident interval: CI) 90% (0.90) 95% (0.95) និង 99% (0.99)។ ឧទាហរណ៍៖ កម្រិតលំអៀង 10% = 100% - 90%។ ដូច្នេះ អ្នកសិក្សាអាចកំណត់ខ្លួនឯងថា តើត្រូវជ្រើសរើសយកកម្រិតលំអៀងណាមួយសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួន។ ប៉ុន្តែជាទូទៅ កម្រិតលំអៀង (e) ត្រូវបានកំណត់យក 5% (0.05)។ សូមមើលឧទាហរណ៍ខាងក្រោមដើម្បីកំណត់នូវទំហំសំណាកឱ្យបានត្រឹមត្រូវ៖

<u>ឧទាហរណ៍៖</u> សហគមន៍ទេសចរណ៍ធម្មជាតិមួយមាន 3500គ្រួសារ ដែលរស់នៅជុំវិញតំបន់នោះ និងទទួលបានអត្ថប្រយោជន៍ផ្ទាល់ពីសហគមន៍នោះផងដែរ។ ដោយតំបន់នោះពុំមានការអភិវឌ្ឍ រដ្ឋាភិបាលសម្រេចអនុញ្ញាត្តិឱ្យក្រុមហ៊ុនឯកជនមួយទទួលខុសត្រូវអភិវឌ្ឍតំបន់នោះឱ្យក្លាយជាតំបន់ទេសចរណ៍ធម្មជាតិបែបទំនើបក្នុងការផ្តល់សេវាកម្មដល់ភ្ញៀវទេចរណ៍ឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព។ ដូច្នេះ ប្រសិនបើយើងជាអ្នកស្រាវជ្រាវផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមស្តីផលប៉ះពាល់ដល់សហគមន៍ទេចរណ៍នេះ តើយើងត្រូវការសំណាកប៉ុន្មានគ្រួសារ ដើម្បីឱ្យការសិក្សារបស់យើងទទួលបានទំនុកចិត្ត និងប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់? ដូច្នេះ ករណីសិក្សានេះកំណត់នូវទំហំសំណាកដូចខាងក្រោម៖

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)} = \frac{3500}{1 + 3500\,(0.05)^2} = \frac{3500}{1 + 8.75} \cong 359 \text{ គ្រួសារ}$$

- ដែល n គឺទំហំសំណាក (Sample Size)ដែលត្រូវគណនា
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិ (Population size) ដែលបានដឹងស្មើ 3500គ្រួសារ
- e គឺកម្រិតលំអៀងគឺកំណត់យក 0.05 ។

សរុបមក លទ្ធផលខាងលើបានបង្ហាញទំហំសំណាក 359គ្រួសារ ដែលនឹងត្រូវបានជ្រើសរើសពីចំនួនសរុបនៃទំហំសាកលស្ថិតិ (Population size) ដែលមាន 3500គ្រួសារ ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ស្មើនឹង 95%។

៥.២. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់លោក Bowerman et al. (2019)

ចំពោះករណីមិនស្គាល់ទំហំក្រុមធំឬសាកលស្ថិតិ (Unknow population) គេច្រើនជ្រើសរើសយកនីតិវិធីនៃការកំណត់ទំហំសំណាកទៅតាមការពេញនិយមរបស់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវល្បីៗដូចជា លោក Bowerman និងសហការីរបស់គាត់បានប្រើរូបមន្តសម្រាប់កំណត់ទំហំសំណាកដូចខាងក្រោម៖

$$n = p(1-p)\left(\frac{Z\alpha/_2}{E}\right)^2$$

- P គឺជាប្រូបាប៊ីលីតេដែលត្រូវបានកំណត់ *0.5 (50%)*

- $Z\alpha_{/2}$ *= 1.96* ដែលមានតម្រិតចន្លោះជឿជាក់ស្មើ (*Confident Interval*) 95%
- *E* គឺភាពលំអៀង *(the Margin error)* មាន 10% (0.10) 5% (0.05) និង 1% (0.01)។

ឧបមាថា បើការសិក្សានេះកំណត់យកកម្រិតលំអៀង 7% (0.07) នោះយើងអាចកំណត់ទំហំសំណាកតាមរូបមន្តនេះដូចខាងក្រោម៖

$$n = p(1-p)(\frac{Z\alpha_{/2}}{E})^2 = 0.5(1-0.5)\left(\frac{1.96}{0.07}\right)^2 = 196$$

ដូច្នេះ ត្រូវជ្រើសរើសសំណាកសម្រាប់ការសិក្សាផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមឱ្យបានយ៉ាងតិច ១៩៦នាក់ ដើម្បីចូលរួមក្នុងការសិក្សារបស់យើង។ រូបមន្តរបស់លោកត្រូវបានប្រើយ៉ាងច្រើនផងដែរក្នុងវិស័យគ្រប់គ្រងទេសចរណ៍ (ឧទាហរណ៍៖ *Veasna, Wu, & Huang,* 2013) និងវិស័យគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្ស *(*ឧទាហរណ៍៖ *F.-H. Lee, Lee, & Wu, 2010)*។

៥.៣. ការជ្រើសរើសសំណាកតាមវិធីសាស្ត្ររបស់ លោក Cochran (1963)

លោក Cochran (1963) ត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ស្នាដៃល្បីល្បាញនៃការបង្កើតរូបមន្តស្តីពីការកំណត់ទំហំសំណាកបន្ទាប់ពីលោក Yamane ហើយរូបមន្តរបស់លោកត្រូវបានអ្នកនិពន្ធដទៃទៀតយកមកអនុវត្ត។

$$n_0 = \frac{Z^2pq}{e^2}$$

- n_o គឺជាទំហំសំណាក $(Sample\ size)$
- Z^2 គឺជាចំនួនតម្លៃនៃ $(1-\alpha)$ ស្ថិតនៅលើខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ $(Normal\ Curve)$ ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ 95% និង ស្មើ 1.96។
- *e* គឺជាកម្រិតជាក់លាក់ដែលចង់បាន
- *p* គឺជាសមាមាត្រប៉ាន់ស្មានដែលមាននៅក្នុងទំហំសាកលស្ថិតិ (*Population*) ហើយ *q* គឺ 1-*p*។

ឧទាហរណ៍៖ យើងចង់វាយតម្លៃកម្មវិធីពន្យារពេលទូទាំងរដ្ឋក្នុងសហរដ្ឋអាមេរិក ដែលក្នុងនោះ កសិករត្រូវបានលើកទឹកចិត្តឱ្យអនុវត្តកម្មវិធីថ្មីមួយ។ សន្មតថា ក្រុមធំ (Population size) ជាទំហំធំ ឬសាកលស្ថិតិ ហើយយើងមិនដឹងពីភាពខុសគ្នានៃសមាមាត្រដែលនឹងអនុវត្តតាមកម្មវិធីថ្មីនោះទេ។ ដូច្នេះ សន្មត p = 0.5 (បម្រែបម្រួលអតិបរមានៃប្រូបាប៊ីលីតេ) ឧបមាថា យើងយកកម្រិតជឿជាក់ 95% និងភាពជាក់លាក់ ±5%។ ដូច្នេះ លទ្ធផលនៃទំហំសំណាកត្រូវបានបង្ហាញ៖

$$n_0 = \frac{Z^2pq}{e^2} = \frac{(1.96)^2\ 0.50\ x\ 0.50}{(0.05)^2} = 385 \text{ កសិករ}$$

ដូច្នេះ ការសិក្សាត្រូវមានកសិករយ៉ាងតិច 385នាក់ ចូលរួមអនុវត្តកម្មវិធីថ្មីនៃការអភិវឌ្ឍវិស័យកសិកម្ម។ សរុបមក រូបមន្តរបស់លោក Cochran (1963) Bowerman et., (2019) និងលោក McClave and Sincich (2018) គឺជាវិធីសាស្ត្រតែមួយក្នុងការគណនារកទំហំសំណាក។

៦. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

មេរៀននេះបង្ហាញពីវិធីជ្រើសរើសសំណាក និងការកំណត់ទំហំសំណាកសម្រាប់ពង្រឹងគុណភាពទិន្នន័យ ព្រមទាំងគុណតម្លៃនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់អ្នកសិក្សា ដើម្បីវិភាគភាគទិន្នន័យឱ្យបានត្រឹមត្រូវតាមបច្ចេកទេសវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិ និងវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ ការកំណត់ទំហំសំណាកជាប្រធានបទមួយសម្រាប់ចោទជាសំណួរដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ ថាតើហេតុអ្វីបានជាអ្នកសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសនៅទំហំសំណាកចំនួនប៉ុន្មាន? ហើយទំហំសំណាកទាំងនោះអាចតំណាងសម្រាប់ភាពត្រឹមត្រូវដល់ការស្រាវជ្រាវរបស់អ្នកដែរឬទេ? ចម្លើយគឺអ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពន្យល់អ្នកអានឱ្យបានច្បាស់ថា តើការជ្រើសរើសទំហំសំណាករបស់ខ្លួនផ្អែកលើវិធីសាស្ត្រគណនាណាមួយក្នុងចំណោមវិធីសាស្ត្រខាងលើ ជាពិសេស ទំហំសំណាកសម្រាប់ការសិក្សាតាមបែបបរិមាណវិស័យ និងតាមបែបគុណវិស័យតែម្តង។ ពេលនោះ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចគេចផុតពីការរិះគន់ចំពោះការប្រើវិធីសាស្ត្រនៃការជ្រើសរើសទំហំសំណាក។

មេរៀនទី៨ កម្រិតជឿជាក់ និងតេស្តសម្មតិកម្ម

មេរៀននេះផ្តោតសំខាន់លើការកំណត់កម្រិតជឿជាក់សម្រាប់ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (Confident Interval and Hypothesis Testing) តាមរយៈការសិក្សាបែបបរិមាណវិស័យ ដោយសង្កត់ធ្ងន់ទៅលើគោលការណ៍នៃការកំណត់យកកម្រិតជឿជាក់ចន្លោះពី 90% 95% និង 99% ដែលបានពីអ្នកសិក្សាល្បីៗក្នុងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិ។ មេរៀននេះបង្ហាញលម្អិតអំពីវិធីសាស្ត្រកំណត់យកកម្រិតជឿជាក់ណាមួយដែលពេញនិយមសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មក្នុងការស្រាវជ្រាវផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។

១. សេចក្តីផ្តើម

មេរៀននេះមានលក្ខណៈស្មុគស្មាញខ្លាំងទាំងនីតិវិធី និងទាំងពាក្យគន្លឹះមួយចំនួនផងដែរ។ ក្នុងវិធីសាស្ត្រធ្វើតេសម្មតិកម្ម អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវស្វែងយល់បន្ថែមនូវមេរៀនមួយស្តីពីរបាយណ៍រម៉ាល់ (Normal Distribution)។ មេរៀននេះនឹងលើកយកចំណុចសំខាន់នៃរូបមន្តស្តីពីច្បាប់របាយណ៍រម៉ាល់មួយចំនួនសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនាកម្រិតចន្លោះនៃការជឿជាក់ និងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។

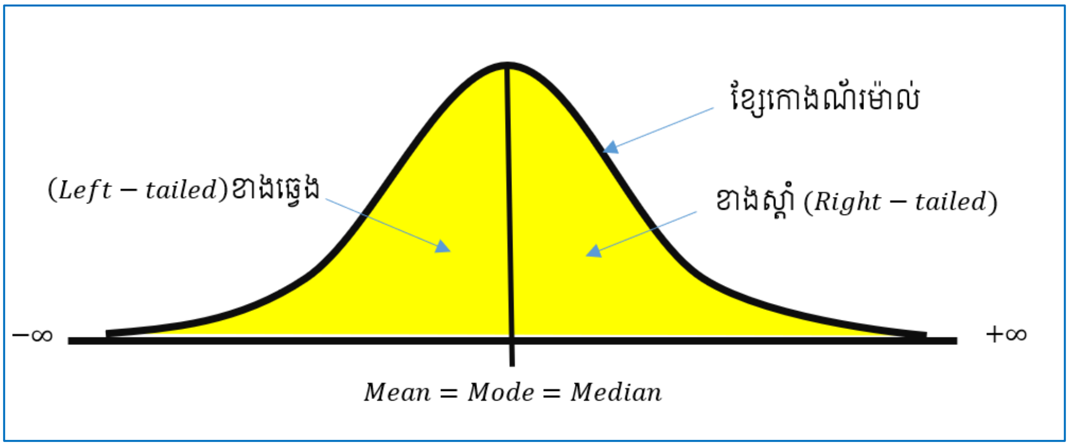
២. របាយណ័រម៉ាល់

អថេរមួយក្នុងចំណោមអថេរថៃជន្យជាប់ (Continuous variables) ដែលគេបានសង្កេត ឃើញថា ជាទូទៅ របាយប្រូបាប៊ីលីតេមានរាងជាខ្សែកោងដូចកណ្តឹង)។ វាត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាអថេរថៃជន្យធម្មតា ហើយរបាយប្រូបាប៊ីលីតេរបស់វាត្រូវគេហៅថា របាយណ៍រម៉ាល់ (McClave & Sincich, 2018)។ របាយណ៍រម៉ាល់គឺរបាយទិន្នន័យសម្រាប់ត្រួតពិនិត្យភាពលំអៀងលើទិន្នន័យដែលយើងយកមកសិក្សា។ ហើយខ្សែកោងនេះត្រូវបានកំណត់ថាមានលក្ខណៈណ័រម៉ាល់បានលុះត្រាតែផ្ទៃផ្នែកខាងឆ្វេង និងផ្ទៃផ្នែកខាងស្តាំនៃខ្សែកោងស្មើគ្នា។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ តម្លៃ $Mean = Mode = Median$ ផងដែរ (ឧទាហរណ៍៖ ដ្យាក្រាមទី ៨.១)។ ករណីនេះអាចបង្ហាញថាទិន្នន័យរបស់យើងមានរបាយស្មើល្អនិងគ្មានភាពលំអៀង។

របាយណ័រម៉ាល់ដើរតួយ៉ាងសំខាន់ក្នុងស្ថិតិសម្រាប់ព្យាករណ៍ (Inferenctial statsics)។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ មានបាតុភូតជាច្រើនបង្កើតអថេរថៃជន្យជាមួយនឹងរបាយប្រូបាប៊ីលីតេ ដែលត្រូវបានប៉ាន់ស្មានយ៉ាងល្អតាមរយៈរបាយណ័រម៉ាល់។ ឧទាហរណ៍៖ កំហុសក្នុងការវាស់សម្ពាធឈាមរបស់មនុស្សម្នាក់អាចជាកត្តាថៃជន្យធម្មតា ហើយរបាយប្រូបាប៊ីលីតេនៃទឹកភ្លៀងប្រចាំឆ្នាំក្នុងតំបន់ណាមួយអាចប្រហាក់ប្រហែលដោយរបាយប្រូបាប៊ីលីតេ។ ដោយសារអថេរនីមួយៗ ដែលត្រូវបានកំណត់ជារបាយណ័រម៉ាល់ មានអត្ថន័យនិងគម្លាតគំរូ (ឬគម្លាតស្តង់ដារ) ដូចបានបញ្ជាក់នៅខាងដើមអំពីរូបរាងនិងទីតាំងនៃខ្សែកោងទាំងនេះ។ ក្នុងការអនុវត្តជាក់ស្តែងបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវមានតារាងផ្នែកក្រោមខ្សែកោងសម្រាប់អថេរនីមួយៗ។ ដើម្បីធ្វើឱ្យស្ថានភាពនេះកាន់តែសាមញ្ញ អ្នកស្ថិតិត្រូវប្រើរបាយណ័រម៉ាល់ស្តង់ដារ (Standard Normal Distribution) ដែលយើងអាចគណនាបាននូវតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេសម្រាប់ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់នេះបានតាមរយៈរូបមន្តរបាយណ័រម៉ាល់ស្តង់ដារ និងតារាងរបាយនៃខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ (Bluman, 2018)។

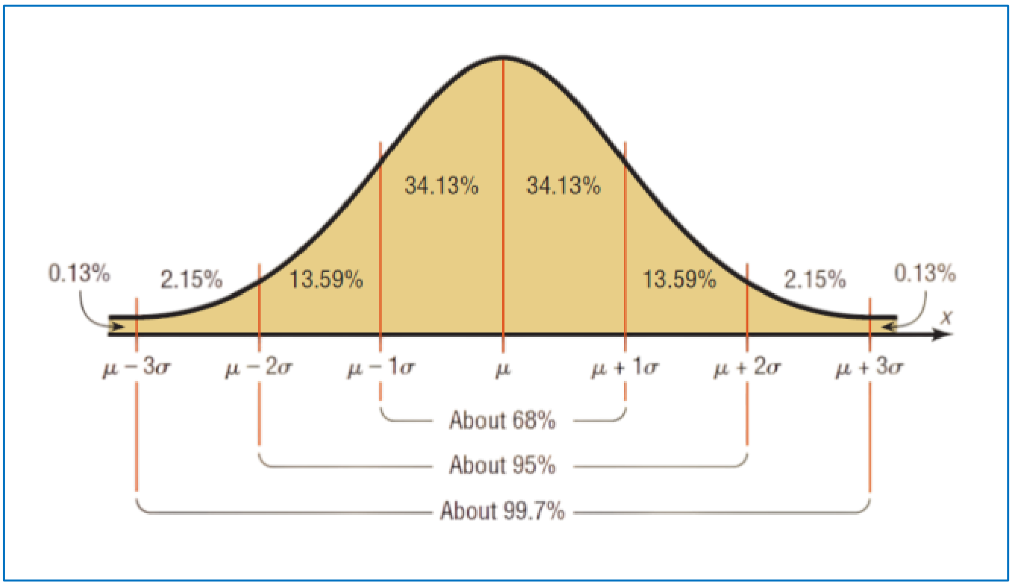
រូបមន្តរបាយណ័រម៉ាល់ស្តង់ដារ៖ $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$

- ដែល X គឺជាតម្លៃអថេរដែលត្រូវបានយកមកសិក្សា (Variables)
- $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ (μ: តម្លៃមធ្យមរបស់សាកលស្ថិតិ: *Population Mean*)
- $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}}$ (σ: គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ:*Standard Deviation of Population*)
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិ (*Population size*)
- X_i គឺជាអថេរដែលអាចមាន $X_1, X_2, X_3 \dots X_N$ (i គឺជាសន្ទស្សន៍ដែលអាស្រ័យលើចំនួនធាតុរបស់សាកលស្ថិតិ)។



ដ្យាក្រាម៨.១. ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់

ក្នុងការកំណត់ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ តម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេនៃខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ទាំងមូលត្រូវបានសន្មតថាស្មើ 100%។ រូបភាព ៨.២ បង្ហាញពីខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ និងគម្លាតស្តង់ដារដែលត្រូវបានកំណត់ជាបីកម្រិត៖ (1) តម្លៃនៃ $\mu \pm 1\sigma$ ស្មើនឹងប្រូបាប៊ីលីតេ (34.13%+34.13= 68.26% ឬ 68%) (2) តម្លៃនៃ $\mu \pm 2\sigma$ ស្មើនឹងប្រូបាប៊ីលីតេ (68.26%+13.59%+13.59% = 95.44% ឬ 95%) និង(3) តម្លៃនៃ $\mu \pm 3\sigma$ ស្មើនឹងប្រូបាប៊ីលីតេ (95.44%+2.15%+2.15% = 99.74% ឬ 99.7%)។ តម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេទាំងបីកម្រិតនេះគឺជាច្បាប់ទូទៅមួយដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវចាំសម្រាប់ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការត្រួតពិនិត្យ និងវិភាគទិន្នន័យឱ្យដឹងថា តើទិន្នន័យរបស់យើងមានភាពលំអៀង (outlier) ឬទេ។



ដ្យាក្រាម៨.២. ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ និងគម្លាតស្តង់ដារ

៣. ចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval)

ចន្លោះជឿជាក់គឺជាតម្លៃប៉ាន់ស្មានដែលស្ថិតក្នុងចន្លោះជាក់លាក់មួយនៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រ (ការសិក្សាលើសាកលស្ថិតិ) ដែលបានកំណត់យកការប្រើប្រាស់ទិន្នន័យចេញពីគំរូ ឬសំណាក។ ចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់សាកលស្ថិតិគឺជាចន្លោះពេលមួយដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងជុំវិញគំរូ ឬសំណាក។ ដូច្នេះ យើងជឿជាក់ពិតប្រាកដថា ឬចន្លោះជឿជាក់ពេលនេះគឺជាការតាងឱ្យតម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ (μ)។ ចន្លោះជឿជាក់ណាមួយសម្រាប់តម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិគឺត្រូវផ្អែកលើកំរិតជឿជាក់ (Confident level)។ កម្រិតទំនុកចិត្តនេះត្រូវគិតជាភាគរយ (ឧទាហរណ៍៖ 90% 95% ឬ 99%) ដែលបង្ហាញពីទំនុកចិត្តរបស់យើងថា ចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់តំណាងឱ្យតម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ (B. Bowerman et al., 2019)។

៣.១. ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ និង ស្ថិតិ (Parameter and Statistics)

អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវយល់ពាក្យបច្ចេកទេសសំខាន់ៗទាំងពីរនេះឱ្យបានច្បាស់សម្រាប់ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការកំណត់ និងធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។

៣.១.១. ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ

ប៉ារ៉ាម៉ែត្រសម្រាប់ពិពណ៌នាអំពីសំណុំសាកលទាំងមូល (ឧទាហរណ៍៖ population mean: μ)។

៣.១.២. ស្ថិតិ

ស្ថិតិសម្រាប់ពិពណ៌នាអំពីសំណាក (ឧទាហរណ៍៖ sample mean: $\bar{X}$)។

៣.២. វិធិសាស្រ្តស្ថិតិ (Statistical Methods)

វិធីសាស្រ្តវិភាគទិន្នន័យមានពីរគឺ ការវិភាគតាមបែបស្ថិតិព៌ណនា និងការវិភាគតាមបែបសន្និដ្ឋាន។

៣.២.១. ស្ថិតិពិព៌ណនា (Descriptive Statistics)

ស្ថិតិព៌ណនាទិន្នន័យបែបបរិមាណ (Quantitative Data) មាននៅក្នុងមេរៀនទីបួន ស្តីពីការស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ។ ចំណែកឯការវិភាគទិន្នន័យតាមបែបស្ថិតិពិព៌ណនានេះរួមមានរបាយប្រេកង់ (Frequency Distribution) ដែលអាចបង្កើតបាននូវលទ្ធផលមួយចំនួនដូចជា៖ ដ្យាក្រាម (ឧទាហរណ៍៖ Pie-Chart, Bar-Chart, Histogram, និង Polygon ជាដើម) ដើម្បីបង្ហាញពីរបាយ ទិន្នន័យដែលបានវិភាគរួចទៅតាមចំណាត់ថ្នាក់នីមួយៗដែលមានបង្ហាញទាំងភាគរយផងដែរ។ ម្យាងវិញទៀត ស្ថិតិពិព៌ណនា (Descriptive Statistics) អាចបង្ហាញលទ្ធផលដូចជា ធម្យម (Mean) មេដ្យាន (Median) ម៉ូដ (Mode) វ៉ារ្យ៉ង់ (Variance) និងគម្លាតស្តង់ដារ (Standard Deviation) ជាដើម។ សូមមើលមេរៀនទីបួន។

៣.៣.២. ស្ថិតិបែបសន្និដ្ឋាន (Inferential Statistics)

ស្ថិតិបែបសន្និដ្ឋានគឺជាកាសិក្សាតាមរយៈការប៉ាន់ស្មាន (Estimation) និងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (ចំពោះការតេស្តសម្មតិកម្មសូមមើលចំណុច ៨.២) ដែលត្រូវបានបែងចែកជាពីរចំណាត់ថ្នាក់៖

ក១. ការប៉ាន់ស្មាន (Estimation)

ដំណើរការនៃការប៉ាន់ស្មានគឺជានីតិវិធីមួយដែលសិក្សាពីទំហំសំណាកជាក់លាក់មួយ រួចហើយគេធ្វើការប៉ាន់ស្មានត្រឡប់មកវិញទៅលើទំហំសាកលស្ថិតិ (Population size) ទាំងមូលជាទូទៅ។

<u>ឧទាហរណ៍ទី១៖</u> កសិករម្នាក់បានដាំក្រូចពោធិ៍សាត់មួយដើមដែលផ្តល់ផ្លែចំនួន100ទំហំសាកលស្ថិតិ៖ Population)។ អ្នកទិញចង់ភ្លក់ផ្លែក្រូចនោះដើម្បីឲ្យដឹងរស់ជាតិផ្អែម ឬជូរ។ អ្នកលក់បានបេះក្រូចមួយផ្លែចេញពីដើមមួយនោះយកមកចិតមួយចំណិតតូច (មួយចំណិតនោះគឺសំណាក) ហើយហុចផ្លែក្រូចមួយចំណិតតូចនោះទៅឱ្យអ្នកទិញភ្លក់។ ក្រោយពីភ្លក្សរួច អ្នកទិញនេះដឹងថា ផ្លែក្រូចមួយចំណិតតូចនោះមានរស់ជាតិផ្អែម។ ដូច្នេះ គាត់អាចសន្និដ្ឋានថា ក្រូចមួយផ្លែនោះមានរស់ជាតិផ្អែម ហើយគាត់ក៏អាចសន្និដ្ឋានជារួមថា ក្រូចទាំង100ផ្លែនោះសុទ្ធតែផ្អែមដូចគ្នា។

<u>ឧទាហរណ៍ទី២៖</u> ជាទូទៅ ក្នុងសរីរាង្គមនុស្សជំទង់និងពេញវ័យមានឈាមជាមធ្យម 5.4 លីត្រ (សាកលស្ថិតិ ឬ Population)។ ករណីនេះ គ្រូពេទ្យបានបូមឈាម 4 សេសេ (សំណាក ឬ Sample) ពីមនុស្សពេញវ័យម្នាក់យកទៅពិសោធរកជំងឺអេដស៍។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថា អ្នកជំងឺនោះមានផ្ទុកវីរុស HIV។ វីរុសត្រូវបានរកឃើញក្នុងឈាម 4 សេសេនោះ។ ដូច្នេះ ឈាម5.4 លីត្រនោះ ក៏មានផ្ទុកវីរុស HIV ដែរ។ ឧទាហរណ៍ទាំងពីរនេះហៅថាការប៉ាន់ស្មាន។ ជាទូទៅ ការប៉ាន់ស្មានត្រូវបានកំណត់ជាពីរផ្នែកគឺ៖

ក-១.១. ការប៉ាន់ស្មានជាចំណុច (Point Estimation)

- តាមស្ថិតិ ការប៉ាន់ស្មានចំណុចទាក់ទងនឹងការប្រើប្រាស់តម្លៃមធ្យមនៃសំណាក ($\bar{X}$) ដើម្បីធ្វើការប៉ាន់ស្មានទៅលើធាតុរបស់សាកលស្ថិតិដែលយើងមិនស្គាល់ច្បាស់។

ឧទាហរណ៍៖ ការស្ទាបស្ទង់មួយបានបង្ហាញថា រថយន្តលំហែរកាយចល័តនៅសហរដ្ឋអាមេរិកដែលមានទំហំសំណាក (n) ស្មើនឹង 36 ហើយតម្លៃរថយន្តនីមួយៗបានបង្ហាញទិន្នន័យដែលត្រូវបានគិតជាពាន់ឯកតា ($000) ដូចខាងក្រោម៖

67.8	68.4	59.2	56.9	63.9	62.2	55.6	72.9	62.6	67.1	73.4	63.7
57.7	66.7	61.7	55.5	49.3	72.9	49.9	56.5	71.2	59.1	64.3	64.0
55.9	51.3	53.7	56	76.7	76.8	60.6	74.5	57.9	70.4	63.8	77.9

ដូច្នេះ ក្នុងការប៉ាន់ស្មានជាចំណុច យើងត្រូវគណនាតម្លៃមធ្យមក្នុងចំណោមរថយន្តទាំង 36 គ្រឿងនោះដូចខាងក្រោម៖

$$\bar{X} = \frac{67.8 + 68.4 + 56.9 + 63.9 + \cdots + 77.9}{36} = 63.277$$

$\bar{X} = 63.277$ មានន័យថា តម្លៃរថយន្តជាមធ្យមគឺ 63, 277$ ដែលជាលទ្ធផលនៃការប៉ាន់ស្មានជាចំណុច។

ក-១.២. ការប៉ាន់ស្មានជាចន្លោះ (Interval Estimation)

ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះគឺជាចន្លោះនៃលេខដែលត្រូវបានហៅថាចន្លោះ (Interval) ដែលស្ថិតនៅរវាងតម្លៃនៃការប៉ាន់ស្មានដែលមានកម្រិតជឿជាក់នៃប្រូបាប៊ីលីតេ (Bluman, 2018)។ ការប៉ាន់ស្មានជាចន្លោះនេះគឺត្រូវបានលើកយកនូវទ្រឹស្តីបទលីមីតកណ្តាលនៃប្រូបាប៊ីលីតេដែលមានរូបមន្តរបស់ Z តេស្ត ឬ របាយ Z (Z distribution) ដូចបានបង្ហាញខាងក្រោមសម្រាប់ធ្វើការប៉ាន់ស្មានជាចន្លោះ។

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad \text{ឬ } \bar{X} = \mu + Z\,\sigma/\sqrt{n}$$

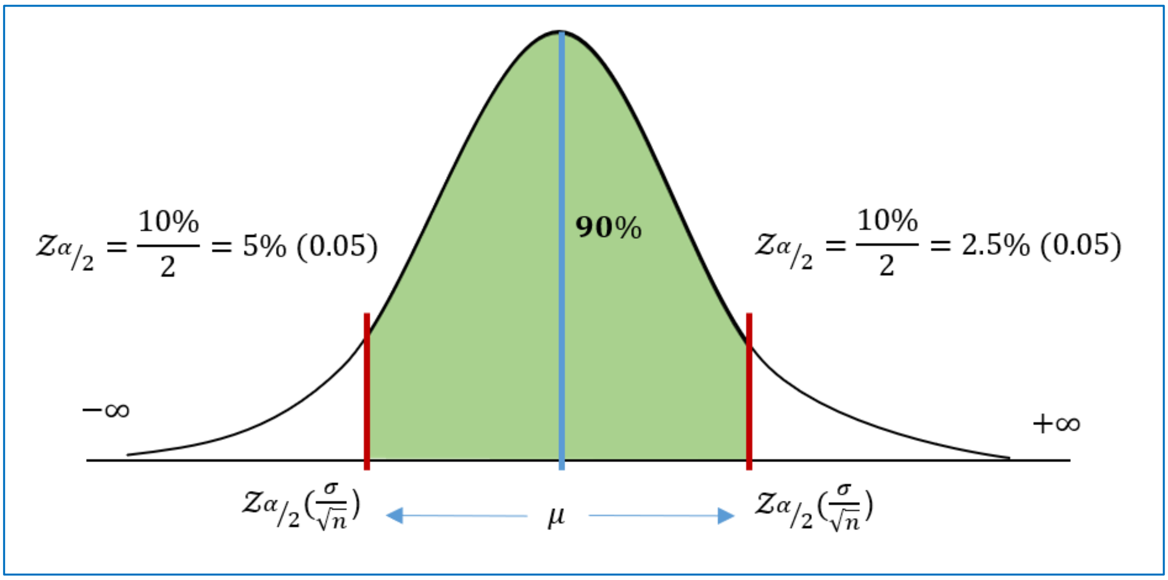
- ដែល៖ $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ (មធ្យមសំណាក៖ Sample mean)
- $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ (μ: តម្លៃមធ្យមនៃសាកលស្ថិតិ: *Population Mean*)
- $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}}$ (σ: គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ ឬ *Standard Deviation of Population*)
- N គឺទំហំសាកលស្ថិតិ (*Population size*)
- n គឺទំហំសំណាក (*Sample size*)
- X_i គឺជាអថេរដែលអាចមាន $X_1, X_2, X_3 \ldots X_N$ (ឬ) X_n (i គឺជាសន្ទស្សន៍ដែលអាស្រ័យលើចំនួនធាតុនៃសាកលស្ថិតិ ឬសំណាក)។

នីតិវិធីនៃការប៉ាន់ស្មានជាចន្លោះមានវិធានផ្អែកលើពិសោធន៍ (The Empirical Rules) ចំនួនបីកម្រិតគឺ៖

1. ចន្លោះជឿជាក់ ឬកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval): 90%

សង្ខេបជារួម តម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេនៃខ្សែកោងទាំងមូលគឺស្មើ 1.00 (100%)។ ដ្យាក្រាមទី ៨.៣ បង្ហាញពីកម្រិតទី1 សម្រាប់ផ្អែកលើពិសោធន៍ដែលមានកម្រិតចន្លោះនៃការជឿជាក់ស្មើនឹង 90% និងតម្លៃ α ស្មើ នឹង 10% ដែល ($\alpha = 100\% - Confident\ Interval$)។ យើងដឹងថា ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់នេះមានលក្ខណៈស៊ីមីទ្រី (symmetric) បានន័យថា ប្រូបាប៊ីលីតេដែលស្ថិតនៅខាងឆ្វេងនិងខាងស្តាំនៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ (μ) មានតម្លៃស្មើគ្នា។ ករណីនេះ យើងត្រូវចាំថា ប្រសិនបើកម្រិតចន្លោះជឿជាក់ស្មើនឹង 90% នោះ តម្លៃ Z (Z-test or Z-score) ត្រូវស្មើនឹង 1.65 ($Z\alpha/_2$= 1.65)។ ករណីនេះ យើងអាចរកតម្លៃ Z តាមរយៈតារាងរបាយ Z (Z distribution) បានដូចគ្នាផងដែរ ឬ អាចគណនាតម្លៃ Z = 1.65 តាមរយៈកម្មវិធី MegaSta ឬ Minitab ក៏បាន។ សូមមើលឧទាហរណ៍ក្នុងតារាង 8.1 ខាងក្រោម៖

ដើម្បីឱ្យបានតម្លៃ Z = 1.65 យើងត្រូវមើលតារាងទី ៨.១ ដែលជាចំណុចប្រសព្វរវាងតម្លៃ Z ដែលស្ថិតលើជួរដេក និងជួរឈរ។ ចំពោះជួរដេក យើងត្រូវរកមើលតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេណាដែលគៀកបំផុត ឬ ស្មើនឹង 90% ជាមុនសិន។ ករណីនេះ យើងឃើញមានតម្លៃពីរគឺ 0.9495 ដែលទាបជាង 90% ដល់ទៅ 0.0495 ហើយតម្លៃមួយទៀតគឺ 0.9505 ដែលខ្ពស់ជាង 90% ដល់ទៅ 0.0505។ ប្រសិនបើយើងគ្មានតម្លៃណាដែលស្មើ 90% ចំតែម្តងទេ យើងត្រូវយកតម្លៃ 0.9495 ឬ 0.04 និង 0.9505 ឬ 0.05 បូកបញ្ចូលគ្នារួចចែកនឹង2 ($\frac{0.04+0.05}{2} = 0.45$) ហើយត្រូវបូកបន្ថែមនឹងតម្លៃដែលប្រសព្វគ្នារវាងបន្ទាត់ឈរ និងបន្ទាត់ដេកគឺ 1.6 ។ ដូច្នេះ តម្លៃ Z = 1.6 + 0.45 = 1.645 ឬ ប្រហែល 1.65។



ដ្យាក្រាម៨.៣. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 90%

តារាង៨.១. កំណើនបំណែងចែកស្តង់ដារ (Cumulative Standard Normal Distribution)

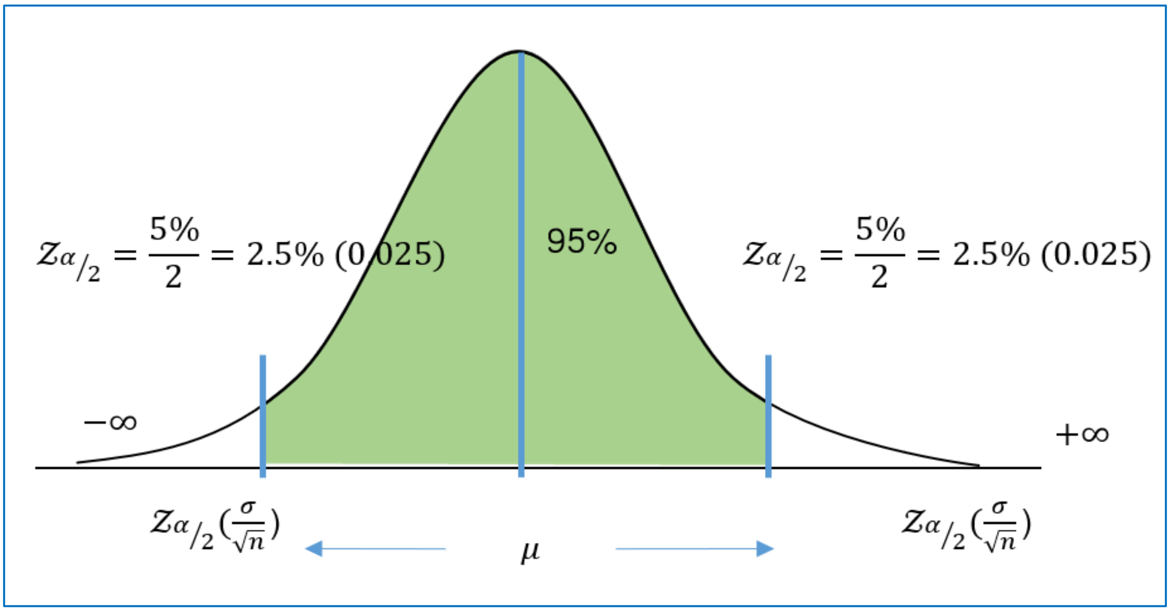
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	**.9495**	**.9505**	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	**.9887**	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 789)

ចំណាំ៖ ប្រសិនបើតម្លៃ Z < 3.4 នោះយើងអាចប្រើតម្លៃ 0.9999

2. ចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval): 95%

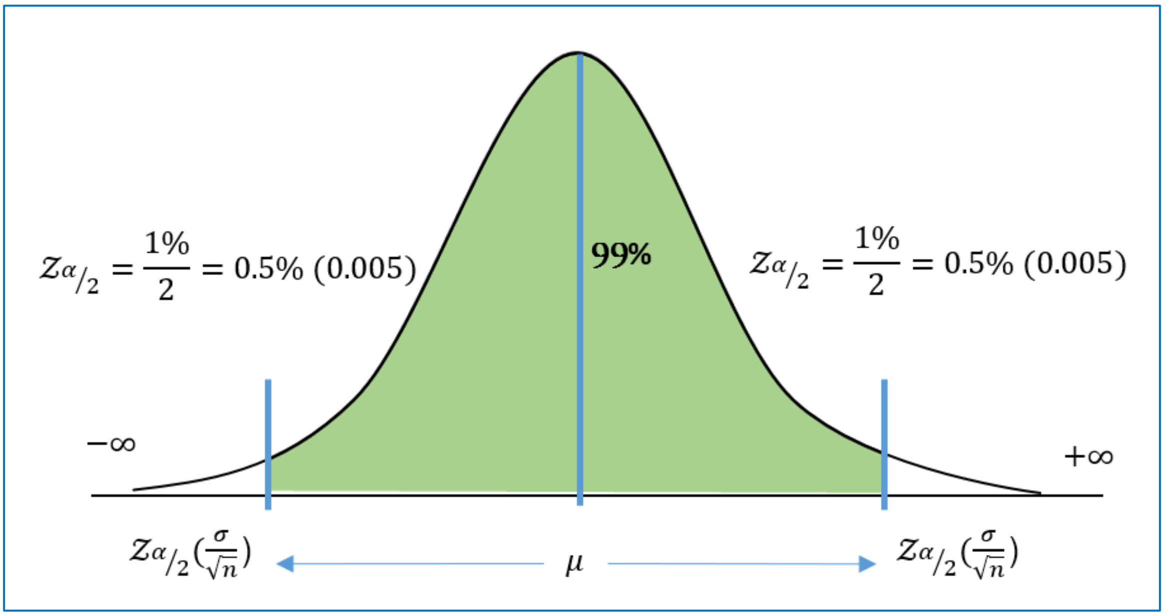
ប្រសិនបើកម្រិតចន្លោះជឿជាក់ស្មើនឹង 95% វានឹងនាំឱ្យតម្លៃ Z (Z-test or Z-score) ស្មើនឹង 1.96 ($Z_{\alpha/2}$= 1.96) (សូមមើលដ្យាក្រាម 8.4)។ ករណីនេះ យើងអាចរកតម្លៃ Z តាមរយៈតារាងរបាយ Z (Z distribution) បានដូចគ្នាផងដែរ ឬ អាចគណនាតម្លៃ Z = 1.96 តាមរយៈកម្មវិធី MegaSta ឬ Minitab ក៏បាន។



ដ្យាក្រាម៨.៤. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 95%

3. ចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval): 99%

ប្រសិនបើកម្រិតចន្លោះការជឿជាក់ស្មើនឹង 99% វានឹងនាំឱ្យតម្លៃ Z (Z-test or Z-score)ស្មើនឹង 1.96 ($Z_{\alpha/2}$=2.58) (សូមមើលដ្យាក្រាម ៨.៥)។ ករណីនេះ យើងក៏អាចរកតម្លៃ Z តាមរយៈតារាងបំណែងចែករបស់ Z (Z distribution) បានដូចគ្នាដែរ ឬ អាចគណនាតម្លៃ Z = 2.58 តាមរយៈកម្មវិធី MegaSta ឬ Minitab ក៏បាន។



ដ្យាក្រាម៨.៥. ខ្សែកោងចន្លោះជឿជាក់ស្មើ 99%

ក-១.២.១ ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះភាពជឿជាក់សម្រាប់ករណីស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ

(Confidence Interval Estimate for the Mean: σ is Known)

ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់នៅពេលដែលគេស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (σ *is known*) និងមាន ទំហំសំណាកធំជាងឬស្មើ 30 ($n \geq 30$) ត្រូវយកមកដើម្បីរកតម្លៃ $Z\alpha_{/2}$ តាមរយៈការមើលតារាងទី ៨.១។ បានន័យថាយើងត្រូវយករបាយ Z-test (Z distribution) មកប្រើ ដែល $Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ ។ម្យ៉ាងវិញទៀត ការគណនាចន្លោះប៉ាន់ស្មានគឺស្ថិតក្នុងចន្លោះដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងរូបមន្តខាងក្រោម៖

$$\bar{X} - Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

- ដែល៖ $\bar{X} - Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ ផ្នែកខាងក្រោម (Low Limit) និង $\bar{X} + Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ ផ្នែកខាងលើ (Upper Limit)
- $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ (មធ្យមសំណាក ឬ Sample mean)
- $Z\alpha_{/2}$គឺតម្លៃពិន្ទុ Z ឬ Z-score ដែលយើងអាចស្គាល់តាមរយៈការមើលតម្លៃក្នុងតារាងទី 8.1
- $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ (μ: តម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ ឬ *Population Mean*)
- $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}}$ (σ: គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ:*Standard Deviation of Population*)
- N គឺទំហំសាកស្ថិតិ ឬ *Population size*
- n គឺទំហំសំណាក ឬ *Sample size*
- X_i គឺជាអថេរដែលអាចមាន $X_1, X_2, X_3 \ldots X_N$ (ឬ) X_n (i គឺជាសន្ទស្សន៍ដែលអាស្រ័យលើចំនួនធាតុរបស់សាកលស្ថិតិ ឬសំណាក)។

<u>ឧទាហរណ៍ទី 1៖ ការធ្វើជំរឿនអតិថិជន</u>

ហាងលក់ទំនិញធំមួយបានបង្ហាញថា មានអតិថិជនបានចូលហាងលក់ទំនិញនេះជាមធ្យមចំនួន 362 នាក់ក្នុងមួយម៉ោង។ យើងសន្មតថា គម្លាតស្តង់ដាររបស់មធ្យមសាកលស្ថិតិគឺ $\sigma = 29.6$ និងទំហំសំណាកដែលត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យគឺ $n = 40$ ម៉ោង។ ចូររកចន្លោះជឿជាក់ដែលមានកម្រិត 99%។

<u>ដំណោះស្រាយ៖</u>

- សម្មតិកម្ម៖ $\bar{X} = 362,\ \sigma = 29.6, n = 40,$ និង កម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ស្មើនឹង 99% ដែលតម្លៃរបស់ $Z\alpha_{/2}$= 2.58
- គណនាចន្លោះនៃការប៉ាន់ស្មាន៖
  $\bar{X} - Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + Z\alpha_{/2}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$

$$362 - 2.58\left(\frac{29.6}{\sqrt{40}}\right) < \mu < 362 + 2.58\left(\frac{29.6}{\sqrt{40}}\right)$$

$$350 < \mu < 374$$

- សន្និដ្ឋាន៖ ជាមធ្យម មានអតិថិជនចន្លោះពី 350 ទៅ 374នាក់ បានចូលហាងនោះ ក្នុងរយៈពេល 40 ម៉ោងចុងក្រោយ។

ឧទាហរណ៍ទី 2៖ សហភាពទ្រព្យសកម្មឥណទាន

ទិន្នន័យខាងក្រោមនេះតំណាងឱ្យគំរូថៃជន្យនៃទ្រព្យសម្បត្តិ (គិតជាពាន់ដុល្លារ) នៃសហភាពឥណទាន ចំនួន 30 (n=30) នៅភាគនិរតីនៃរដ្ឋ Pennsylvania។ សន្មតថា គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ (σ) គឺ 14.405។ ចូររកចន្លោះជឿជាក់ 90% នៃទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

12.23	16.56	4.39	2.89	1.24	2.17
13.19	9.16	1.42	73.25	1.91	14.64
11.59	6.69	1.06	8.74	3.17	18.13
7.92	4.78	16.85	40.22	2.42	21.58
5.01	1.47	12.24	2.27	12.77	2.76

ដំណោះស្រាយ៖

- សម្មតិកម្ម៖ n = 30, $\sigma = 14.405$, កម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) = 90% ដែលតម្លៃ $Z\alpha/_2$= 1.65, និង $\bar{X} = ???$ (គណនាតម្លៃមធ្យមរបស់សំណាក)។
- គណនាមធ្យមសំណាក $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{12.23 + 16.56 + 4.39 + \cdots + 2.76}{30} = 11.09\$$$

- គណនាចន្លោះនៃការប៉ាន់ស្មាន៖

$$\bar{X} - Z\alpha/_2\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + Z\alpha/_2\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

$$11.09 - 1.65\left(\frac{14.405}{\sqrt{30}}\right) < \mu < 11.09 + 1.65\left(\frac{14.405}{\sqrt{30}}\right)$$

$$6.750 < \mu < 15.429$$

- សន្និដ្ឋាន៖ ជាមធ្យម អ្នកជំពាក់ប្រាក់ក្នុងការប្រើប្រាស់លើប័ណ្ណឥណទានមានតម្លៃចាប់ពី 6.750 ឬ 6,750 ដុល្លារ ដល់ 15.429 ឬ 15,429 ដុល្លារ។

ក-១.២.២. ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់ករណីមិនស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ

(Confidence Interval Estimate for the Mean: σ is unknown)

ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់ករណីមិនស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (σ *is unknown*) និងមានទំហំសំណាកតូចជាង 30 ($n < 30$) ហើយ D.F (Degree of Freedom)= n-1 ត្រូវយកមកដើម្បីរកតម្លៃរបស់ $t_{\alpha/2}$ តាមរយៈការមើលតារាងទី ៨.២ ។ បានន័យថា ត្រង់ចំណុចនេះ យើងត្រូវយករបាយ t-test (student's t distribution) មកប្រើ ដែល $t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}}$ ។ ម្យ៉ាងទៀត ការគណនាចន្លោះនៃការប៉ាន់ស្មានគឺស្ថិតក្នុងចន្លោះដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងរូបមន្តខាងក្រោម៖

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$$

- ដែល៖ $\bar{X} - t_{\alpha/2}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$ ផ្នែកខាងក្រោម (Low Limit) និង $\bar{X} + t_{\alpha/2}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$ ផ្នែកខាងលើ (Upper Limit)
- $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ (មធ្យមសំណាក ឬ Sample mean)
- $t_{\alpha/2}$ គឺតម្លៃរបស់ពិន្ទុ t (t-score) ដែលយើងអាចស្គាល់តាមរយៈការមើលតម្លៃក្នុងតារាងទី 8.2
- $\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$ (μ: តម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ ឬ *Population Mean*)
- $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1}}$ (σ: គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិ ឬ *Standard Deviation of Population*)
- N គឺទំហំសាកស្ថិតិ (*Population size*)
- n គឺទំហំសំណាក (*Sample size*)

X_i គឺជាអថេរដែលអាចមាន $X_1, X_2, X_3 \ldots X_N$ (ឬ) X_n (i គឺជាសន្ទស្សន៍ដែលអាស្រ័យលើចំនួនធាតុរបស់សាកលស្ថិតិ ឬសំណាក)។

តារាង៨.២. បំណែកចែក t (The t Distribution)

d.f.	Confidence intervals	80%	90%	95%	98%	99%
	One tail, α	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
	Two tails, α	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1		3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2		1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3		1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4		1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5		1.476	**2.015**	2.571	3.365	4.032
6		1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7		1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8		1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9		1.383	1.833	**2.262**	2.821	3.250
10		1.372	1.812	**2.228**	2.764	3.169
11		1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12		1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13		1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14		1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15		1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16		1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17		1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18		1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19		1.328	1.729	**2.093**	2.539	2.861
20		1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21		1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22		1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23		1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24		1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25		1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26		1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27		1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28		1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29		1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30		1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
32		1.309	1.694	2.037	2.449	2.738
34		1.307	1.691	2.032	2.441	2.728
36		1.306	1.688	2.028	2.434	2.719
38		1.304	1.686	2.024	2.429	2.712
40		1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
45		1.301	1.679	2.014	2.412	2.690
50		1.299	1.676	2.009	2.403	2.678
55		1.297	1.673	2.004	2.396	2.668
60		1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
65		1.295	1.669	1.997	2.385	2.654
70		1.294	1.667	1.994	2.381	2.648
75		1.293	1.665	1.992	2.377	2.643
80		1.292	1.664	1.990	2.374	2.639
90		1.291	1.662	1.987	2.368	2.632
100		1.290	1.660	1.984	2.364	2.626
200		1.286	1.653	1.972	2.345	2.601
300		1.284	1.650	1.968	2.339	2.592
400		1.284	1.649	1.966	2.336	2.588
500		1.283	1.648	1.965	2.334	2.586
$(z)\ \infty$		1.282[a]	1.645[b]	1.960	2.326[c]	2.576[d]

ប្រភព៖ ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 790)

ចំណាំ៖

- [a] តម្លៃនេះត្រូវបានតំឡើងស្មើ 1.28
- [b] តម្លៃនេះត្រូវបានតំឡើងស្មើ 1.65

- [c] តម្លៃនេះត្រូវបានតំឡើងស្មើ 2.33
- [d] តម្លៃនេះត្រូវបានតំឡើងស្មើ 2.58

ឧទាហរណ៍ទី1៖ ការលូតលាស់របស់កុមារ

ការជ្រើសរើសសំណាកចៃដន្យនូវចំនួនកុមារ 10នាក់ បានបង្ហាញថា ការលូតលាស់ជាមធ្យមរបស់ពួកគេសម្រាប់ឆ្នាំដំបូងគឺ 9.8 អ៊ីញ។ សន្មតថាគម្លាតស្តង់ដារគឺ 0.96 អ៊ីញ។ រកចន្លោះជឿជាក់ 95% នៃចំនួនសំណុំសាកលសម្រាប់កំណើនក្នុងកំឡុងឆ្នាំដំបូង។

<u>ដំណោះស្រាយ៖</u>

- ស្រង់សម្មតិកម្ម៖ $\bar{X} = 9.8; s = 0.96; n = 10\ (\sigma\ is\ unknown)$ ដូច្នេះករណី n < 30 យើងប្រើរូបមន្តរបស់ t Distribution ។
- រកតម្លៃរបស់ $t\alpha_{/2}$(ដែល $d.f = 10 - 1 = 9$ និង $CI = 95\%$) មើលក្នុងតារាងទី 8.2
  - $t\alpha_{/2}$ = 2.262 (មើលជួរឈរដែលមាន d.f = 9 និងជួរដេកដែល CI = 95% រួចយកតម្លៃដែលប្រសព្វគ្នាគឺស្មើ 2.015)
- រូបមន្ត៖ $\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$

$$9.8 - 2.262\left(\frac{0.96}{\sqrt{10}}\right) < \mu < 9.8 + 2.262\left(\frac{0.96}{\sqrt{10}}\right)$$

$$9.11 < \mu < 10.49$$

$$10 < \mu < 11$$

- **<u>សន្និដ្ឋាន៖</u>** ការលូតលាស់ជាមធ្យមរបស់កុមារមានចន្លោះពី 10 ទៅ 11 អ៊ីញក្នុងអំឡុងឆ្នាំដំបូង។

ឧទាហរណ៍ទី2៖ ការត្រួតពិនិត្យសង្វាក់ផលិតកម្ម

អ្នកគឺជាអ្នកវិភាគការសិក្សាក្នុងសង្វាក់ផលិតកម្មមួយ។ អ្នកបានកត់ត្រាពេលវេលាភារកិច្ចដូចខាងក្រោម (គិតនាទី)៖ 3.6, 4.2, 4.0, 3.5, 3.8, 3.1 ។ តើការប៉ាន់ស្មានចន្លោះដែលកម្រិតជឿជាក់ស្មើនឹង 90% នៃពេលវេលាភារកិច្ចស្មើប៉ុន្មាន?

<u>ដំណោះស្រាយ៖</u>

- ស្រង់សម្មតិកម្ម៖ n=6 (ដូច្នេះករណី n < 30 យើងប្រើរូបមន្តរបាយ t Distribution) ។
- រកតម្លៃរបស់ $t\alpha_{/2}$(ដែល $d.f = 6 - 1 = 5$ និង $CI = 90\%$) មើលតារាងទី 8.2
  - $t\alpha_{/2}$ = 2.015 (មើលជួរឈរដែលមាន d.f = 5 និងជួរដេកដែល CI = 90% រួចយកតម្លៃដែលប្រសព្វគ្នាស្មើនឹង 2.015)
- ត្រូវគណនា $\bar{X}$ និង s
  - $\bar{X} = \frac{3.6+4.2+4.0+3.5+3.8+3.1}{6} = \frac{22.2}{6} = 3.7$

- $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(3.6-3.7)^2+(4.2-3.7)^2+(4.0-3.7)^2+(3.5-3.7)^2+(3.8-3.7)^2+(3.1-3.7)^2}{6-1}}$
- $s = \sqrt{\frac{(-1)^2+(0.5)^2+(0.3)^2+(-0.2)^2+(0.1)^2+(-0.6)^2}{5}} = \frac{1.75}{5} = 0.35$

• គណនា៖ $\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}}\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)$

$$3.7 - 2.015\left(\frac{0.35}{\sqrt{6}}\right) < \mu < 3.7 + 2.015\left(\frac{0.35}{\sqrt{6}}\right)$$

$$3.41 < \mu < 3.99$$

• **សន្និដ្ឋាន៖** ដូច្នេះ ការកត់ត្រារយៈពេលដែលសង្វាក់ផលិតកម្មផលិតទំនិញមួយឯកតាគិតជានាទីជាមធ្យមគឺស្ថិតក្នុងចន្លោះពី 3.41 ទៅ 3.99 នាទី។

៣. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (Hypothesis Testing)

"សម្មតិកម្ម" ត្រូវបានផ្តល់និយមន័យខុសៗគ្នាទៅតាមទស្សនៈរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវល្បីៗមួយចំនួនដូចជា៖ សម្មតិកម្មគឺជាអំណះអំណាងស្តីពីសាកលស្ថិតិដែលគេត្រូវធ្វើតេស្ត (Triola, 2019)។ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មគឺជានីតិវិធីស្ថិតិដែលគេប្រើដើម្បីផ្តល់ភស្តុតាងសម្រាប់គាំទ្រអំណះអំណាងមួយចំនួន (ហៅថាសម្មតិកម្ម) (McClave & Sincich, 2018)។ សម្មតិកម្មត្រូវបានកំណត់និយមន័យថាជាការអះអាងបណ្តោះអាសន្នដែលបានធ្វើឡើងដើម្បីទាញចេញនូវសេចក្តីសន្និដ្ឋាននិងតេស្តសាកល្បងនូវលទ្ធផលជាក់ស្តែង (Gould, Ryan, & Wong, 2017)។ សរុបសេចក្តីមក "សម្មិតិកម្ម" គឺជាការសន្និដ្ឋាន ឬការអះអាងនូវអ្វីដែលយើងចង់ធ្វើតេស្តសាកល្បងដើម្បីព្យាករលើទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ(Independent Variable) និងអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent Variable។

៤. ទស្សនៈទាននៃសម្មតិកម្ម (The Concepts of Hypothesis)

មានសម្មតិកម្មទទេ និងសម្មតិកម្មជំនួស ដែលមានមានមុខងារបំពេញឱ្យគ្នាទៅវិញទៅមក។ សម្មតិកម្មទទេ (Null Hypothesis) ត្រូវបានតាងដោយ H_0។ រីឯសម្មតិកម្មជំនួស (Alternative Hypothesis) ត្រូវបានតាងដោយ H_a។

៤.១. សម្មតិកម្មទទេ (Alternative Hypothesis)

សម្មតិកម្មទទេ (H_0) គឺជាសម្មតិកម្មស្ថិតិដែលបញ្ជាក់ថា **"មិនមានភាពខុសគ្នា"** រវាងប៉ារ៉ាម៉ែត្រនិងតម្លៃជាក់លាក់ ឬថាគ្មានទេភាពខុសគ្នារវាងប៉ារ៉ាម៉ែត្រពីរ (B. Bowerman et al., 2019)។ យើងត្រូវចាំថា សម្មតិកម្មទទេគឺជាសម្មតិកម្មមួយដែល**ផ្ទុយ**ទៅនឹងបំណងចង់សិក្សា ឬចង់ធ្វើការព្យាករណ៍។ សម្មតិកម្មទទេ ជាទូទៅ គឺសម្រាប់យកមកធ្វើតេស្តតាមរយៈកម្មវិធីតេស្តសម្មតិកម្មមួយចំនួនបានដូចជា៖ Minitab, MegaSta, SPSS, STATA, SAS, និង R Program ជាដើម។

៤.២. សម្មតិកម្មជំនួស (Alternative Hypothesis)

សម្មតិកម្មជំនួស(H_a) គឺជាសម្មតិកម្មស្ថិតិដែលបញ្ជាក់ពីអត្ថិភាពនៃ "**ភាពខុសគ្នា**" រវាងប៉ារ៉ាម៉ែត្រនិងតម្លៃជាក់លាក់មួយ ឬបញ្ជាក់ថាមានភាពខុសគ្នារវាងប៉ារ៉ាម៉ែត្រពីរ (B. Bowerman et al., 2019)។ យើងត្រូវចាំថា សម្មតិកម្មជំនួសគឺជាសម្មតិកម្មមួយដែល**ស្រប**ទៅនឹងបំណងចង់សិក្សា ឬចង់ព្យាករ។

៥. ការបង្កើតសម្មតិកម្ម (Hypothesis Statement)

ការបង្កើតសម្មតិកម្មត្រូវបានបែងចែកជាបីផ្នែកដូចខាងក្រោម៖

ក. តេស្តសងខាង (ស្តាំ និងឆ្វេង)

បើសម្មតិកម្មទទេ (H_0) ត្រូវបានសន្មតថាស្មើនឹងតម្លៃថេរណាមួយ ($\mu = k$) នោះ សម្មតិកម្មជំនួស (H_a) មិនស្មើនឹងតម្លៃថេរណាមួយទេ ($\mu \neq k$)។

- $H_0: \mu = k$
- $H_a: \mu \neq k$

k គឺជាតម្លៃថេរណាមួយ ដែលកំណត់ដោយអ្នកស្រាវជ្រាវខ្លួនឯង និង μ (មធ្យមសាកលស្ថិតិ)។

ឧទាហរណ៍៖ អ្នកគឺជាអ្នកគ្រប់គ្រងភោជនីយដ្ឋានអាហារប្រភេទ Fast-Food។ អ្នកចង់កំណត់ថាតើពេលវេលារង់ចាំក្នុងការកម្មង់ទិញក្នុងរយៈពេលមួយខែដោយគិតជាមធ្យមរបស់សាកលស្ថិតិ (Population mean: μ) នៃការរងចាំស្មើ 4.5 នាទី។ ចូរកំណត់សម្មតិកម្មជំនួសនិងសម្មតិកម្មទទេ។

សម្មតិកម្មទទេ (H_0) គឺជាតម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ (μ) ដែលការរងចាំស្មើ 4.5 នាទី។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មជំនួសនិងសម្មតិកម្មទទេអាចត្រូវបានបញ្ជាក់ដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \mu = 4.5$
- $H_a: \mu \neq 4.5$

ខ. តេស្តខាងស្តាំ

ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំគឺដើម្បីចង់ដឹងថា តើតម្លៃថេរណាមួយធំជាងឬស្មើ ($\geq$)។

- $H_0: \mu = k$
- $H_a: \mu > k$

ឧទាហរណ៍៖ អាជីវកម្មលក់រាយតាមអ៊ិនធើណែតបានផ្តល់សម្មតិកម្មអំពីសមាមាត្រនៃអតិថិជនដែលចុចលើការផ្សាយពាណិជ្ជកម្ម ហើយបន្ទាប់មកទិញផលិតផលពីក្រុមហ៊ុន។ សូមរំលឹកថា កាលពីមុនសមាមាត្រអតិថិជនដែលបានទិញផលិតផលមានចំនួន 0.15នាក់។ ហើយក្រុមហ៊ុនសង្ឃឹមថា សមាមាត្រ នៃចំនួនអ្នកទិញនេះនឹងមានការ**កើនឡើងជាង**នេះ។

ដូច្នេះ សម្មតិកម្មត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \mu = 0.15$

- $H_a: \mu > 0.15$

គ. តេស្តខាងឆ្វេង

ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំគឺដើម្បីចង់ដឹងថា តើតម្លៃថេរណាមួយមានតម្លៃតូចជាងឬស្មើ (≤)។

- $H_0: \mu = k$
- $H_a: \mu < k$

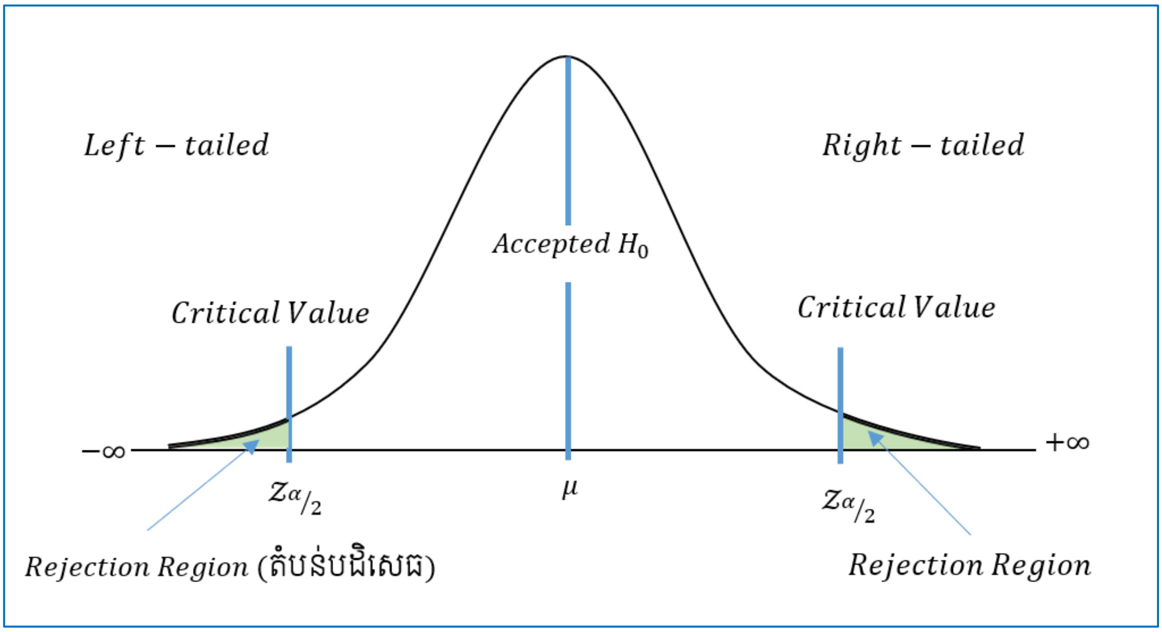
ឧទាហរណ៍៖ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយរបស់រដ្ឋាភិបាលតៃវ៉ាន់បានបង្ហាញថា ស្ត្រីដែលបានសម្រេចចិត្តរៀបអាពាហ៍ពិពាហ៍នៅអាយុជាមធ្យម 32ឆ្នាំ។ ហើយការសិក្សានេះបានផ្តល់អនុសាសន៍ថា រដ្ឋាភិបាលគួរជំរុញឱ្យស្ត្រីទាំងនោះឆាប់រៀបអាពាហ៍ពិពាហ៍**មុនអាយុ32ឆ្នាំ**ទើបប្រសើរ ដើម្បីបង្កើននូវអត្រាកំណើតឱ្យបានខ្ពស់ជាងមុន។

ដូច្នេះ សម្មតិកម្មត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \mu = 32$
- $H_a: \mu < 32$

៥.១. តេស្តសម្មតិកម្មសងខាង (Two-tailed Hypothesis Test)

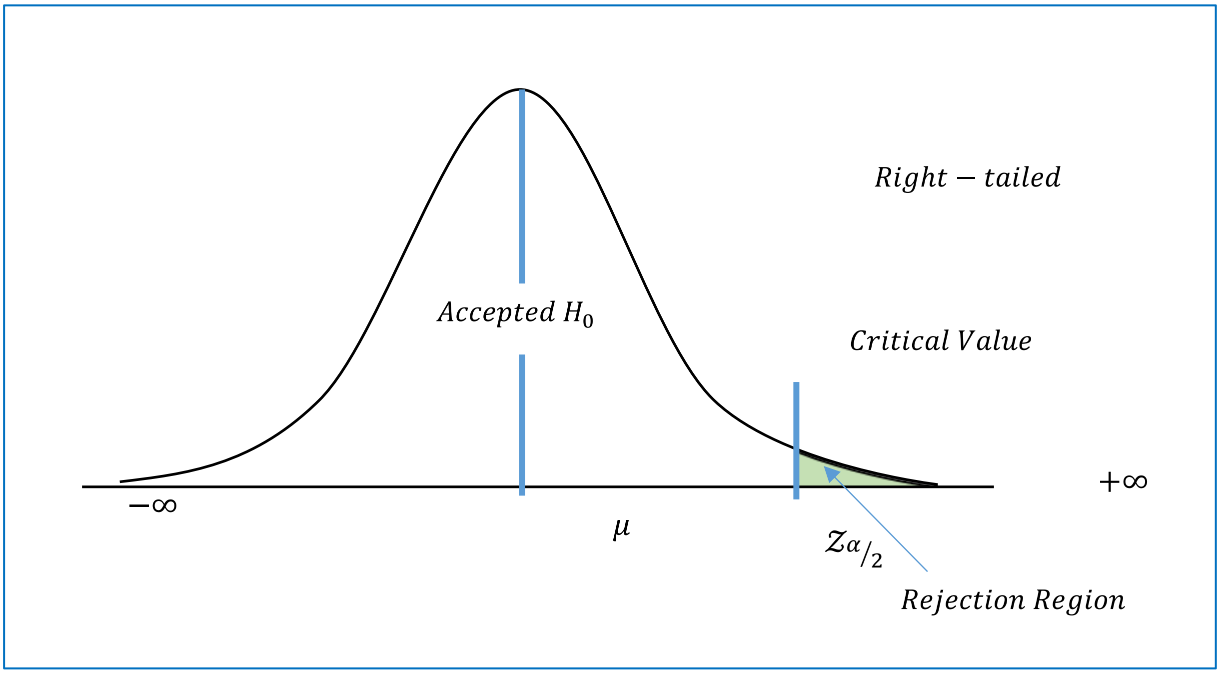
នៅក្នុងការធ្វើតេស្តសងខាងគឺជាសម្មតិកម្មទទេ (H_0) គួរតែត្រូវបានបដិសេធនៅពេលដែលតម្លៃលទ្ធផលរបស់តេស្តស្ថិតនៅក្នុងតំបន់ដែលបដិសេធ (Rejection Region) ទាំងពីរ ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី ៨.៦ ស្តីពីការធ្វើតេស្តសម្មតិមក្មសងខាង (ស្តាំ និងឆ្វេង) (B. Bowerman et al., 2019)។



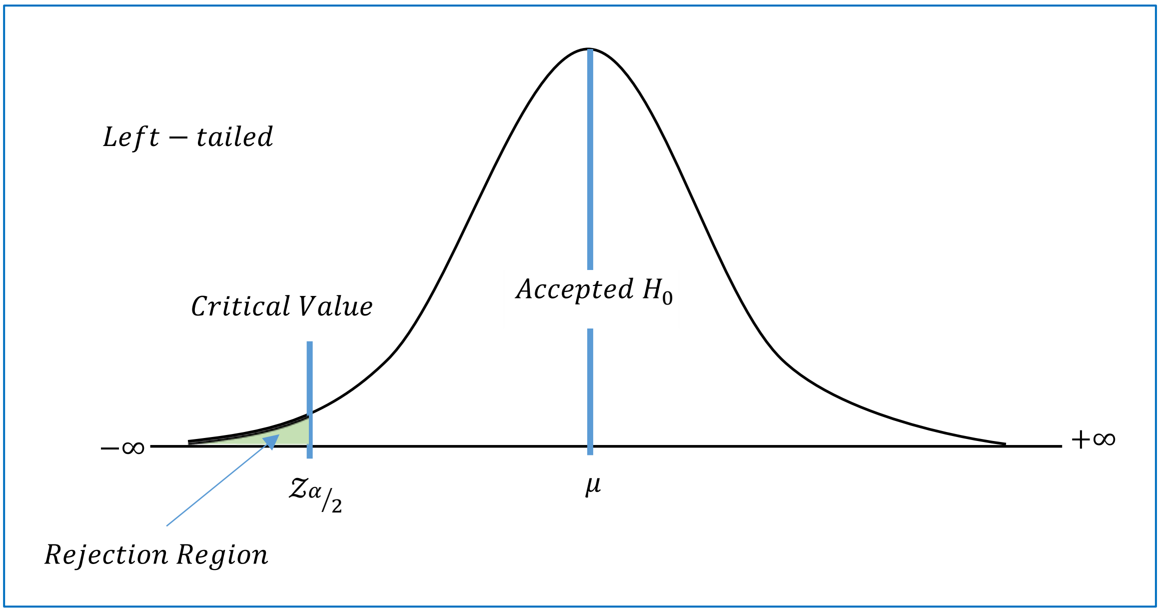
ដ្យាក្រាម៨.៦. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសងខាង

៥.២. តេស្តសម្មតិកម្មតែម្ខាង (One-tailed Hypothesis Test)

ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតែម្ខាងបង្ហាញថា សម្មតិកម្មទទេ (H_0) មិនគួរត្រូវបានទទួលយកនៅពេលដែលតម្លៃលទ្ធផលតេស្តស្ថិតិស្ថិតក្នុងតំបន់ដែលបដិសេធ។ តេស្តសម្មតិកម្មម្ខាងគឺជាតេស្តខាងស្តាំ (ដ្យាក្រាមទី 8.7) ឬតេស្តខាងឆ្វេង (ដ្យាក្រាមទី ៨.៨) ដែលអាស្រ័យលើទិសដៅនៃវិសមភាពនៃសម្មតិកម្មជំនួស (H_a) (B. Bowerman et al., 2019)។



ដ្យាក្រាម៨.៧. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ



ដ្យាក្រាម៨.៨. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេង

៦. កម្រិតសំខាន់នៃតេស្តស្ថិតិ (Significance Level of Statistical Test)

ការធ្វើតេស្តស្ថិតិប្រើទិន្នន័យដែលទទួលបានពីគំរូ ឬសំណាកដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តថា តើសម្មតិកម្មទទេ (H_0) គួរតែត្រូវបានគេបដិសេធ (Rejected) ឬទទួលយក (Accepted)។ ជាទូទៅ សម្មតិកម្ម H_0 ទទួលយក ឬបដិសេធគឺអាស្រ័យលើកម្រិតសំខាន់ដែលត្រូវបានកំណត់ដូចជាតម្លៃ p-value៖ (1) $p < 0.01$ (1%) (2) $p < 0.05$ (5%) និង $p < 0.10$ (10%)។

៧. ការតេស្តសម្មតិកម្មករណីស្គាល់ σ (Hypothesis Testing is σ Known)

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទាំងសងខាង ខាងស្តាំ ឬខាងឆ្វេងក្នុងករណីយើងដឹង ឬស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (σ) ហើយត្រូវយកវិធីសាស្ត្របាយ Z (Z distribution) មកប្រើដើម្បីកំណត់លទ្ធផលនៃការធ្វើតស្តេសម្មតិកម្ម H_0 ថា តើវាធ្លាក់ក្នុងចន្លោះបដិសេធ ឬចន្លោះទទួលយក។ ហើយរូបមន្ត Z-test (ឬ Z-distribution) $Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ និងទំហំសំណាក (n) ≥ 30 នឹងត្រូវបានយកមកអនុវត្តន៍។

ឧទាហរណ៍ទីមួយ៖ តើប្រអប់ធញ្ញជាតិជាមធ្យមមានផ្ទុកទម្ងន់ធញ្ញជាតិ **<u>ស្មើនឹង</u>** **<u>368ក្រាម</u>** មែនដែរឬទេ? ការជ្រើសរើសសំណាកចៃដន្យ36ប្រអប់ដែលមានទម្ងន់ជាមធ្យម372.5ក្រាម និងគម្លាតស្តង់ដារ 12 ក្រាមដែលមានកម្រិតសំខាន់ស្មើ0.05 ថាតើ H_0 គួរទទួលយក ឬបដិសេធ?

ដំណោះស្រាយ៖

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនេះឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព អ្នកអាចអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **<u>ជំហានទី1៖</u> កំណត់សម្មតិកម្ម**

$H_0: \mu = 368$

$H_0: \mu \neq 368$

ដូច្នេះការតេស្តសម្មតិកម្មនេះគឺសងខាង

2. **<u>ជំហានទី2៖</u> កំណត់កម្រិតសំខាន់ (Critical Value) របស់តម្លៃ α**

តាមសម្មតិកម្ម កម្រិតសំខាន់ស្មើនឹង 0.05 ($\alpha = 0.05$) ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ស្មើនឹង 95% ហើយយើងអាចសន្និដ្ឋានថា តម្លៃនៃសារៈសំខាន់ (Critical Value: CV) $CV = 1.96$ គឺជាច្បាប់ដែលបានកំណត់ខាងលើស្តីពីចន្លោះជឿជាក់។

3. **<u>ជំហានទី3៖</u> គណនា Z test**

$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ ដែល n=36 $\mu = 368, \bar{X} = 372.5, \sigma = 12$

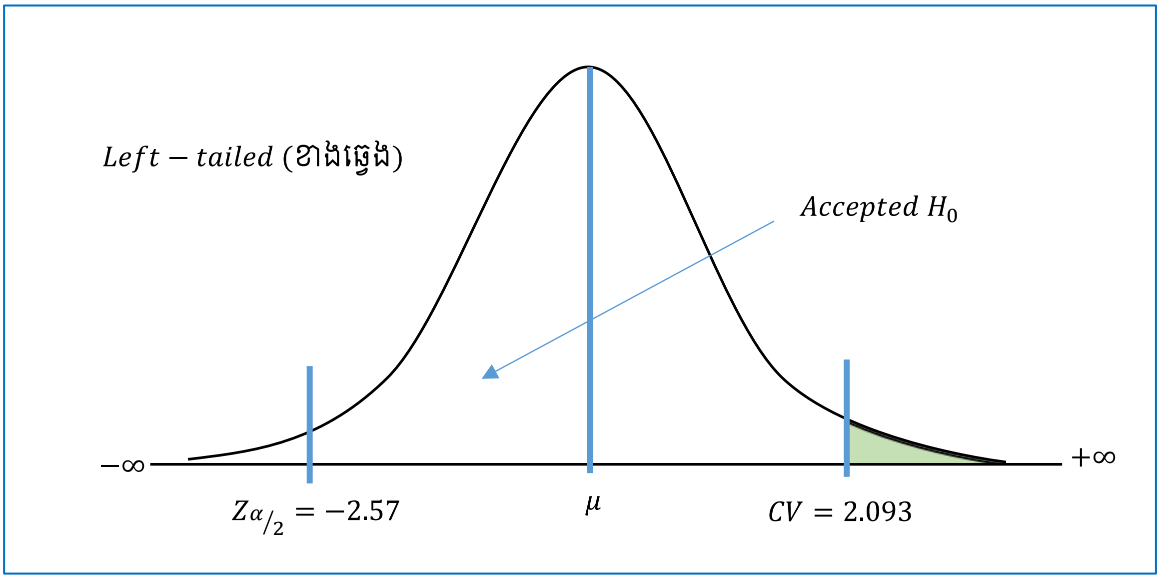
$$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{372.5-368}{12/\sqrt{36}} = +\mathbf{2.25}$$

4. **<u>ជំហានទី4៖</u> ការសម្រេចចិត្ត**

យើងត្រូវសម្រេចចិត្តដោយកលទ្ធផលក្នុងជំហានទី2 និងទី3 ដើម្បីកំណត់ចន្លោះដែល H_0 ស្ថិតនៅ ដោយសង់ដ្យាក្រាមណ័រម៉ាល់។ លទ្ធលផលបានបង្ហាញថា តម្លៃដែលយើងកំណត់នៅកម្រិតជឿជាក់ និងកម្រិតសំខាន់គឺ $CV = 1.96$ ហើយតម្លៃដែលចង់ព្យាករគឺ $Z\alpha/_2 = +2.25$ ។ យើងឃើញថា $Z\alpha/_2 = +2.25 > CV$។ ដូច្នេះ H_0 ត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះបដិសេធ។

5. **<u>ជំហានទី5៖</u> ការសន្និដ្ឋាន**

តាមជំហានទី5 និងដ្យាក្រាម ៨.៩ យើងអាចសន្និដ្ឋានអំណះអំណាងខាងលើដែលសន្មតថា គ្រប់36ប្រអប់នៃធញ្ញជាតិសុទ្ធតែផ្ទុកជម្ងន់ 368ក្រាម មានភ័ស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់បញ្ជាក់ថាពិត។



ដ្យាក្រាម៨.៩. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មសងខាង

ឧទាហរណ៍ទី2៖ តេស្តភាពវៃឆ្លាត (Intelligence Tests)

នៅក្នុងរដ្ឋ Pennsylvania ពិន្ទុ IQ ជាមធ្យមគឺ 101.5។ អថេរនេះត្រូវបានចាត់ទុកថាជាណ័រម៉ាល់ ហើយគម្លាតស្តង់ដារនៃសាកលស្ថិតិ(σ) ស្មើនឹង 15។ នាយកសាលាម្នាក់អះអាងថា សិស្សនៅស្រុករបស់គាត់មានកម្រិត IQ **<u>ខ្ពស់ជាងមធ្យម</u>**ភាគ 101.5 ។ គាត់រើសគំរូចៃដន្យចំនួន30នាក់ ហើយឃើញថា មធ្យមភាគនៃពិន្ទុតេស្តគឺ 106.4 ។ តេស្តនេះទាមទារនូវកម្រិតសំខាន់ស្មើនឹង 0.05 ។ តើសម្មតិកម្មនេះពិតជាត្រឹមត្រូវឬទេ?

ដំណោះស្រាយ៖

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនេះឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព អ្នកអាចអនុវត្តជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **<u>ជំហានទី1៖</u> កំណត់សម្មតិកម្ម**

$H_0: \mu = 101.5$

$H_0: \mu > 101.5$

ដូច្នេះ តេស្តសម្មតិកម្មនេះគឺខាងស្តាំ

2. **<u>ជំហានទី2៖</u> កំណត់កម្រិតសំខាន់ (Critical Value) របស់តម្លៃ α**

តាមសម្មតិកម្ម កម្រិតសារៈសំខាន់ស្មើនឹង 0.05 ($\alpha = 0.05$) ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ស្មើនឹង 95% ហើយយើងអាចសន្និដ្ឋានថា តម្លៃ $Z\alpha/_2$ សម្រាប់តេស្តខាងស្តាំគឺតម្លៃសារៈសំខាន់ (CV) ស្មើនឹង $+1.65$ ។

3. <u>ជំហានទី3៖</u> គណនា Z test

$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ ដែល n = 30 $\mu = 101.5, \bar{X} = 106.4, \sigma = 15$

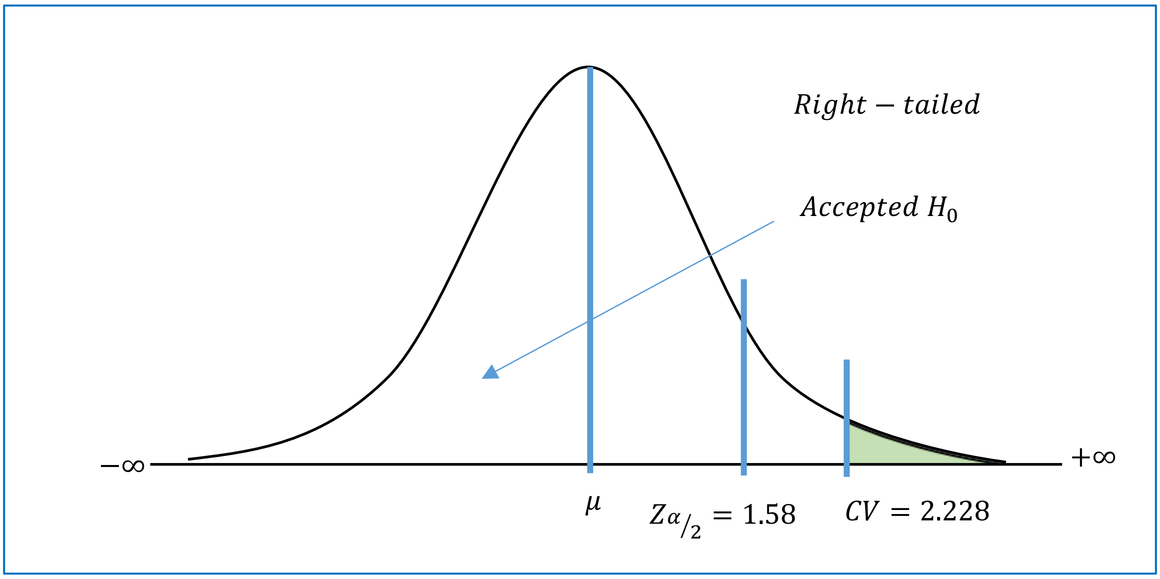
$$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{106.5-101.5}{15/\sqrt{30}} = \frac{5}{15/5.477} = \frac{5}{2.738} = +1.826$$

4. <u>ជំហានទី4៖</u> ការសម្រេចចិត្ត

យើងត្រូវធ្វើការសម្រេចចិត្តយកលទ្ធផលក្នុងជំហានទី2 និងទី3 មកកំណត់ចន្លោះដែល H_0 ត្រូវស្ថិតនៅដោយសង់ដ្យាក្រាមណ័រម៉ាល់។ លទ្ធលផលបានបង្ហាញថាតម្លៃដែលយើងកំណត់នៅកម្រិតជឿជាក់ និងកម្រិតសំខាន់គឺ $CV = 1.65$ ហើយតម្លៃដែលចង់ព្យាករគឺ $Z\alpha/_2 = +1.826$ ។ យើងឃើញថា $Z\alpha/_2 >$ CV។ ដូច្នេះ H_0 ត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះបដិសេធ។

5. <u>ជំហានទី5៖</u> ការសន្និដ្ឋាន

យោងតាមជំហានទី5 និងដ្យាក្រាម ៨.១០ យើងអាចសន្និដ្ឋានអំណះអំណាងខាងលើដែលសន្មតថា ការធ្វើតេស្តលើ IQ គិតជាមធ្យមខ្ពស់ជាង 101.5 ក្នុងចំណោមសិស្សសាលាចំនួន30នាក់ មានភ័ស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់បញ្ជាក់ថាពិត។



ដ្យាក្រាម៨.១០. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ

៨ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មករណីមិនស្គាល់តម្លៃ σ

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទាំងសងខាង ខាងស្តាំ ឬខាងឆ្វេងក្នុងករណីយើងមិនដឹង ឬស្គាល់មធ្យមសាកលស្ថិតិ (σ) គេត្រូវយករូបមន្តរបស់ t តេស្ត (student's t distribution) មកប្រើក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម H_0 ដើម្បី

ឱ្យដឹងថា តើវាស្ថិតក្នុងចន្លោះបដិសេធ ឬចន្លោះទទួលយក។ រូបមន្ត t-test (ឬ t distribution) $t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}}$ និងទំហំសំណាក (n) < 30 និង $Degree\ of\ Freedom\ (d.f = n-1)$ នឹងត្រូវបានយកមកអនុវត្ត។

ឧទាហរណ៍ទី3៖ តើសមត្ថភាពជាមធ្យមនៃអាគុយ**__យ៉ាងហោចណាស់ (at least)__** 140 អំពែរម៉ោង (Amh)? ការជ្រើសរើសគំរូដោយចៃដន្យនូវអាគុយដែលមានកម្លាំងមធ្យមចំនួន20គ្រឿងហើយគិតជាមធ្យមមាន 138.47អំពែរម៉ោង និងមានគម្លាតស្តង់ដារស្មើ 2.66 ព្រមទាំងមានតម្លៃកម្រិតសំខាន់គឺ 0.05។ ចូរធ្វើការសន្និដ្ឋាននូវសម្មតិកម្មនេះថាតើសម្មតិកម្មនេះពិតជាត្រឹមត្រូវឬទេ?

ដំណោះស្រាយ៖

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនេះឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាព គេអាចអនុវត្តន៍តាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **__ជំហានទី1៖__ កំណត់សម្មតិកម្ម**

$H_0: \mu = 140$

$H_0: \mu < 140$

ដូច្នេះ ការតេស្តសម្មតិកម្មនេះគឺសម្រាប់តេស្តខាងឆ្វេង (ឬ One-tailed test)

2. **__ជំហានទី2៖__ កំណត់កម្រិតសំខាន់ (Critical Value) របស់តម្លៃ α**

តាមសម្មតិកម្មកម្រិតសំខាន់ស្មើនឹង 0.05 ($\alpha = 0.05$) ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ស្មើនឹង 95% និង $d.f = 20 - 1 = 19$ ហើយយើងអាចសន្និដ្ឋានថា តម្លៃនៃសារៈសំខាន់ $CV = 2.093$ ដែលអាចរកបានពីតារាងទី 8.2 ខាងលើ។

3. **__ជំហានទី3៖__ គណនា t test**

$t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}}$ ដែល n=20 $\mu = 140, \bar{X} = 138.47,\ s = 2.66$

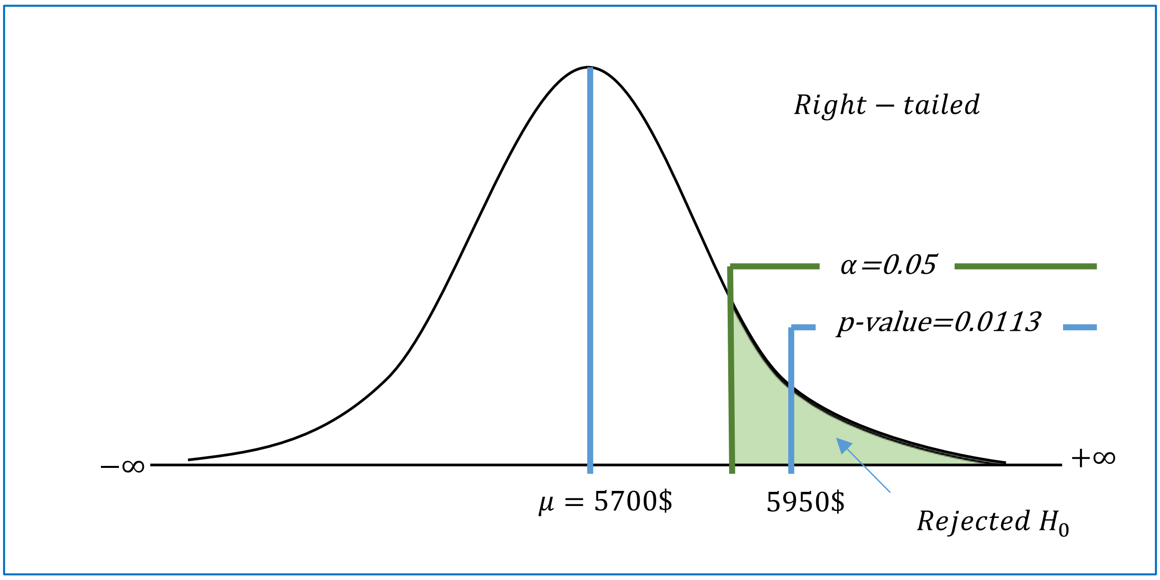
$$t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{138.47-140}{2.66/\sqrt{20}} = \mathbf{-2.57}$$

4. **__ជំហានទី4៖__ ការសម្រេចចិត្ត**

យើងត្រូវធ្វើការសម្រេចចិត្តដោយផ្អែកលើលទ្ធផលក្នុងជំហានទី2 និងទី3 ដើម្បីកំណត់ចន្លោះដែល H_0 ត្រូវស្ថិតនៅ ដោយសង់ដ្យាក្រាមណ័រម៉ាល់។ លទ្ធផលបានបង្ហាញថា តម្លៃកម្រិតជឿជាក់ និងសារៈសំខាន់ដែលយើងកំណត់គឺ $CV = 2.093$ ហើយតម្លៃដែលចង់ព្យាករគឺ $Z\alpha_{/2} = -2.57$ ។ យើងឃើញថា $Z\alpha_{/2} < CV$។ ដូច្នេះ H_0 ស្ថិតក្នុងចន្លោះទទួលយក។

5. **__ជំហានទី5៖__ ការសន្និដ្ឋាន**

តាមជំហានទី5 និងដ្យាក្រាម ៨.១១ យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា អំណះអំណាងខាងលើដែលសន្មតថាអាគុយចំនួន20គ្រឿងនោះអាចប្រើបានយ៉ាងហោចណាស់ 140 អំពែរម៉ោងនោះ គឺពុំមានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់បញ្ជាក់ថាពិតនោះទេ។



ដ្យាក្រាម៨.១១. លទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេង

ឧទាហរណ៍ទី4៖ អ្នកជាអ្នកវិភាគទីផ្សាររបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ។ កាលពីសប្តាហ៍មុនក្រុមហ៊ុន Walmart មានសត្វខ្លាឃ្មុំផុនស្រោល។ ការលក់ខ្លាឃ្មុំប្រចាំសប្តាហ៍ (គិតជាដុល្លា) ក្នុងហាងចំនួន 11 គឺ 8 8 11 0 4 7 8 10 5 8 3។ ក្នុងកម្រិតសំខាន់ 0.05 តើមានភស្តុតាងដែលអាចបញ្ជាក់ថា ការលក់ខ្លាឃ្មុំប្រចាំសប្តាហ៍ (គិតជាដុល្លារ) បានច្រើនជាង 5 ជាមធ្យមក្នុងចំណោមហាងទាំង11នោះដែរឬទេ?

ដំណោះស្រាយ៖

ដើម្បីឆ្លើយនូវសំណួរខាងលើនេះឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពអ្នកអាចអនុវត្តន៍តាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **ជំហានទី1៖ កំណត់សម្មតិកម្ម**

   $H_0: \mu = 5$

   $H_a: \mu > 5$ (Claim)

ដូច្នេះ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនេះគឺសម្រាប់តេស្តខាងស្តាំ (ឬ One-tailed test)

2. **ជំហានទី2៖ កំណត់កម្រិតសំខាន់ (Critical Value) នៃតម្លៃ α**

តាមសម្មតិកម្ម ដែលមានកម្រិតសំខាន់ $\alpha = 0.05$ ដែលមានកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ស្មើនឹង 95% និង $d.f = 11 - 1 = 10$ ហើយយើងអាចសន្និដ្ឋានថា តម្លៃនៃសារៈសំខាន់ $CV = 2.228$ ដែលអាចរកបានពីតារាងទី 8.2 ខាងលើ។

3. **ជំហានទី3៖ គណនា t-test**

$t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}}$ ដែល $n = 11, \mu = 5, \bar{X} =$ មិនស្គាល់, $s =$ មិនស្គាល់។ ដោយយើងមិនទាន់ស្គាល់ $\bar{X}$ និង s យើងត្រូវគណនាតម្លៃអថេរទាំងពីរនេះជាមុនសិន។

- គណនា៖ $\bar{X} = \frac{(8+8+11+0+4+7+8+10+5+8+3)}{11} = \frac{72}{12} = 6.545$

- គណនា៖ $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_1 - \bar{X})^2}{n-1}}$

$$s = \sqrt{\frac{(8-6.545)^2 + (8-6.545)^2 + (11-6.545)^2 + \cdots + (3-6.545)^2}{11-1}} = 3.236$$

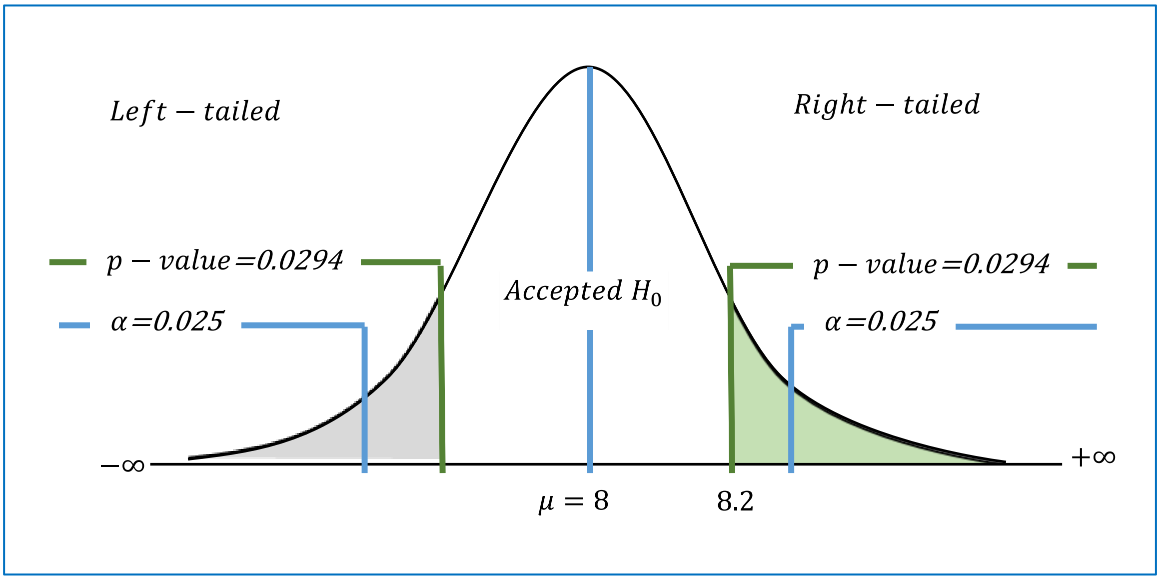
- គណនា៖ $t = \frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{6.545-5}{3.236/\sqrt{11}} = \frac{1.545}{3.236/3.316} = \frac{1.545}{0.9758} = +1.58$

4. <u>**ជំហានទី4**</u>**៖ ការសម្រេចចិត្ត**

យើងត្រូវធ្វើការសម្រេចចិត្តដោយផ្អែកលើលទ្ធផលក្នុងជំហានទី2 និងទី3 ដើម្បីកំណត់ចន្លោះដែល H_0 ត្រូវស្ថិតនៅ ដោយសង់ដ្យាក្រាមណ៍ម៉ាល់។ លទ្ធលផលបានបង្ហាញថា តម្លៃដែលយើងកំណត់នៅកម្រិតជឿជាក់ និងកម្រិតសំខាន់គឺ CV = 2.228 ហើយតម្លៃដែលចង់ព្យាករគឺ $Z\alpha/_2 = +1.58$ ។ យើងឃើញថា $Z\alpha/_2 <$ CV ។ ដូច្នេះ H_0 ត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះទទួលយក។

5. <u>**ជំហានទី5**</u>**៖ ការសន្និដ្ឋាន**

យោងតាមជំហានទី5 និងដ្យាក្រាម ៨.១២ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា អំណះអំណាងខាងលើដែលសន្មតថាការលក់ខ្លាឃ្មុំបានច្រើនជាង5ជាមធ្យមក្នុងចំណោមហាងទាំង11នោះ ពុំមានភ័ស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់បញ្ជាក់ថាវាពិតជាត្រឹមត្រូវនោះទេ។



ដ្យាក្រាម៨.១២. លទ្ធផលនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ

៩. ការតេស្តសម្មតិកម្មតាមវិធីសាស្ត្រតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេ p-value

តម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេ ឬ p-value គឺជាប្រូបាប៊ីលីតេនៃការទទួលបានស្ថិតិគំរូ ក្នុងទិសដៅនៃសម្មតិកម្មជំនួស នៅពេលដែលសម្មតិកម្មទទេ (H_0) ជាក្លាយជាការពិត (Bluman, 2018)។ តម្លៃ p-value ត្រូវបានគេស្គាល់ផងដែរថាជាកម្រិតសំខាន់ដែលបានអង្កេត។ ការប្រើប្រាស់តម្លៃ p-value ដើម្បីកំណត់ការបដិសេធនិងការមិនគោរពតាមវិធីសាស្ត្រ គឺជាវិធីសាស្ត្រមួយផ្សេងទៀតក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (Berenson et al., 2014)។

វិធាននៃការសម្រេចចិត្តសម្រាប់ការបដិសេធ H_0 នៅក្នុងវិធីសាស្រ្តតម្លៃ p-value គឺ

1. ប្រសិនបើតម្លៃ p-value ធំជាងឬស្មើ α មិនបដិសេធសម្មតិកម្មទទេ H_0។
2. ប្រសិនបើតម្លៃ p-value គឺតូចជាង α បដិសេធសម្មតិកម្មទទេ H_0។

ក្នុងការតេស្តសម្មតិកម្មតាមវិធីសាស្រ្តតម្លៃ p-value យើងអាចអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **ជំហានទី1៖** បញ្ជាក់សម្មតិកម្មនិងកំណត់ការអះអាង (Research claim)
2. **ជំហានទី2៖** គណនាតម្លៃ Z តេស្ត (Z-test)
3. **ជំហានទី3៖** រកតម្លៃ p-value
4. **ជំហានទី4៖** ការសម្រេចចិត្ត
5. **ជំហានទី5៖** សង្ខេបលទ្ធផល

ឧទាហរណ៍ទី5៖ តម្លៃសិក្សានៅមហាវិទ្យាល័យ (Cost of College Tuition)

អ្នកស្រាវជ្រាវម្នាក់ចង់ធ្វើតេស្តសាកល្បងដោយបានអះអាងថា ថ្លៃសិក្សារយៈពេល 4 ឆ្នាំ នៅមហាវិទ្យាល័យសាធារណៈ គឺ**<u>ច្រើនជាង</u>** 5700ដុល្លារ។ គាត់ជ្រើសរើសយកគំរូចៃដន្យពីមហាវិទ្យាល័យសាធារណៈ ចំនួន 36នាក់។ គាត់សង្កេតឃើញថា និស្សិតបានចំណាយជាមធ្យមគឺ 5950ដុល្លារ។ គម្លាតស្តង់ដារសាកលស្ថិតិគឺ 659ដុល្លារ។ តើមានភ័ស្តុតាងគាំទ្រអំណះអំណាងខាងលើនៅតម្លៃ $\alpha = 0.05$ ដែរឬទេ? ប្រើវិធីសាស្រ្តតម្លៃ p-value ។

ដំណោះស្រាយ៖

1. **ជំហានទី1៖** បញ្ជាក់សម្មតិកម្មនិងកំណត់ការអះអាង (Research claim)

យើងអាចកំណត់នូវសម្មតិកម្មដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \mu = 5700\$$
- $H_a: \mu > 5700\$$ (Claim)

យោងតាមការអធិប្បាយ តេស្តសម្មតិកម្មខាងលើនេះគឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំ។

2. **ជំហានទី2៖** គណនាតម្លៃ Z-test

ដោយ $n \geq 30$ ។ ដូច្នេះ Z-test ត្រូវបានយកមកធ្វើការគណនាដើម្បីព្យាករនូវសម្មតិកម្មខាងលើ។

$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ ដែល n=30 $\mu = 5700\$, \bar{X} = 5950, \sigma = 659$

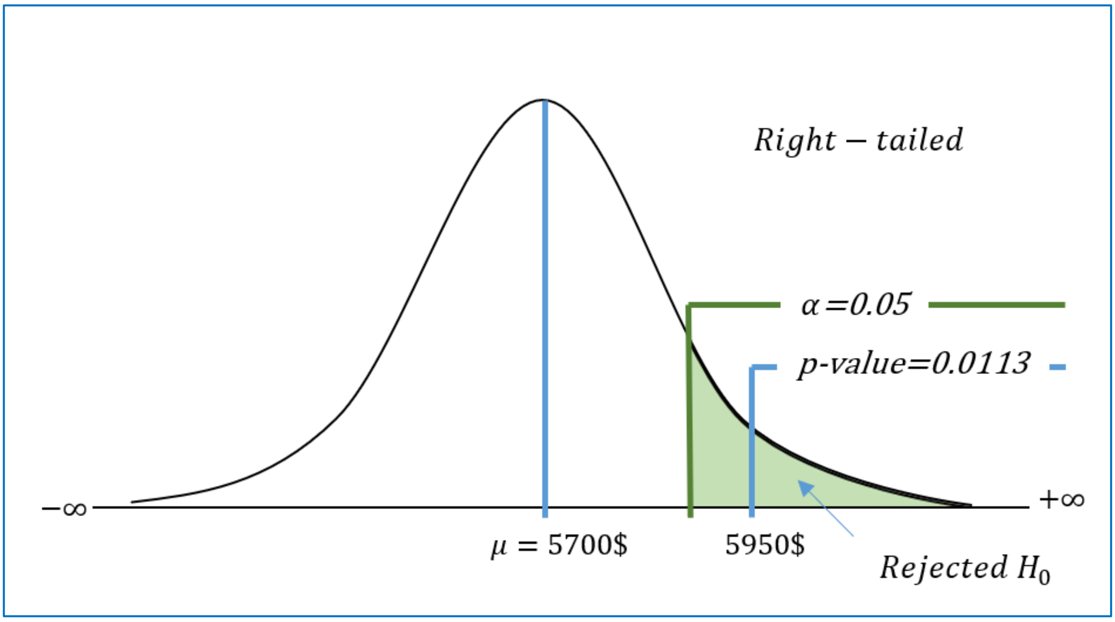
$$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{5950-5700}{659/\sqrt{30}} \cong 2.28$$

3. **ជំហានទី3៖** រកតម្លៃ p-value

ដើម្បីរកតម្លៃ P-value យើងត្រូវមើលតារាង8.1 ខាងលើ ដោយយកតម្លៃ $Z = 2.28$ ដែលបានដោះស្រាយនៅជំហានទី3 ដែលស្មើនឹង 0.9887។ តាមរបៀបរកតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេដែលស្ថិតនៅខាងស្តាំ យើងត្រូវយក 1.000 (តម្លៃនេះគឺសម្រាប់ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ទាំងមូលដែលស្មើ 100%) ដកតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេ $Z = 2.28$ ចេញ គឺ៖ p-value = $1.000 - 0.9887 = 0.0113$។

4. **ជំហានទី4៖** ធ្វើការសម្រេចចិត្ត

នៅចំណុច៨.៦ខាងលើ យើងបានកំណត់តម្លៃសំខាន់នៃ p-value មានបីកម្រិតគឺ $p < 0.01$, $p < 0.05$, និង $p < 0.10$ ហើយក្នុងករណីនេះតម្លៃ $p - value = 0.0113 < \alpha = 0.05$ ។ ដូច្នេះ H_0 ត្រូវបានបដិសេធ។



ដ្យាក្រាម៨.១៣. លទ្ធផលការតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំតាមវិធីសាស្ត្រ P-value

5. **ជំហានទី5៖** សង្ខេបលទ្ធផល

អំណះអំណាងខាងលើដែលថា ថ្លៃសិក្សានៅមហាវិទ្យាល័យសាធារណៈរយៈពេល 4 ឆ្នាំគឺច្រើនជាង 5700 ដុល្លារ មានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីបញ្ជាក់ថាពិតជាត្រឹមត្រូវ។

ឧទាហរណ៍ទី6៖ ល្បឿនខ្យល់ (Wind Speed)

អ្នកស្រាវជ្រាវម្នាក់អះអាងថា ល្បឿនខ្យល់ក្នុងទីក្រុងមួយជាមធ្យមគឺ 8 ម៉ាយល៍ក្នុងមួយម៉ោង (mile/h)។ ការជ្រើសរើសទំហំសំណាក 32ថ្ងៃ មានល្បឿនខ្យល់ជាមធ្យម 8.2 ម៉ាយល៍ក្នុងមួយម៉ោង ហើយគម្លាតគំរូរបស់សាកលស្ថិតិគឺ 0.6 ម៉ាយល៍ក្នុងមួយម៉ោង។ នៅតម្លៃរបស់ $\alpha = 0.05$ តើគាត់អាចរកបានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីបដិសេធសម្មតិកម្មខាងលើនេះដែរឬទេ? ចូរប្រើវិធីសាស្ត្រតម្លៃ p-value។

ដំណោះស្រាយ៖

1. **ជំហានទី1៖** យើងអាចកំណត់សម្មតិកម្មដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \mu = 8\, mile/h$ (Claim)
- $H_a: \mu \neq 8\, mile/h$

យោងតាមការអធិប្បាយសម្មតិកម្មខាងលើ គេត្រូវធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទាំងសងខាង (Two-tailed test)។

2. **ជំហានទី2៖** គណនាតម្លៃ Z-test

ដោយ $n \geq 30$ ដូច្នេះ Z-test ត្រូវបានយកមកគណនាដើម្បីព្យាករនូវសម្មតិកម្មខាងលើ។

$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ ដែល n=32 $\mu = 8, \bar{X} = 8.2, \sigma = 0.6$

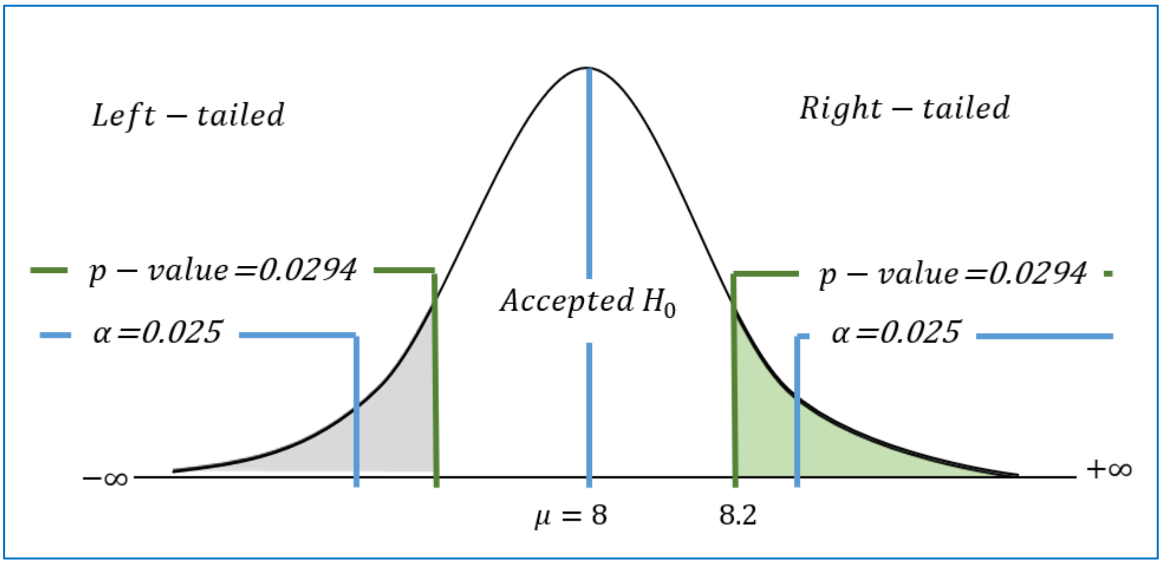
$Z = \frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{8.2-8}{0.6/\sqrt{32}} \cong 1.89$

3. **ជំហានទី3៖** រកតម្លៃ p-value

ដើម្បីរកតម្លៃ p-value យើងត្រូវមើលតារាងទី8.1ខាងលើ ដោយយកតម្លៃ Z= 1.89 ដែលបានដោះស្រាយនៅជំហានទី3 ដែលមានតម្លៃស្មើនឹង 0.9706 ។ តាមរបៀបគណនារកតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេដែលស្ថិតនៅខាងស្តាំ យើងត្រូវយក 1.000 (តម្លៃនេះគឺសម្រាប់ខ្សែកោងណ័រម៉ាល់ទាំងមូលដែលស្មើ 100%) ដកតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេ 0.9706 ចេញ គឺ៖ p-value = 1.000 − 0.9706 = 0.0294 ។ ដោយសារនេះជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទាំងសងខាង (Two-tailed test) តម្លៃប្រូបាបប៊ីលីតេ p-value ត្រូវកើនឡើងទ្វេរដង។ ដូច្នេះ p-value = 2 x (0.0294) = 0.0588។

4. **ជំហានទី4៖** ការសម្រេចចិត្ត

នៅចំណុចទី៨.៦ខាងលើ យើងបានកំណត់តម្លៃសំខាន់របស់ p-value មានបីកម្រិតគឺ p < 0.01, p < 0.05, និង p < 0.10 ហើយតម្លៃ $p - value = 0.0588 > \alpha = 0.05$ ។ ដូច្នេះ H_0 ត្រូវបានទទួលយក។



ដ្យាក្រាម៨.១៤. លទ្ធផលការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសងខាងតាមវិធីសាស្ត្រ P-value

5. **ជំហានទី5៖** សង្ខេបលទ្ធផល

ពុំមានភ័ស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីបដិសេធចំពោះអំណះអំណាងដែលថា ល្បឿនខ្យល់ជាមធ្យមគឺ 8 ម៉ាយល៍ក្នុងមួយម៉ោងនោះទេ។

១០. ការតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈកម្មវិធី MegaSta, និង Minitab

១០.១. ការអនុវត្តកម្មវិធី Minitab

ឧទាហរណ៍ទី1៖ ការតេស្តភាពវៃឆ្លាត (Intelligence Tests)

នៅក្នុងរដ្ឋ Pennsylvania ពិន្ទុ IQ ជាមធ្យមគឺ 101.5 ។ អថេរនេះត្រូវបានចាត់ទុកថាជាណ័រម៉ាល់ហើយគម្លាតស្តង់ដារនៃសាកលស្ថិតិ $\sigma = 15$ ។ នាយកសាលាម្នាក់អះអាងថា សិស្សនៅស្រុករបស់គាត់មានកម្រិត IQ **<u>ខ្ពស់ជាងមធ្យម</u>**ភាគ 101.5។ គាត់ជ្រើសរើសយកគំរូចៃដន្យចំនួន30នាក់ ហើយសង្កេតឃើញថា មធ្យមភាគនៃពិន្ទុតេស្តគឺ 106.4 ។ តេស្តនេះទាមទារកម្រិតសំខាន់ស្មើនឹង 0.05 ។ ចូរកំណត់ថាសម្មតិកម្មនេះពិតជាត្រឹមត្រូវឬទេ ?

ដំណោះស្រាយ៖

ជំហានទី1៖ ជ្រើសរើស [**Select Stat**] → **ចុចលើ** [**Basic Statistics**] → **ចុចយក** [**1-sample z.**]

ជំហានទី2៖ ចុចលើពាក្យ [**Ratio button** for **Summarized Data.**]

a) ក្នុងប្រអប់ត្រូវបញ្ចូលទំហំសំណាក 30

b) ក្នុងប្រអប់ត្រូវបញ្ចូលទំហំមធ្យមសំណាក106.4.

c) ក្នុងប្រអប់ត្រូវបញ្ចូលចំនួនគម្លាតស្តង់ដារ15

ជំហានទី3៖ ក្នុងប្រអប់របស់ [Perform hypothesis test, then type in the Hypothesized value] ត្រូវបញ្ចូលតម្លៃរបស់ μ ស្មើ**101.5.**

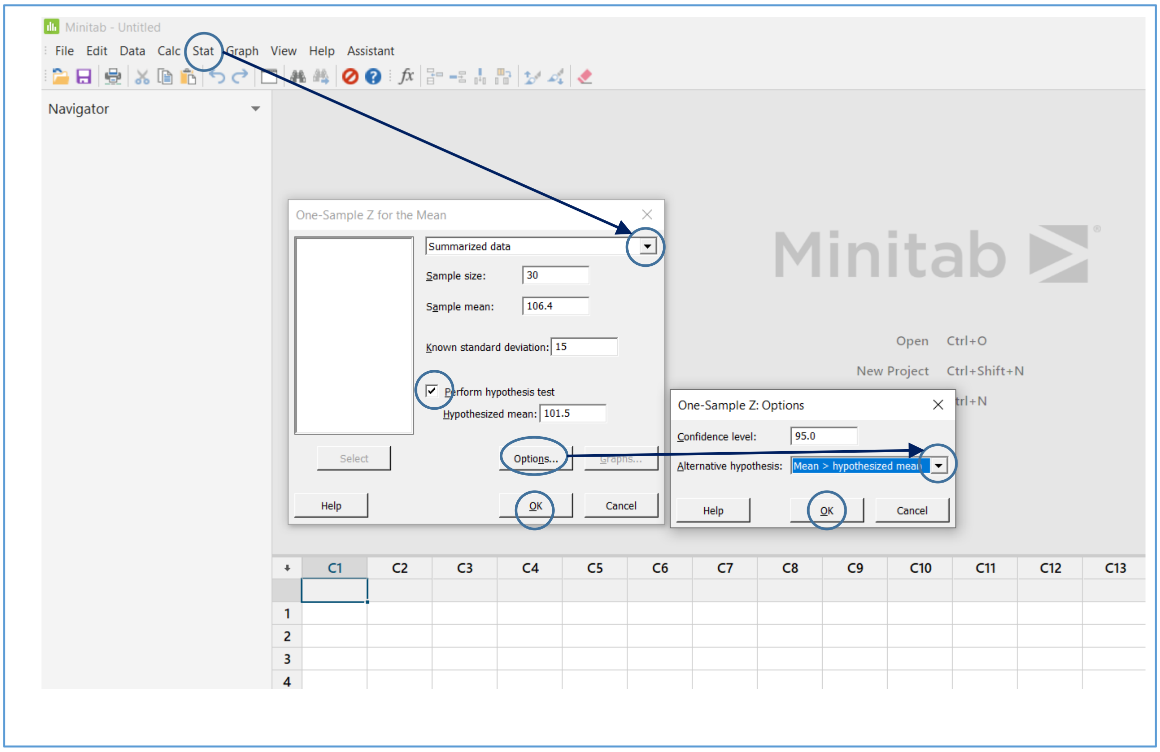
ជំហានទី4៖ ចុចលើ [Options].

a) ក្នុងប្រអប់ [Confidence level] ត្រូវបញ្ចូលតម្លៃរបស់កម្រិតជឿជាក់ **95%.**

b) ចុចលើ [Alternative hypothesis] ហើយជ្រើសរើសយកពាក្យ "**Greater than.**"

ជំហានទី5៖ បន្ទាប់មកចុចលើពាក្យពីរដង [OK].

បន្ទាប់មក អ្នកនឹងឃើញលទ្ធផលរួមទាំងការប៉ាន់ស្មាននៃចន្លោះជឿជាក់។ ស្ថិតិតេស្ត z = 1.79 ជាមួយ p-value = 0.037 ។ ដោយសារតម្លៃ p-value < α នោះសម្មតិកម្មទទេ (H_0) ត្រូវបានបដិសេធ។



ដ្យាក្រាម៨.១៥. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងស្តាំតាមវិធីសាស្ត្រ p-value ដោយប្រើកម្មវិធី Minitab

១០.២. ការអនុវត្តកម្មវិធី MegaSta

ឧទាហរណ៍៖ ប្រាក់ខែគ្រូបង្រៀនជំនួស (Substitute Teachers' Salaries)

អ្នកអប់រំម្នាក់បានអះអាងថា ប្រាក់ខែជាមធ្យមរបស់គ្រូជំនួសនៅតាមសាលារៀននានាក្នុងខេត្តAllegheny នៃរដ្ឋ Pennsylvania គឺតិចជាង 60ដុល្លារក្នុងមួយថ្ងៃ។ គំរូចៃដន្យនៃមណ្ឌលសិក្សាចំនួន 8 ត្រូវបានជ្រើសរើស ហើយប្រាក់ខែប្រចាំថ្ងៃ (គិតជាដុល្លារ) ត្រូវបានបង្ហាញដូចទិន្នន័យខាងក្រោម។ តើមានភស្តុតាងគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីបញ្ជាក់ថា ការអះអាងរបស់អ្នកអប់រំនៅកម្រិត $\alpha = 0.10$ ត្រឹមត្រូវដែរឬទេ? សន្មតថា អថេរគឺជារបាយណ៍ម៉ាល់។

60 56 60 55 70 55 60 55

ដំណោះស្រាយ៖

យើងប្រើកម្មវិធី MegaSta ដោយយក t-test មកប្រើ (ពីព្រោះ n < 30) និង តាមវិធីសាស្ត្រ p-value។ ដូច្នេះ មិនបាច់បញ្ចូលកម្រិតសំខាន់ $\alpha = 0.10$។

ជំហានទី1៖ បញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកូឡាន A ក្នុងកម្មវិធីរបស់ EXCEL.

ជំហានទី2៖ លើ Toolbarរបស់កម្មវិធី Excel: អ្នកត្រូវរកពាក្យ [Data] → រកពាក្យ [MegaStat] នៅខាងលើនៃជ្រុងខាស្តាំ → រួចចុចយក [Hypothesis Tests] → ហើយយក [Mean vs Hypothesized Value]

ជំហានទី3៖ អ្នកត្រូវតែជ្រើសរើសយកទិន្នន័យពីជួរ A1:A8 ដាក់ក្នុងប្រអប់របស់ [as the Input Range].

ជំហានទី4៖ វាយបញ្ចូលលេខ 60 សម្រាប់មធ្យមនៃការតេស្តសម្មតិកកម្មនឹងត្រូវជ្រើសរើសយក ["Less Than" Alternative].

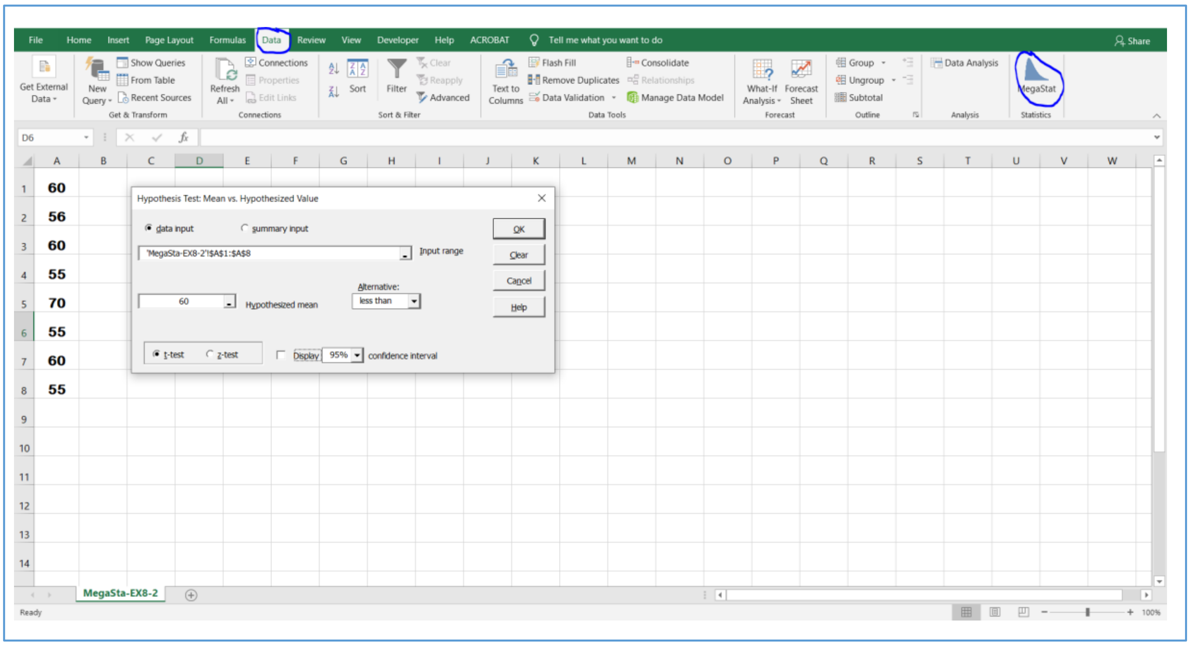
ជំហានទី5៖ ជ្រើសរើសយក *t* test រួចចុចលើពាក្យ [OK].

យើងអាចមើលក្រហ្វិកទី 8.16 សម្រាប់ការស្វែងយល់បន្ថែមក្នុងដំណើរនៃតេស្តសម្មតិកម្ម។ បន្ទាប់មក លទ្ធផលបានបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖

Hypothesis Test: Mean vs. Hypothesized Value

60.000	hypothesized value
58.875	mean Data
5.083	std. dev.
1.797	std. error
8	n
7	df
-0.626	t
0.2756	**p-value (one-tailed, lower)**

លទ្ធផលខាងលើបង្ហាញថា p-value = 0.2756 > 0.05 ។ ដូច្នេះ H_0 គឺមិនត្រូវបានបដិសេធទេ។



ដ្យាក្រាម៨.១៦. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មខាងឆ្វេងតាមវិធីសាស្ត្រ p-value ដោយប្រើកម្មវិធី MegaSta

១១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ជំពូកនេះផ្តល់នូវចំណេះដឹងជាមូលដ្ឋានយ៉ាងសំខាន់អំពីការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។ សម្មតិកម្មស្ថិតិគឺជាអំណះអំណាងអំពីសាកលស្ថិតិ។ សម្មតិកម្មស្ថិតិមានពីរប្រភេទគឺសម្មតិកម្មទទេ (Null Hypothesis: H_0) និងសម្មតិកម្មជំនួស (Alternative Hypothesis: H_a)។ សម្មតិកម្មទទេបញ្ជាក់ថាមិនមានភាពខុសគ្នារវាងប៉ារ៉ាម៉ែតពីរទេ។ រីឯសម្មតិកម្មជំនួសបញ្ជាក់ពីភាពខុសគ្នារវាងប៉ារ៉ាម៉ែតពីរ។ ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទទេ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវប្រើវិធីសាស្ត្រតេស្តស្ថិតិដូចជាការប្រើវិធីសាស្ត្រ៖ (1) វិធីសាស្ត្រកម្រិតសំខាន់ (Critical value) និង (2) វិធីសាស្ត្រ p-value ជាដើម។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ យើងមានកម្មវិធីមួយចំនួនទៀត ដែលអាចជួយក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មឱ្យមានប្រសិទ្ធភាពដូចជា៖ Minitab, MegaSta, SAS, SPSS, STATA, និង R programing ជាដើម។ មេរៀននេះក៏បានផ្តល់ផងដែរនូវវិធីសាស្ត្រធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈកម្មវិធី MegaSta, និង Minitab សម្រាប់ជាឧបករណ៍ជំនួយដល់ការអនុវត្តដើម្បីអ្នកសិក្សាអាចធ្វើការវិភាគទិន្នន័យដែលទាក់ទងទៅនិងទស្សនៈ និងទ្រឹស្តីក្នុងមេរៀននេះ។

មេរៀនទី៩ ទំនាក់ទំនងនិងពហុរីក្រេសសិន

ការវិភាគដោយប្រើរីក្រេសសិន (Correlation and Multiple Regression) ជាការពិពណ៌នា និងបកស្រាយទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យនិងអថេរមិនឯករាជ្យ។ មេរៀនេះពន្យល់លម្អិតអំពីការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដើម្បីព្យាកររវាងអថេរ។ រីក្រេសសិនគឺជាវិធីសាស្ត្រស្ថិតិសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យ រួមទាំងការបកស្រាយលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវផងដែរ។ រីក្រេសសិនគឺជាវិធីសាស្ត្រគួរឱ្យទុកចិត្តបំផុត ដែលភាគច្រើនត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយ និងអាចប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តលើគ្រប់ផ្នែកនៃអាជីវកម្ម។ គោលបំណងនៃការវិភាគដោយប្រើរីក្រេសសិនគឺដើម្បីព្យាករតម្លៃអថេរមិនឯករាជ្យតែមួយដែលអ្នកស្រាវជ្រាវអាចកំណត់ថា តើអថេរមួយជាអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមួយទៀតជាអថេរមិនឯករាជ្យ។ រីក្រេសសិនត្រូវបានបែងចែកជាពីរគឺៈ ពហុរីក្រេសសិន (Multiple regression) និង រីក្រេសសិនងាយ ឬសាមញ្ញ (Simple regression)។ វិធីសាស្ត្រទាំងពីរនេះ ដែលត្រូវបានប្រើសម្រាប់វាយតម្លៃលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ ត្រូវបានពន្យល់យ៉ាងលម្អិតក្នុងមេរៀននេះ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ដើម្បីសិក្សាអំពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ (Correlation) និងរីក្រេសសិន (Regression) គេត្រូវស្វែងយល់អំពីប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) ជាមុនសិន ពីព្រោះវាជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការបង្កើតឱ្យមានដូចជាទំនាក់ទំនងអថេរ និងមេគុណប្រាប់ទិសជាដើម។ មេរៀននេះនឹងបង្ហាញពីវិធីសាស្ត្រសម្រាប់កំណត់ថា តើអថេរដែលគេចង់សិក្សាមានការទាក់ទងរវាងគ្នាឬទេ។ ចំពោះទំនាក់ទំនងអថេរជា**លីនេអ៊ែរ** យើងអាចកំណត់សមីការបន្ទាត់ មួយដែលបង្ហាញពីចំណុចល្អបំផុតទៅនឹងទិន្នន័យ ហើយតាមរយៈសមីការនោះ គេអាចស្មានតម្លៃអថេរមួយដែលនឹងផ្តល់តម្លៃអថេរផ្សេងទៀត (Triola, 2019)។ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ (Correlation) កើតមានឡើង លុះត្រាតែតម្លៃនៃអថេរមួយត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់ទៅនឹងតម្លៃនៃអថេរផ្សេងទៀត។ រីឯទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងពីរអថេរ (Linear Correlation) អាចកើតមានឡើង នៅពេលដែលវាមានទំនាក់ទំនងនឹងគ្នា ហើយចំណុចកូអរដោនេដែលគេបានដៅតាមគូតម្លៃ (Paired data) នៃទិន្នន័យ តម្រៀបគ្នាបានជារាងស្រដៀងនឹងបន្ទាត់ ដែលអាចប៉ាន់ស្មានលទ្ធផលបាន។

មេរៀននេះពន្យល់អំពីរបៀបវិភាគដោយប្រើរីក្រេសសិនដែលជួយបង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីឬច្រើន។ ការវិភាគទិន្នន័យដោយប្រើរីក្រេសសិននាំទៅរកការជ្រើសរើសសំណាក ដែលបង្ហាញពីរបៀបដែលអថេរឯករាជ្យមួយឬច្រើនត្រូវបានប្រើដើម្បីទស្សទាយតម្លៃនៃអថេរផ្សេងទៀតហៅថាអថេរមិនឯករាជ្យ។ ទម្រង់គំរូនៃរីក្រេសសិនគឺជាការកំណត់ប្រភេទទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ X និងអថេរមិនឯករាជ្យ Y តាមបែបគណិតវិទ្យា។ ដូច្នេះ អ្នកអាចកំណត់ឥទ្ធិពលដែលអថេរឯករាជ្យធ្វើឱ្យអថេរមិនឯករាជ្យមានការប្រែប្រួល (Berenson et al., 2014)។

២. ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) និងទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation)

ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) គឺជាក្រាហ្វិចបង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងគូអថេរឯករាជ្យ ដែលតាងដោយ X និងអថេរមិនឯករាជ្យ ដែលតាងដោយ Y (Bluman, 2018)។ ក្នុងការសិក្សាទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation) និងរីក្រេសសិនងាយ (Simple Regression) អ្នកស្រាវជ្រាវប្រមូលទិន្នន័យសម្រាប់អថេរជាលេខឬបរិមាណ ដើម្បី

មើលឱ្យដឹងថា តើមានទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឬទេ។ ឧទាហរណ៍ថា អ្នកស្រាវជ្រាវម្នាក់ចង់ដឹងថា តើមានទំនាក់ទំនងរវាងចំនួនម៉ោងសិក្សានិងពិន្ទុនៃការប្រលងណាមួយឬទេ។ គាត់ត្រូវជ្រើសរើសយកសំណាកដោយចៃដន្យរបស់និស្សិត កំណត់ចំនួនម៉ោងសិក្សានីមួយៗ និងពិន្ទុដែលពួកគេទទួលបានពីការប្រឡងនោះ រួចហើយបង្កើតជាតារាងទិន្នន័យដូចខាងក្រោម។

តារាង៩.១. ប្លង់ពង្រាយ និងទំនាក់ទំនង

និស្សិត	ចំនួនម៉ោងសិក្សា (X)	ពិន្ទុ (Y)
A	6	82
B	2	63
C	1	57
D	5	88
E	2	68
F	3	75

-

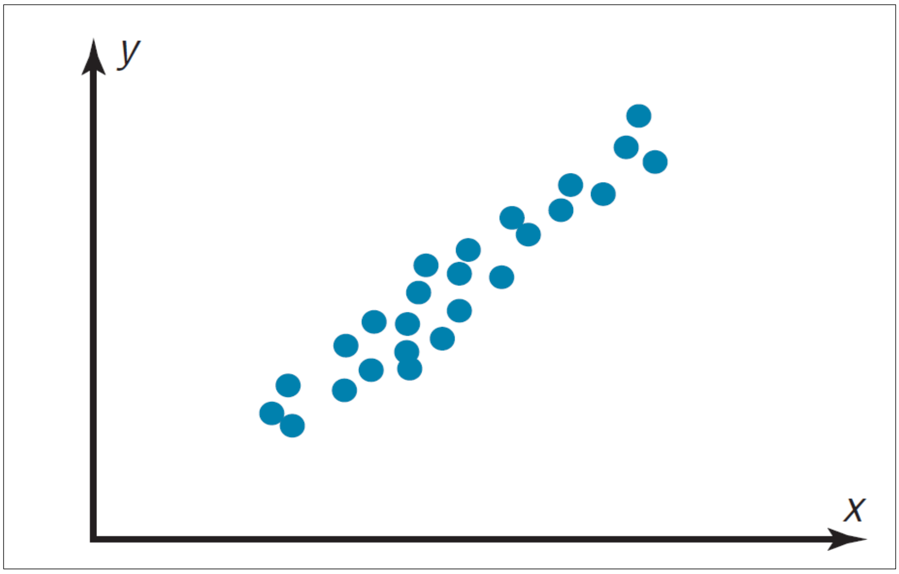
អថេរពីរសម្រាប់ការសិក្សានេះត្រូវបានគេហៅថាអថេរឯករាជ្យ (Independent Variable: X) និងអថេរមិនឯករាជ្យ (ឬអថេរអាស្រ័យ) (Dependent Variable: Y)។ អថេរឯករាជ្យគឺជាអថេរសម្រាប់តម្រង់ទិសដៅដែលគេអាចគ្រប់គ្រងឬរៀបចំបានសម្រាប់ព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យ។ ក្នុងករណីនេះ ចំនួនម៉ោងសិក្សាគឺជាអថេរឯករាជ្យ ដែលតាងដោយអក្សរ X។ ចំណែកអថេរមិនឯករាជ្យគឺអថេរសម្រាប់តម្រង់ទិសដែលមិនអាចគ្រប់គ្រងឬរៀបចំបាន។ កម្រិតពិន្ទុដែលនិស្សិតទទួលបានពីការប្រឡងគឺជាអថេរមិនឯករាជ្យដែលតាងដោយអក្សរ Y។ ហេតុផលសម្រាប់ភាពខុសគ្នារវាងអថេរពីរនេះគឺ អ្នកសន្មតថា កម្រិតពិន្ទុដែលសិស្សទទួលបានគឺអាស្រ័យលើចំនួនម៉ោងដែលនិស្សិតបានសិក្សា។ ដូចគ្នាដែរ អ្នកសន្មតថា ក្នុងកម្រិតណានោះ និស្សិតអាចកំណត់ឬគ្រប់គ្រងចំនួនម៉ោងដែលគាត់បានសិក្សាសម្រាប់ការប្រឡង។ អថេរឯករាជ្យគឺជាអថេរពន្យល់ ឬប្រាប់ពីហេតុ។ រីឯអថេរមិនឯករាជ្យគឺជាអថេរឆ្លើយតប ឬប្រាប់ពីផល។

៣. ប្រភេទនៃទំនាក់ទំនង (Types of Relationships)

អថេរឯករាជ្យនិងអថេរមិនឯករាជ្យអាចត្រូវបានពង្រាយ និងគូសនៅលើប្លង់កូអរ៉ដោណេមួយដែលហៅថាប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot)។ អថេរឯករាជ្យ X ត្រូវបានដាក់លើអ័ក្សដេក (Axis: X) ហើយអថេរមិនឯករាជ្យត្រូវបានដាក់នៅលើអ័ក្សឈរ (Ordonez: Y)។ ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) អាចជួយឲ្យយើងមើលឃើញនិងអាចពិពណ៌នាបានអំពីលក្ខណៈនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យនិងអថេរមិនឯករាជ្យ។ ខ្នាតរង្វាស់នៃអថេរអាចខុសគ្នា ហើយកូអរដោនេនៃអ័ក្សត្រូវបានកំណត់ដោយតម្លៃទិន្នន័យពីតូចបំផុតនិងធំបំផុតនៃអថេរ។ យើងអាចកំណត់នូវទិសដៅនៃទំនាក់ទំនងជាបួនប្រភេទគឺ៖

ក. ទំនាក់ទំនងវិជ្ជមាន (Positive Relationship)

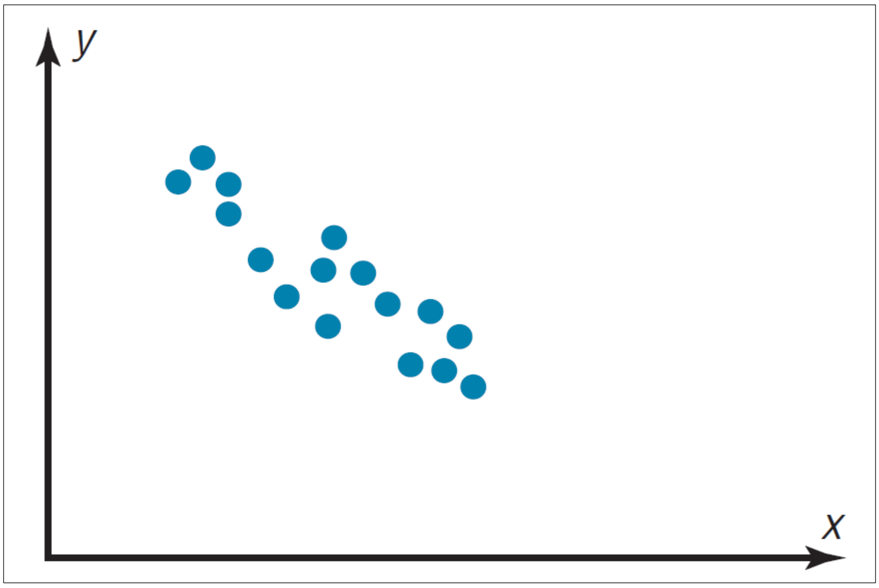
ក្រាហ្វិក៩-១ បង្ហាញពីទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**វិជ្ជមាន។ គេថាអថេរពីរមានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមាននៅពេលតម្លៃនៃអថេរឯករាជ្យ (X) កើនឡើង តម្លៃនៃអថេរមិនឯករាជ្យ (Y) ក៏កើនដែរ។ ដូចគ្នាដែរ ចំណុចរាយប៉ាយទាំងនេះតម្រៀបគ្នាបានជារាងស្រដៀងនឹងបន្ទាត់ដែលទ្រេតពីឆ្វេងទៅស្តាំតាមបែបអនុគមន៍កើន។



*ដ្យាក្រាម៩.១. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**វិជ្ជមាន(Positive Linear Relationship)*

ខ. ទំនាក់ទំនងអវិជ្ជមាន (Negative Relationship)

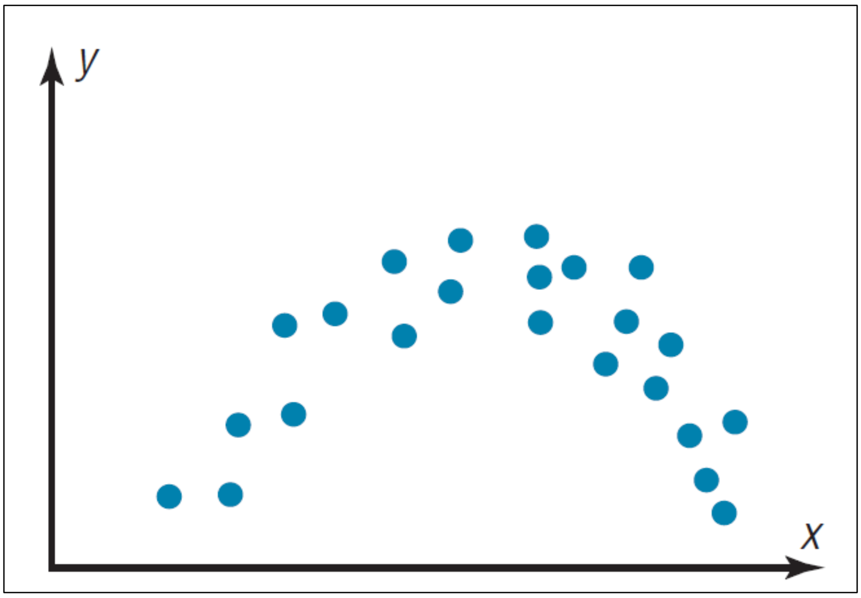
ក្រាហ្វិក៩-២ បង្ហាញទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**អវិជ្ជមាន។ គេថាអថេរពីរមានទំនាក់ទំនងអវិជ្ជមាននៅពេលតម្លៃនៃអថេរឯករាជ្យកើនឡើង តម្លៃនៃអថេរមិនឯករាជ្យបែរជាថយចុះទៅវិញ។ ដូចគ្នាដែរ ចំណុចរាយប៉ាយទាំងនេះតម្រៀបគ្នាបានជារាងស្រដៀងនឹងបន្ទាត់ដែលទ្រេតពីស្តាំទៅឆ្វេងតាមបែបអនុគមន៍ចុះ។



*ដ្យាក្រាម៩.២. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**អវិជ្ជមាន(Negative Linear Relationship)*

គ. ទំនាក់ទំនងរាងខ្សែកោង (Curvilinear Relationship)

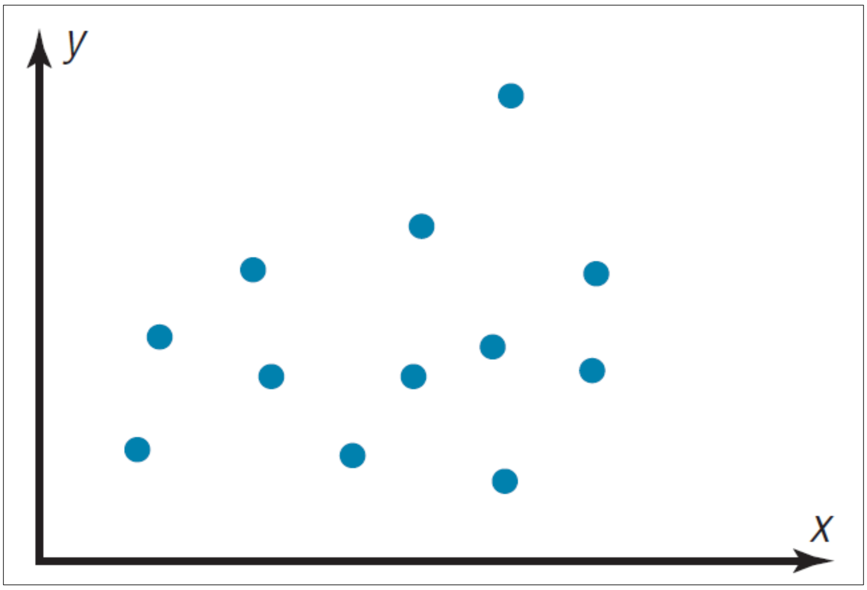
ក្រាហ្វិក៩-៣ បង្ហាញទំនាក់ទំនងរាងខ្សែកោង។ ទំនាក់ទំនងរបៀបនេះបង្ហាញថា នៅពេលដែលអថេរមួយកើនអថេរផ្សេងទៀតក៏កើនឡើងដែរ ប៉ុន្តែវាកើនឡើងដល់ចំនុចជាក់លាក់ណាមួយប៉ុណ្ណោះ ហើយក៏មានការថយចុះទៅវិញជាមួយគ្នា។



ដ្យាក្រាម៩.៣. ទំនាក់ទំនងរាងខ្សែកោង (Curvilinear Relationship)

ឃ. គ្មានទំនាក់ទំនង (No Relationship)

ក្រាហ្វិក ៩-៤ បង្ហាញថា អថេរឯករាជ្យនិងអថេរមិនឯករាជ្យគ្មានទំនាក់ទំនងរវាងគ្នាទេ ព្រោះវាមិនអាចពង្រាយ ឬ តម្រៀបគ្នាតាមរាងខ្សែត្រង់ ឬខ្សែកោងណាមួយបាន។

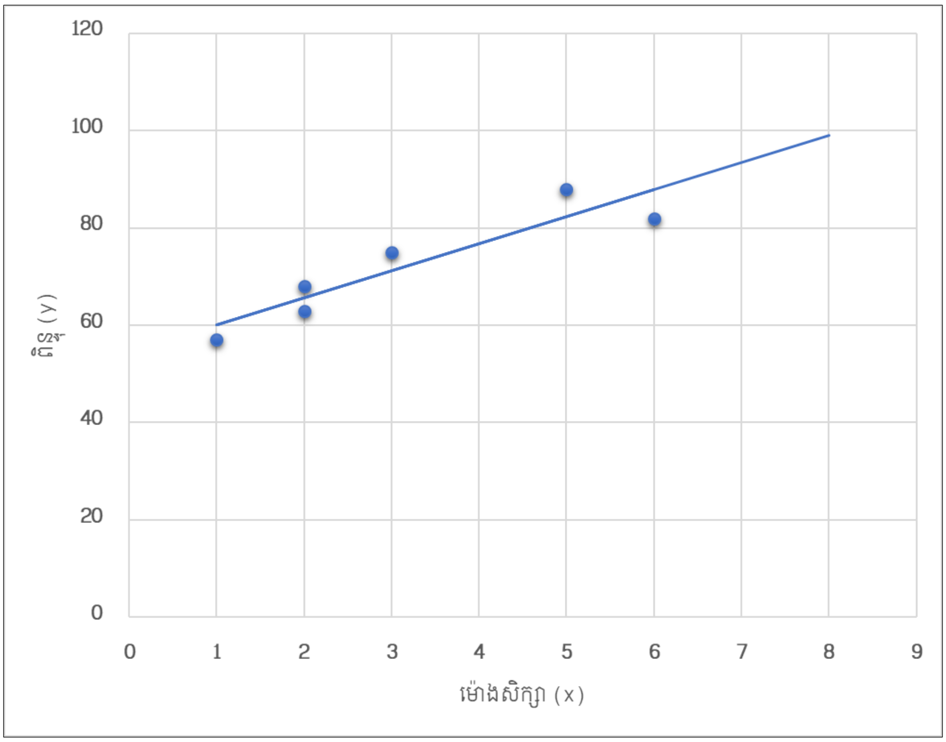


ដ្យាក្រាម៩.៤. គ្មានទំនាក់ទំនង (No Relationship)

ឧទាហរណ៍៖ ដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបគូសដ្យាក្រាមខាងលើនេះ យើងសូមលើកយកទិន្នន័យ ក្នុងតារាង៩-១ ខាងលើមកធ្វើជាឧទាហរណ៍ ដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបគូសដ្យាក្រាម ឬប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) តាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ គូសអ័ក្ស X និង Y តាមសម្មតិកម្មក្នុងតារាងខាងលើ។

ជំហានទី2៖ ដៅចំណុចកូអរដោនេនីមួយៗក្នុងប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) ដែលផ្តុំដោយអ័ក្ស X និង អ័ក្ស Y នោះ។



*ដ្យាក្រាម៩.៥. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**វិជ្ជមានរវាងម៉ោងសិក្សានិងលទ្ធផលពិន្ទុប្រឡង*

ជំហានទី3៖ កំណត់ប្រភេទនៃទំនាក់ទំនងដែលមាន(ប្រសិនបើវាមាន)។

លទ្ធផលនៃដ្យាក្រាម ៩-៥ បង្ហាញថា ចំនួនម៉ោងសិក្សានិងលទ្ធផលនៃពិន្ទុប្រឡងមានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានរវាងគ្នា។ បានន័យថា ប្រសិនបើនិស្សិតបានសិក្សាកាន់តែច្រើនម៉ោង ពួកគាត់នឹងទទួលបានពិន្ទុកាន់តែខ្ពស់។

ឧទាហរណ៍ទី 9-2៖ កំណត់ទំនាក់ទំនងរវាងអវត្តមាន និងពិន្ទុសរុបចុងក្រោយ

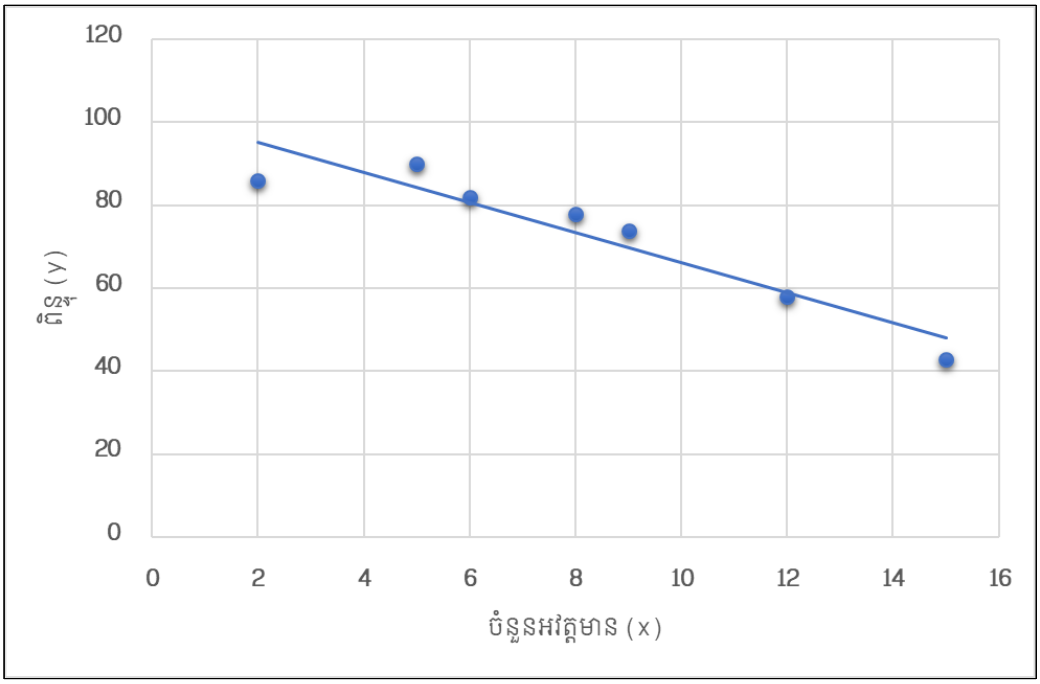
ចូរសង់ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) សម្រាប់ទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការសិក្សាអំពីចំនួនអវត្តមាននិងពិន្ទុសរុបចុងក្រោយនៃមុខវិជ្ជាស្ថិតិរបស់និស្សិត ដែលបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យចំនួនប្រាំពីនាក់តាមទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

តារាង៩.២. អវត្តមាននិងលទ្ធផលពិន្ទុ

និស្សិត	ចំនួនអនុវត្តមាន (X)	លទ្ធផលពិន្ទុ (Y)
A	6	82
B	2	86
C	15	43
D	9	74
E	12	58
F	5	90
G	8	78

ជំហានទី1៖ គូសអ័ក្ស X និង Y ទៅតាមសម្មតិកម្មក្នុងតារាងខាងលើ

ជំហានទី2៖ ដៅចំណុចកូអរដោនេនីមួយៗក្នុងប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) ដែលផ្តុំដោយអ័ក្ស X និងអ័ក្ស Y នោះ។



*ដ្យាក្រាម៩.៦. ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**អវិជ្ជមានរវាងម៉ោងសិក្សានិងលទ្ធផលពិន្ទុចុងក្រោយ*

ជំហានទី2៖ កំណត់ប្រភេទនៃទំនាក់ទំនងដែលមាន(ប្រសិនបើវាមាន)

ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot) ក្នុងដ្យាក្រាមទី 9.6 បង្ហាញថា មានទំនាក់ទំនងអវិជ្ជមានរវាងចំនួនអវត្តមាន និងពិន្ទុសរុបចុងក្រោយរបស់និស្សិតដែលបានចូលរៀនមុខវិជ្ជាស្ថិតិ។

៣. ទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation)

អ្នកវិភាគស្ថិតិសន្មតថា មេគុណទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ (Correlation Coefficient) ជាធាតុកំណត់ភាពខ្លាំងនៃទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងអថេរពីរ។ មេគុណទំនាក់ទំនងមានពីរប្រភេទគឺមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរសាកលស្ថិតិ (The Population Correlation Coefficient) និងមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ**លីនេអ៊ែរ** (The Linear Correlation Coefficient)។

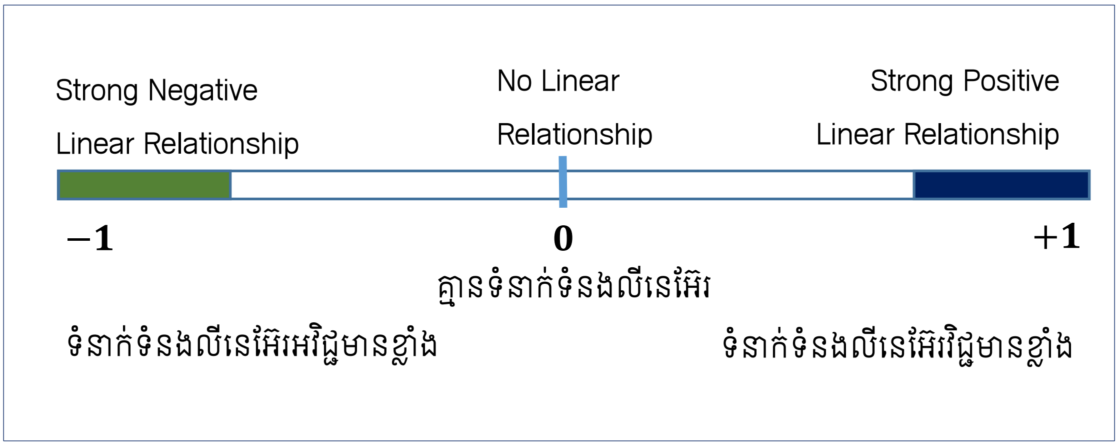
៣.១. មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរសាកលស្ថិតិ (The Population Correlation Coefficient)

មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរសាកលស្ថិតិដែលតាងដោយអក្សរក្រិក ρ គឺជាការទាក់ទងគ្នាដែលត្រូវបានគណនាដោយប្រើគូតម្លៃនៃទិន្នន័យ (X និង Y) ដែលតំណាងការសិក្សាលើទំហំសាកលស្ថិតិ (Bluman, 2018)។

៣.២. មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរលីនេអ៊ែរ (The Linear Correlation Coefficient)

មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ**លីនេអ៊ែរ**គណនាពីទិន្នន័យរបស់សំណាកដែលអាចវាស់ភាពខ្លាំងនិងទិសដៅនៃទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងអថេរបរិមាណពីរ។ និមិត្តសញ្ញាតាងមេគុណគំរូស្ថិតិនេះគឺ r (Bluman, 2018)។ មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ**លីនេអ៊ែរ**ដែលបានពន្យល់នៅក្នុងផ្នែកនេះត្រូវបានគេហៅថា “the Pearson Product Moment Correlation Coefficient (PPMC)” ដែលយកតាមឈ្មោះ អ្នកវិភាគស្ថិតិ Karl Pearson (1857–1936) ដែលបានដឹកនាំការស្រាវជ្រាវអំពីមេគុណនេះ។

មេគុណទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ** ដែលតាងដោយអក្សរ r ត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះ -1 និង $+1$ ។ ប្រសិនបើតម្លៃមេគុណ r នេះវិជ្ជមាន ហើយខិតទៅរក $+1$ នោះមានន័យថា អថេរមានទំនាក់ទំនងគ្នាកាន់តែខ្លាំង។ មេគុណ r នេះអវិជ្ជមាន ហើយខិតទៅរក -1 នោះមានន័យថា អថេរទាំងនោះមានទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងគ្នាកាន់តែខ្លាំង។ នៅពេលដែលតម្លៃរបស់ r ខិតទៅរក 0 នោះមានន័យថា អថេរទាំងនោះមិនមានទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងគ្នាកាន់តែខ្សោយ។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ នៅពេលដែលមេគុណ r មានតម្លៃស្មើ ឬជិតដល់សូន្យ វាបញ្ជាក់ថា អថេរទាំងនោះមិនមានទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងគ្នាទេ។



*ដ្យាក្រាម៩.៧. មេគុណទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ***

៤. វិធានសម្រាប់មេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ (Rule for the Correlation Coefficient)

ជាទូទៅ យើងតែងតែបង្គត់តម្លៃ r ដោយយកលេខត្រឹមបីខ្ទង់ក្រោយក្បៀស។ រូបមន្តខាងក្រោមនេះសម្រាប់គណនាមេគុណទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ។

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\,[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

ដែល៖

- r គឺមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation Coefficient)
- n គឺទំហំសំណាក (Sample Size)
- X គឺអថេរឯករាជ្យ (Independent variable)
- Y គឺអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variable)
- $\sum X$ គឺផលបូកសរុបនៃអថេរឯករាជ្យ
- $\sum Y$ គឺផលបូកសរុបរបស់អថេរឯករាជ្យ

ឧទាហរណ៍៖ ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត (Car Rental Companies)

ចូរគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**សម្រាប់ទិន្នន័យខាងក្រោម៖

តារាង៩.៣. ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត

ក្រុមហ៊ុន	ចំនួនរថយន្ត (X)/គិតជា 10000ឯកតា	ចំណូលពីការជួល (Y)/(millions)
A	63.0	$7.0
B	29.0	3.9
C	28.0	2.1
D	19.1	2.8
E	13.4	1.4
F	8.5	1.5
G	8	78

ក្នុងករណីនេះ អ្នកត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោមនេះ ដែលអាចជួយសម្រួលក្នុងការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ៖

ជំហានទី1៖ រៀបចំតារាងឡើងវិញដោយបន្ថែមជួរឈរ XY, X^2, Y^2 សម្រាប់ជំហានទី2 ដូចបង្ហាញក្នុងតារាង៩.៤។

តារាង៩.៤. ការប៉ាន់ស្មានពីចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត

ក្រុមហ៊ុន	X	Y	XY	x^2	y^2
A	63	$7.00	$441.00	3,969.00	$49.00
B	29	3.9	$113.10	841	$15.21
C	20.8	2.1	$43.68	432.64	$4.41
D	19.1	2.8	$53.48	364.81	$7.84
E	13.4	1.4	$18.76	179.56	$1.96
F	8.5	1.5	$12.75	72.25	$2.25
សរុប	$\sum X = 153.8$	$\sum Y = 18.70$	$\sum XY = 682.77$	$\sum X^2 = 5859.26$	$\sum Y^2 = \$80.67$

ជំហានទី2៖

- ដាក់តម្លៃ X ទៅក្នុងជួរឈរ X និងតម្លៃ Y ទៅក្នុងជួរឈរ Y។
- គុណតម្លៃ X នីមួយៗនឹងតម្លៃ Y ដែលត្រូវគ្នា រួចដាក់ផលគុណនេះទៅក្នុងជួរឈរ XY។
- លើកតម្លៃ X នីមួយៗជាការេ ហើយដាក់តម្លៃ X ការេនោះទៅក្នុងជួរឈរ X^2។
- លើកតម្លៃ Y នីមួយៗជាការេ ហើយដាក់តម្លៃ Y ការេនោះទៅក្នុងជួរឈរ Y^2 ។ រួចហើយ
- គណនាផលបូកតាមជួរឈរនីមួយៗ។

ជំហានទី3៖ ជំនួសនៅក្នុងរូបមន្តនិងរកតម្លៃមេគុណ r

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\,[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

$$r = \frac{6(682.77) - (153.8)(18.7)}{\sqrt{[6(5859.26) - (153.8)^2][(6)(80.67) - (18.7)^2]}} = 0.982$$

ជំហានទី4៖ សន្និដ្ឋាន

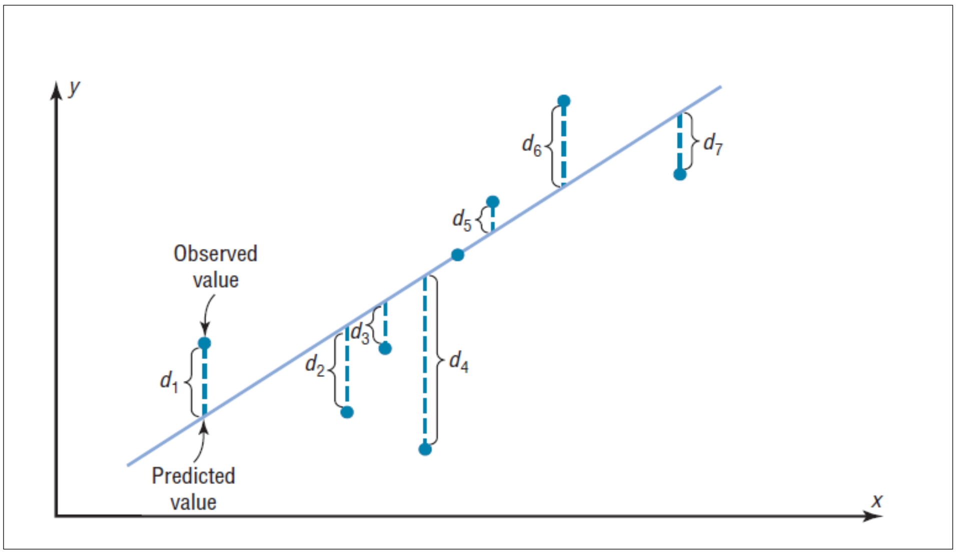
មេគុណ $r =$ 0.982 បង្ហាញទិសដៅវិជ្ជមានក្នុងកម្រិតខ្ពស់ ឬខ្លាំង រហូតដល់ 98.20% ដែលបញ្ជាក់ពីទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានរវាងចំនួនរថយន្តដែលទីភ្នាក់ងារជួលនិងប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំ។ ដូច្នេះ បើមានការជួលរថយន្តកាន់តែច្រើននោះ ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំដែលក្រុមហ៊ុនទទួលបានក៏កាន់តែច្រើនដែរ។

៩. រីក្រេសសិន (Regression)

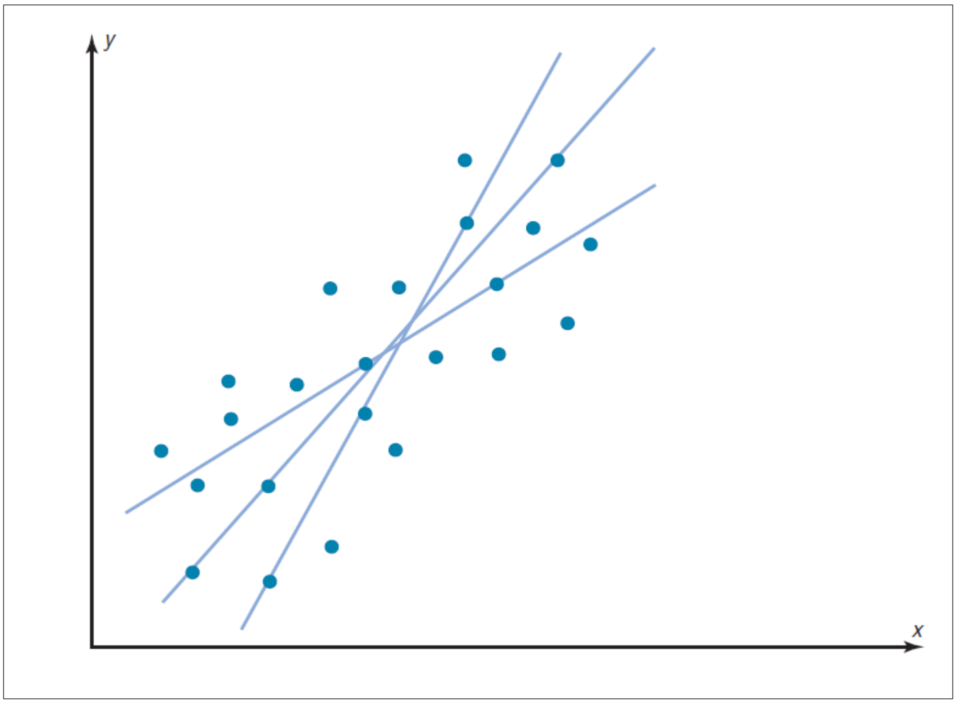
ក្នុងការសិក្សាទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរដែលបានពីការប្រមូលទិន្នន័យ គេត្រូវសង់ប្លង់ពង្រាយ (Scatter Plot)។ គោលបំណងនៃការសង់ប្លង់ពង្រាយគឺដើម្បីកំណត់រាងនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ។ បន្ទាប់ពីប្លង់ពង្រាយ និងទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**ត្រូវបានកំណត់រួច គេត្រូវគណនាតម្លៃនៃមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរដើម្បីធ្វើតេស្តឱ្យឃើញនូវសារៈសំខាន់ (Significant) នៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងនោះ។ ប្រសិនបើតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរនេះពិតជាមានសារៈសំខាន់មែន ជំហានបន្ទាប់ គេត្រូវកំណត់សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន (Regression Line) ដែលអាចបញ្ជាក់ថា ទិន្នន័យមានទំនាក់ទំនងល្អបំផុត (Best fit) រវាងអថេរ X និង Y។ គោលបំណងនៃបន្ទាត់រីក្រេសសិន (Regression Line) គឺដើម្បីឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវអាចមើលឃើញពីនិន្នាការដើម្បីធ្វើការព្យាករដោយផ្អែកលើមូលដ្ឋានទិន្នន័យដែលបានយកមកសិក្សា។

៩.១. បន្ទាត់ល្អបំផុត (Line of Best Fit)

បន្ទាត់ល្អបំផុតមានន័យថា ផលបូកការ៉េនៃចម្ងាយបញ្ឈរពីបន្ទាត់ទៅចំណុចនីមួយៗដែលស្ថិតនៅចំពីលើបន្ទាត់រីក្រេសសិន។



ដ្យាក្រាម៩.៨. បន្ទាត់រីក្រេសសិនល្អបំផុត



ដ្យាក្រាម៩.៩. បន្ទាត់រីគ្រេសសិនល្អបំផុត

៥.២. ការកំណត់សមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន

មេរៀននេះពិភាក្សាអំពីគំរូរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរងាយ** (Simple Linear Regression Model) ដែលប្រើអថេរឯករាជ្យ (X: Independent variable) តែមួយដើម្បីព្យាករអថេរមិនឯករាជ្យ (Y: Dependent variable)។ រីឯគំរូពហុរីគ្រេសសិន (Multiple Regression Model) ដែលមានអថេរឯករាជ្យពីរឬច្រើន (X_1, X_2, X_3...,X_n) សម្រាប់ព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យ (Y: Dependent variable)ក៏ត្រូវបានលើកយកមកសិក្សាផងដែរ។

៥.២.១. គំរូរីគ្រេសសិនលីនេអ៊ែរងាយ (Simple Linear Regression Models)

ការប្រើប្លង់ពង្រាយ (Scatter plot) គឺដើម្បីបង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ X និង Y។ ប្លង់ពង្រាយ (Scatter plot) អាចជួយណែនាំចំណុចចាប់ផ្តើមសម្រាប់ការវិភាគរីគ្រេសិន។ ម៉ូដែលរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរងាយ** តំណាងឱ្យទំនាក់ទំនងសាមញ្ញបំផុតនៃទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ** (Berenson et al., 2014)។ សមីការរីគ្រេសិន**លីនេអ៊ែរ**ងាយគឺ $Y_i \;\; = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$

ដែល៖

- β_0 គឺតម្លៃថេរលើអក្ស Y សម្រាប់សាកលស្ថិតិ (Y intercept for the population)។
- β_1 គឺមេគុណប្រាប់ទិសសម្រាប់សាកលស្ថិតិ (β_1: slope for the population) ។
- ε_i គឺកំហុសចៃដន្យ ឬភាពលំអៀងក្នុង Y សម្រាប់ការអង្កេតលើសន្ទស្ស i (ε_i: random error in Y for observation i)។

- Y_i គឺអថេរមិនឯករាជ្យសម្រាប់ការសង្កេតលើសន្ទស្ស i (Y_i: Dependent variable or refer to the response variable for observation i)។
- x_i គឺអថេរឯករាជ្យសម្រាប់ការសង្កេតលើសន្ទស្ស i (X_i: Independent variable or refer to the predictor variable for observation i)។

ជម្រាលនៃបន្ទាត់របស់ β_1 តំណាងឱ្យការប្រែប្រួលដែលរំពឹងទុកនៅក្នុង Y ដែលអាចនាំឱ្យមានឯកតាមួយប្រែប្រួលនៅក្នុង X ។ វាតំណាងឱ្យចំនួនមធ្យមដែល Y ប្រែប្រួល (ទាំងវិជ្ជមានឬអវិជ្ជមាន) សម្រាប់ការប្រែប្រួលឯកតាមួយនៅក្នុង X ។ តម្លៃថេរ β_0 តំណាងឱ្យតម្លៃមធ្យមរបស់ Y ពេល X ស្មើ 0។ សមាសធាតុចុងក្រោយនៃគំរូ, ε_i តំណាងឱ្យកំហុសចៃដន្យ ឬភាពលំអៀងនៅក្នុង i សម្រាប់ការសង្កេតនីមួយៗរបស់ i ។ គេអាចនិយាយម្យ៉ាងទៀតថា ε_i គឺជាចម្ងាយបញ្ឈរនៃតម្លៃជាក់ស្តែងរបស់ i ខាងលើឬទាបជាងតម្លៃរំពឹងទុកនៅលើបន្ទាត់រីក្រេសសិន។

ក្នុងពិជគណិត គេឱ្យសមីការបន្ទាត់មួយ ដែលមានរាង $y = mX + b$ ដែល m ជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់ ហើយ b គឺជាចំនួនថេរក្នុងសមីការ $y = mX + b$ ។ ក្នុងស្ថិតិ សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិនត្រូវបានសរសេរជា $Y' = a + bX$, ដែល a គឺជាចំនួនថេររបស់សមីការ Y' ហើយ b គឺជាមេគុណប្រាប់ទិសរបស់បន្ទាត់។ មានវិធីសាស្ត្រជាច្រើនសម្រាប់រកសមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន។ មេរៀននេះបង្ហាញរូបមន្តពីរសម្រាប់គណនាមេគុណប្រាប់ទិស b និងតម្លៃថេរ a ក្នុងសមីការ $Y' = \mathrm{a} + \mathrm{b}X$។

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

ដែល៖

- a គឺជាតម្លៃថេរមួយក្នុងសមីការ $Y' = a + bX$
- b គឺជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃបន្ទាត់រីក្រេសសិន
- n គឺទំហំសំណាក (Sample Size)
- X គឺអេថេរឯករាជ្យ (Independent variable)
- Y គឺអេថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variable)
- $\sum X$ គឺផលបូកសរុបនៃអថេរឯករាជ្យ
- $\sum Y$ គឺផលបូកសរុបនៃអថេរមិនឯករាជ្យ

ឬយើងអាចគណនាមេគុណប្រាប់ទិស b និងតម្លៃថេរ a តាមវិធីសាស្ត្រមួយទៀតដូចខាងក្រោម៖

ឧបមាថា យើងមានសមីការរីក្រេសសិនងាយមួយ (Simple Regression Equation)៖

$Y_i = b_0 + b_1 X_i$ ដែល៖

- n គឺជាទំហំសំណាក (sample size)
- $\sum_{i=1}^{n} X_i$ គឺផលបូកសរុបនៃតម្លៃ X
- $\sum_{i=1}^{n} Y_i$ គឺផលបូកសរុបនៃតម្លៃ Y
- $\sum_{i=1}^{n} X_i^2$ គឺផលបូកការេនៃតម្លៃ X
- $\sum_{i=1}^{n} Y_i^2$ គឺផលបូកការេនៃតម្លៃ Y
- $\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i$ គឺផលបូកសរុបនៃតម្លៃ X និង Y
- b_1 គឺមេគុណប្រាប់ទិស (slope)
- b_0 គឺតម្លៃថេរ (Intercept)

$$b_1 = \frac{SSXY}{SSX}$$

- $SSXY = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) - (Y_i \quad - \bar{Y}) = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)\,(\sum_{i=1}^{n} Y_i)}{n}$
- $SSX = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n}$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

- $\bar{Y} = \frac{\sum_{1=1}^{n} Y_i}{n}$
- $\bar{X} = \frac{\sum_{1=1}^{n} X_i}{n}$

ឧទាហរណ៍៖ ប្រើទិន្នន័យក្នុងតារាង៩.៥ ស្ដីពីអវត្តមាននិងលទ្ធផលពិន្ទុខាងលើ ដើម្បីកំណត់សមីការខាងលើនេះ។

តារាង៩.៥. ចំនួនអវត្តមាននិងលទ្ធផលពិន្ទុសិក្សា

និស្សិត	X (ចំនួនអវត្តមាន)	Y (លទ្ធផលពិន្ទុ)	X^2	Y^2	XY
A	6	82	36.00	6,724.00	492.00
B	2	86	4.00	7,396.00	172.00
C	15	43	225.00	1,849.00	645.00
D	9	74	81.00	5,476.00	666.00
E	12	58	144.00	3,364.00	696.00
F	5	90	25.00	8,100.00	450.00
G	8	78	64.00	6,084.00	624.00
សរុប	$\sum_{i=1}^{n} X_i$	$\sum_{i=1}^{n} Y_i$	$\sum_{i=1}^{n} X_i^2$	$\sum_{i=1}^{n} Y_i^2$	$\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i$
	57	511	579.00	38,993.00	3,745.00

- **គណនា៖**
  - n = A, B, C, D, E, F, G (n = 7)
  - $\bar{Y} = \frac{\sum_{1=1}^{n} Y_i}{n} = \frac{511}{7} = 73$
  - $\bar{X} = \frac{\sum_{1=1}^{n} X_i}{n} = \frac{57}{7} = 8.14$
  - $\sum_{i=1}^{n}(Y_i \; - \bar{Y}) = (82 - 73) + (86 - 73) + (43 - 73) + (74 - 73) + (58 - 73) + (90 - 73) + (78 - 73)$

ដូចនេះ $\sum_{i=1}^{n}(Y_i \; - \bar{Y}) = 9 + 13 + (-17) + (1) + (-15) + (17) + (5) = 13$

  - $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) = (6 - 8.14) + (2 - 8.14) + (15 - 8.14) + (9 - 8.14) + 12 - 8.14) + (5 - 8.14) + (8 - 8.14)$

ដូចនេះ $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) = (-2.14) + (-6.14) + (8.6) + (1.14) + (4.14) + (-3.14) + (-0.14)$

ចំពោះការគណនាតម្លៃ $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2$ គឺយើងយកតម្លៃ $(X_i - \bar{X})$ នីមួយៗមកលើកជាការ៉េរួចហើយគណនាផលបូកការ៉េទាំងនោះ។

  - $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = (-2.14)^2 + (-6.14)^2 + (8.6)^2 + (1.14)^2 + (4.14)^2 + (-3.14)^2 + (-0.14)^2$
  - $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = 4.5796 + 37.6996 + 66.2596 + 1.2996 + 17.1396 + 9.8596 + 0.0196$

ដូច្នេះ $\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = 136.8572 \cong 136.86$

យើងអាចសរសេរសមីការនេះដូចខាងក្រោម៖

$$b_1 = \frac{SSXY}{SSX}$$

- $SSXY = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) - (Y_i \; - \bar{Y}) = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)\,(\sum_{i=1}^{n} Y_i)}{n}$
- $SSXY = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)\,(\sum_{i=1}^{n} Y_i)}{n}$
- $SSXY = \; 3{,}745.00 - \frac{(57)(511)}{7} = -416$
- $SSX = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n}$
- $SSX = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n} = 579 - \frac{(57)^2}{7} = 579 - \frac{3{,}249}{7} = 114.857$

ដូច្នេះ $b_1 = \frac{SSXY}{SSX} = \frac{-416}{114.857} = -3.6218$
$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}$

- $\bar{Y} = \frac{\sum_{1=1}^{n} Y_i}{n} = 73$
- $\bar{X} = \frac{\sum_{1=1}^{n} X_i}{n} = 8.14$

ដូច្នេះ $b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X} = 73 - (-3.6218)(8.14) = 102.481$

សមីការនេះគឺ $Y_i = b_0 + b_1 X_i = 102.481 - 3.6218 X_1$

សរុបមក រូបមន្តទាំងពីរនេះគឺសម្រាប់គណនារកមេគុណប្រាប់ទិស និងតម្លៃថេរនៃសមីការលីនីអ៊ែងាយ។ ដើម្បីផ្ទៀងផ្ទាត់ថា តើរូបមន្តក្រោយនេះមានភាពត្រឹមត្រូវឬទេ យើងអាចធ្វើការគណនាដោយប្រើកម្មវិធី MegaSta ជាឧបករណ៍ជំនួយ។

ក្នុងតារាង៩-៦ នេះ យើងអាចមើលនូវលទ្ធផលរីក្រេសសិន "Regression Output" ដែលមានតម្លៃថេរស្មើនឹង 102.4925 និង មេគុណប្រាប់ទិសស្មើនឹង -3.6219។ ហើយតម្លៃដែលបានមកពីការគណនាតាមរូបមន្ត និងលទ្ធផលដែលបានមកដោយប្រើកម្មវិធី MegaSta គឺមានភាពខុសគ្នាតិចតួចបំផុត (យើងអាចមើលរបៀបនៃការរកចម្លើយក្នុងតារាងនេះនៅត្រង់ចំណុចទី៩.៧.១ ខាងក្រោម)។ ដូច្នេះ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសយកវិធីសាស្ត្រណាមួយមកធ្វើការគណនាមេគុណប្រាប់ទិស និងតម្លៃថេរសម្រាប់សមីការលីនីអ៊ែរងាយនេះ។

តារាង៩.៦. លទ្ធផលដែលបានពីការប្រើកម្មវិធី MegaSta៖ ចំនួនអវត្តមាននិងពិន្ទុសិក្សា

Regression Analysis

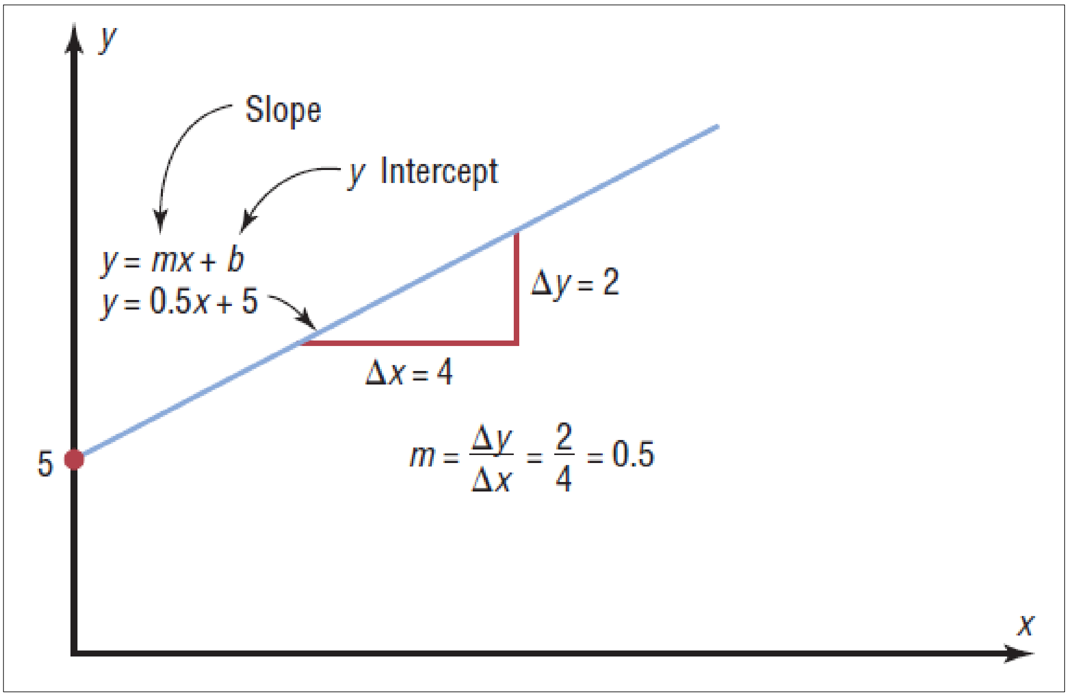
r^2	0.892
r	**-0.944**
Std. Error	6.055
n	7
k	1
Dep. Var.	លទ្ធផលពិន្ទុ (y)

ANOVA table

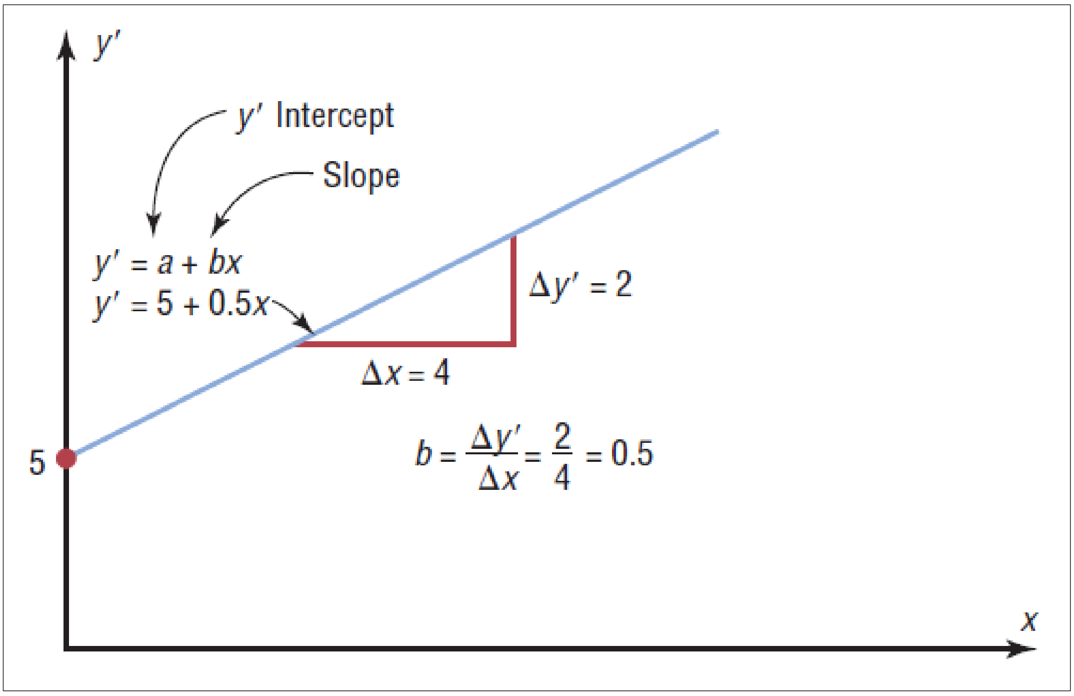
Source	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-value*
Regression	1,506.7065	1	1,506.7065	41.10	.0014
Residual	183.2935	5	36.6587		
Total	1,690.0000	6			

Regression output

variables	*coefficients*	*std. error*	*t (df=5)*	*p-value*	*confidence interval* *95% lower*	*95% upper*	*std. coeff.*
Intercept	102.4925						0.000
ចំនួនអនុវត្តមាន (x)	-3.6219	0.5649	-6.411	.0014	-5.0741	-2.1696	-0.944



ដ្យាក្រាម៩.១០. ពិជគណិតនៃបន្ទាត់ (*Algebra of a Line*)



ដ្យាក្រាម៩.១១. សញ្ញាសម្គាល់ស្ថិតិសម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន (*Statistical Notation for a Regression Line*)

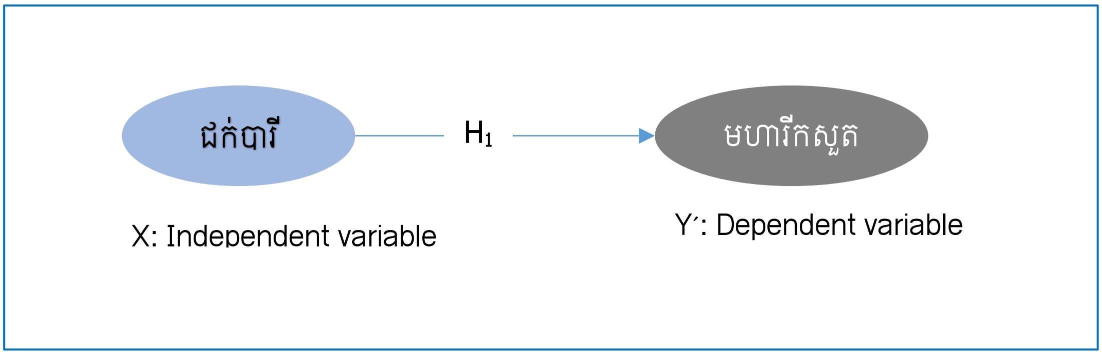
៩.២.២. គំរូពហុរីគ្រេសសិនលីនេអ៊ែរ (Multiple Linear Regression Models)

ផ្នែកមុនៗបានពន្យល់ពីគំនិតនៃរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរងាយ** (Simple Linear Regression) និងទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation)។ ការសិក្សារីគ្រេសិន**លីនេអ៊ែរ**ងាយគឺការសិក្សាសមីការរីគ្រេសិនដែលមានអថេរឯករាជ្យ X តែមួយ និងអថេរមិនឯករាជ្យ Y តែមួយ ហើយដែលមានរាងដូចខាងក្រោម៖

$$Y' = a + bX$$

ដែល៖

- X គឺជាចំនួនអថេរឯករាជ្យ (Independent variables)
- b គឺជាមេគុណប្រាប់ទិសនៃសមីការ Y'
- a គឺជាតម្លៃថេរ



*ដ្យាក្រាម៩.១២. ការព្យាករការជក់បារី និងមហារីកសួត (សមីការ**លីនេអ៊ែរ**សាមញ្ញ)*

តាមដ្យាក្រាមទី៩.១២. ខាងលើ គេអាចសរសេរសមីការតាងទំនាក់ទំនងការជក់បារីនិងការកើតជម្ងឺមហារីកសួតដូចខាងក្រោម៖

$$\text{មហារីកសួត} = \boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}\ (\text{ជក់បារី})$$

ចំណែកនៅក្នុងការសិក្សាពហុរីគ្រេសសិន (Multiple Regression)គឺជាការសិក្សាសមីការមួយដែលមានអថេរឯករាជ្យច្រើននិងព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យតែមួយ៖

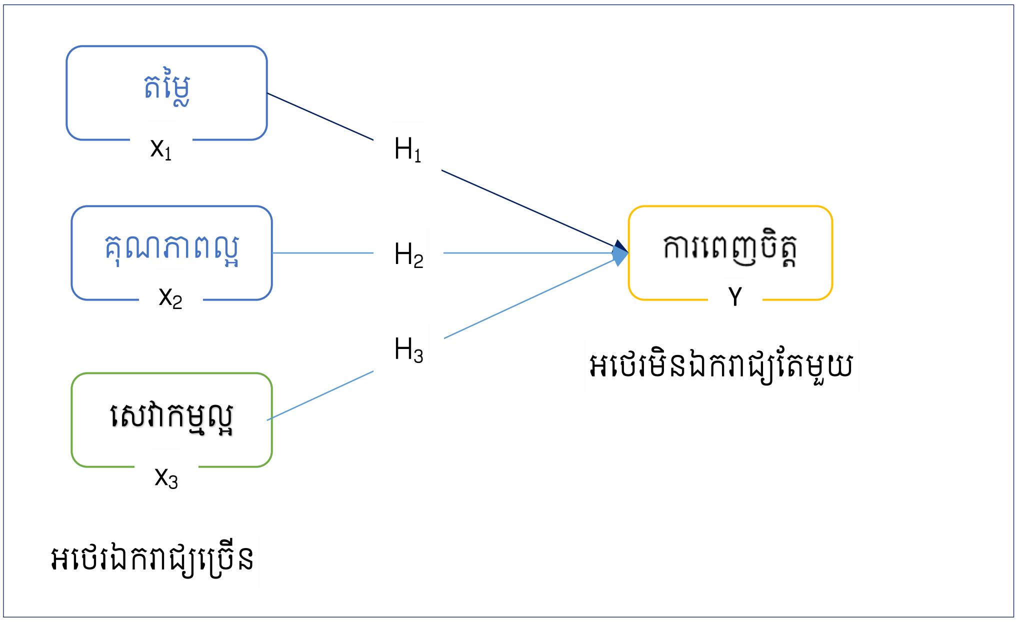
$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \cdots + b_kX_k$$

ដែល៖

- $X_1, X_2, \ldots X_k$ គឺចំនួនអថេរឯករាជ្យ (Independent variables)
- $b_1, b_2, \ldots b_k$ គឺមេគុណប្រាប់ទិស
- a គឺជាតម្លៃថេរ

ដ្យាក្រាម9-12 ខាងក្រោមនេះគឺបង្ហាញពីការវាស់វែងគំរូមួយសម្រាប់ការពេញចិត្តរបស់អតិថិជនដែលបាននឹងកំពុងប្រើប្រាស់សេវាកម្មទូរសព្ទមួយ ហើយគេអាចសរសេរសមីការដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$\text{ការពេញចិត្ត} = \boldsymbol{a} + \boldsymbol{b_1}\left(\text{តម្លៃ}\right) + \boldsymbol{b_2}(\text{គុណភាព}) + \boldsymbol{b_3}(\text{សេវាកម្ម})$$



*ដ្យាក្រាម៩.១៣. ការព្យាករការពេញចិត្តរបស់អ្នកប្រើប្រាស់សេវាកម្មទូរសព្ទ (ពហុរីគ្រេសិន**លីនេអ៊ែរ**)*

ឧទាហរណ៍៖ ហាងលក់ទូរសព្ទចំនួន 34នៅទីក្រុងភ្នំពេញនាចុងឆ្នាំ2020 បានលក់ទូរសព្ទដែលក្នុងនោះមានតម្លៃ និងកម្មវិធីផ្សព្វផ្សាយមួយចំនួនទៀត ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាងទី 9-7 ខាងក្រោម៖

យើងអាចយកសមីការពហុរីគ្រេសិនមកដោះស្រាយចំពោះការលក់របស់ហាងទាំង34នេះ ដើម្បីពិនិត្យឱ្យឃើញថា តើតម្លៃ និងកម្មវិធីផ្សព្វផ្សាយពិតជាបានជម្រុញការលក់ឱ្យកើនឡើងឬថយចុះ។

ដូច្នេះ យើងត្រូវកំណត់អថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ៖

- អថេរឯករាជ្យមានពីរគឺ៖ តម្លៃដែលតាងដោយ X_1 និង ការចំណាយលើការផ្សព្វផ្សាយដែលតាងដោយ X_2
- អថេរមិនឯករាជ្យមានតែមួយទេគឺការលក់ដែលតាងដោយ Y

ដូច្នេះ យើងអាចសរសេរសមីការដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$\text{ការលក់} = \boldsymbol{a} + \boldsymbol{b_1}\left(\text{តម្លៃ}\right) + \boldsymbol{b_2}\left(\text{ចំណាយការផ្សព្វផ្សាយ}\right)$$

រួចយើងត្រូវគណនារកតម្លៃ៖

- a គឺតម្លៃថេរដែលយើងត្រូវរក
- b_1និង b_2 គឺជាមេគុណប្រាប់ទិសរបស់ការលក់

ដើម្បីគណនាតម្លៃខាងលើក៏ដូចជារកសមីការពហុរីគ្រេសិន យើងអាចប្រើកម្មវិធី EXCEL ឬ Minitab ឬ MegSta ជាឧបករណ៍ជំនួយ។ យើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ ត្រូវតម្រៀបទិន្នន័យក្នុងតារាងនេះទៅក្នុង EXCEL

ជំហានទី2៖

- មើលលើ Toolbar របស់ EXCEL → ចុចលើ "Data"→ ជ្រើសរើស "Data Anal ysis"→ ចុចយក "Regression"។
- ត្រង់ "Input Y Range" អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកជួរឈរ Y (ការលក់) សម្រាប់បញ្ចូល ទិន្នន័យផ្នែកលក់ពីហាងទី1ដល់ទី34។
- ត្រង់ "Input X Range" អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកជួរឈរតម្លៃ "Price" និង ជួរឈរការផ្សព្វផ្សាយ "Promotion" សម្រាប់បញ្ចូលទិន្នន័យទាំងពីរនេះព្រមពេលជាមួយគ្នាពីហាងទី1ដល់ទី34។
- ជ្រើសយក "Output Range" សម្រាប់ឱ្យលទ្ធផលចេញក្នុង Worksheet តែមួយ (ដ្យាក្រាម៩-១៤)។ លទ្ធផលនេះបង្ហាញនៅជំហានទី3។

ជំហានទី3៖ ពន្យល់លទ្ធផលរបស់ពហុរីក្រេសសិន (ក្នុងតារាងទី 9-8)

លទ្ធផលក្នុងតារាងទី 9-8 និងតារាងទី 9-9 បង្ហាញថា តម្លៃរបស់អេថេរ a = 5837.521, $b_1 = -53.217$ និង $b_2 = 3.613$។

ដូច្នេះសមីការពហុរីក្រេសសិនគឺ៖

$$\boldsymbol{Y' = 5,837,521 - 53.217\, X_1 + 3.613\, X_2}$$

ឬ ការលក់ = $\mathbf{5,837,521 - 53.217}$ (តម្លៃ) + $\mathbf{3.613}$ (ចំណាយការផ្សព្វផ្សាយ)

លទ្ធផលក្នុងតារាង៩-៩ បានមកពីកម្មវិធី Minitab 19។ ចំណែកនីតិវិធីនៃការគណនាលទ្ធផលនេះ សូមមើលលំនាំ ឬជំហាននៃការអនុវត្តន៍ខាងក្រោមនេះ។

តារាង៩.៧. ទិន្នន័យដើមនៃការកលក់ទូរសព្ទដៃ

Store	Sales	Price	Promotion	Store	Sales	Price	Promotion
1	4,141	59	200	18	2,730	79	400
2	3,842	59	200	19	2,618	79	400
3	3,056	59	200	20	4,421	79	400
4	3,519	59	200	21	4,113	79	600
5	4,226	59	400	22	3,746	79	600
6	4,630	59	400	23	3,532	79	600
7	3,507	59	400	24	3,825	79	600
8	3,754	59	400	25	1,096	99	200

9	5,000	59	600	26	761	99	200
10	5,120	59	600	27	2,088	99	200
11	4,011	59	600	28	820	99	200
12	5,015	59	600	29	2,114	99	400
13	1,916	79	200	30	1,882	99	400
14	675	79	200	31	2,159	99	400
15	3,636	79	200	32	1,602	99	400
16	3,224	79	200	33	3,354	99	600
17	2,295	79	400	34	2,927	99	600

តារាង៩.៨. លទ្ធផលនៃការធ្វើពហុរីក្រេសស៊ិនលើការលក់ទូរសព្ទតាមកម្មវិធី EXCEL

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.870474549
R Square	0.757725941
Adjusted R Square	0.742095357
Standard Error	638.0652881
Observations	34

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	39472730.8	19736365.4	48.47713433	2.86258E-10
Residual	31	12620946.7	407127.312		
Total	33	52093677.4			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	5837.520759	628.150225	9.29319218	1.79101E-10	4556.399929	7118.641589
X Variable 1	-53.2173363	6.85222056	-7.7664366	9.20016E-09	-67.19253228	-39.2421403
X Variable 2	3.613058036	0.68522206	5.27282799	9.82196E-06	2.215538439	5.010577633

តារាង៩.៩. លទ្ធផលនៃការធ្វើពហុរីគ្រេសសិនលើការលក់ទូរសព្ទតាមកម្មវិធី Minitab-19

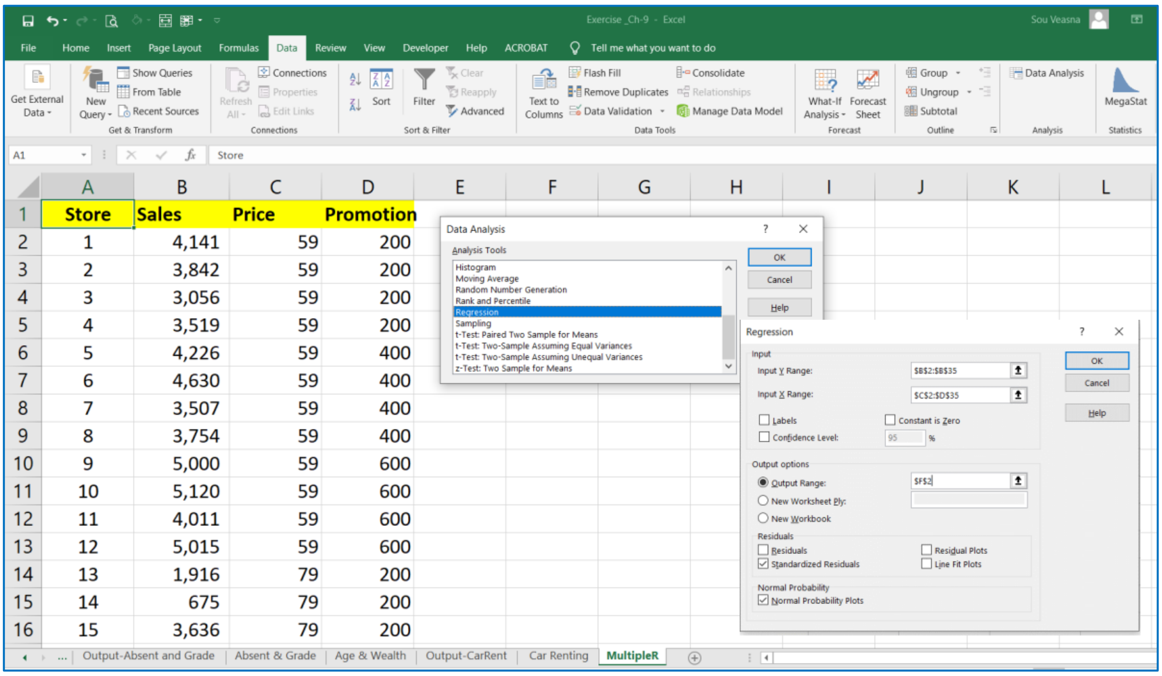
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.870474549
R Square	0.757725941
Adjusted R Square	0.742095357
Standard Error	638.0652881
Observations	34

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	39472730.8	19736365.4	48.47713433	2.86258E-10
Residual	31	12620946.7	407127.312		
Total	33	52093677.4			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	5837.520759	628.150225	9.29319218	1.79101E-10	4556.399929	7118.641589
X Variable 1	-53.2173363	6.85222056	-7.7664366	9.20016E-09	-67.19253228	-39.2421403
X Variable 2	3.613058036	0.68522206	5.27282799	9.82196E-06	2.215538439	5.010577633



*ដ្យាក្រាម៩.១៤. ជំហាននៃការអនុវត្តពហុរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ***

៩.៣. វិធានសម្រាប់ចំនួនថេរ និងមេគុណប្រាប់ទិស

ជាទូទៅយើងតែងតែបង្គត់តម្លៃ a និង b ដោយយកលេខត្រឹមបីខ្ទង់ក្រោយក្បៀស។ ជំហានសម្រាការស្វែងរកសមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិនត្រូវបានសង្ខេបដូចខាងក្រោម៖

- **ជំហានទី1៖** រៀបចំតារាងឡើងវិញដោយបន្ថែមជួរឈរ XY, X^2, Y^2 សម្រាប់ជំហានទី2
- **ជំហានទី2៖** គណនាតម្លៃ XY, X^2, Y^2 រួចដាក់លទ្ធផលទាំងនេះតាមជួរឈររបស់វានីមួយៗដូចបង្ហាញក្នុងតារាង៩-១០។

តារាង៩.១០. គំរូសម្រាប់រកសមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន

X	Y	XY	X^2	Y^2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$\sum X =$	$\sum Y =$	$\sum XY =$	$\sum X^2 =$	$\sum Y^2 =$

- **ជំហានទី3៖** ជំនួសរូបមន្តដើម្បីគណនាតម្លៃ a និង b សម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន

  $$Y' = a + bX$$

- **ជំហានទី4៖** គូសបន្ទាត់តំណាងសមីការរីក្រេសសិន និងធ្វើការសន្និដ្ឋាន

យើងបន្តយក**ឧទាហរណ៍ 9-3៖** ស្តីពីក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត (Car Rental Companies) ដើម្បីរកសមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន។ ដូច្នេះ យើងត្រូវអនុវត្តនូវជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

- **ជំហានទី1៖** រៀបចំតារាងឡើងវិញដោយបន្ថែមជួរឈរ XY, X^2, Y^2សម្រាប់ជំហានទី2
- **ជំហានទី2៖** គណនាតម្លៃ XY, X^2, Y^2 រួចដាក់លទ្ធផលទាំងនេះតាមជួរឈររបស់វានីមួយៗដូចបង្ហាញក្នុងតារាងទី 9-11។

តារាងទី.៩-១១. ទិន្នន័យសម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិនរបស់ក្រុមហ៊ុនជួលរថយន្ត

ក្រុមហ៊ុន	X	Y	XY	x^2	y^2
A	63	$7.00	$441.00	3,969.00	$49.00
B	29	3.9	$113.10	841	$15.21
C	20.8	2.1	$43.68	432.64	$4.41
D	19.1	2.8	$53.48	364.81	$7.84
E	13.4	1.4	$18.76	179.56	$1.96
F	8.5	1.5	$12.75	72.25	$2.25
សរុប	$\sum X = 153.8$	$\sum Y = 18.70$	$\sum XY = 682.77$	$\sum X^2 = 5859.26$	$\sum Y^2 = \$80.67$

- **ជំហានទី3៖** ជំនួសតម្លៃដែលមានចូលក្នុងរូបមន្តដើម្បីគណនាតម្លៃ a និង b សម្រាប់សមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន $Y' = a + bX$។

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{(18.7)(5859.26) - (153.8)(682.77)}{(6)(5859.26) - (153.8)^2} = 0.396$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{6(682.77) - (153.8)(18.7)}{(6)(5859.26) - (153.8)^2} = 0.106$$

ដូច្នេះសមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិនគឺ $Y' = a + bX = 0.396 + 0.106X$

- **ជំហានទី4៖** គូសដ្យាក្រាមតំណាងសមីការរីគ្រេសសិន និងសន្និដ្ឋាន

ដើម្បីគូសបន្ទាត់រីគ្រេសសិន យើងត្រូវដៅនៅលើប្លង់ពង្រាយឱ្យបានពីរចំណុចជាមុនសិន។ ដើម្បីដៅចំណុចទាំងពីរនោះបាន យើងត្រូវរកកូអរដោនេចំណុចទាំងពីរនោះជាមុនសិន ដោយជ្រើសរើសយកតម្លៃ X ពីរដែលស្ថិតក្នុងចន្លោះពី 10 និង 60 យកទៅជំនួសម្តងមួយៗក្នុងសមីការ $Y' = a + bX$ ដើម្បីគណនារកតម្លៃ Y' ដែលត្រូវគ្នានឹងតម្លៃ X នីមួយៗដែលបានជ្រើសរើសនោះ។ ឧបមាថា៖ ប្រសិនបើយើងយក X = 15 នោះ សមីការ $Y' = a + bX$ អាចសរសេរទៅជា៖

$Y' = 0.396 + 0.106\,X$

$Y' = 0.396 + 0.106\,(15)$

$Y' = 1.986$

ដូច្នេះ កូអរដោនេសម្រាប់ដៅចំណុចទីមួយនៅលើប្លង់ពង្រាយគឺ (15, 1.986)

- ប្រសិនបើយើងយក X = 40 នោះ សមីការ $Y' = a + bX$ អាចសរសេរទៅជា៖

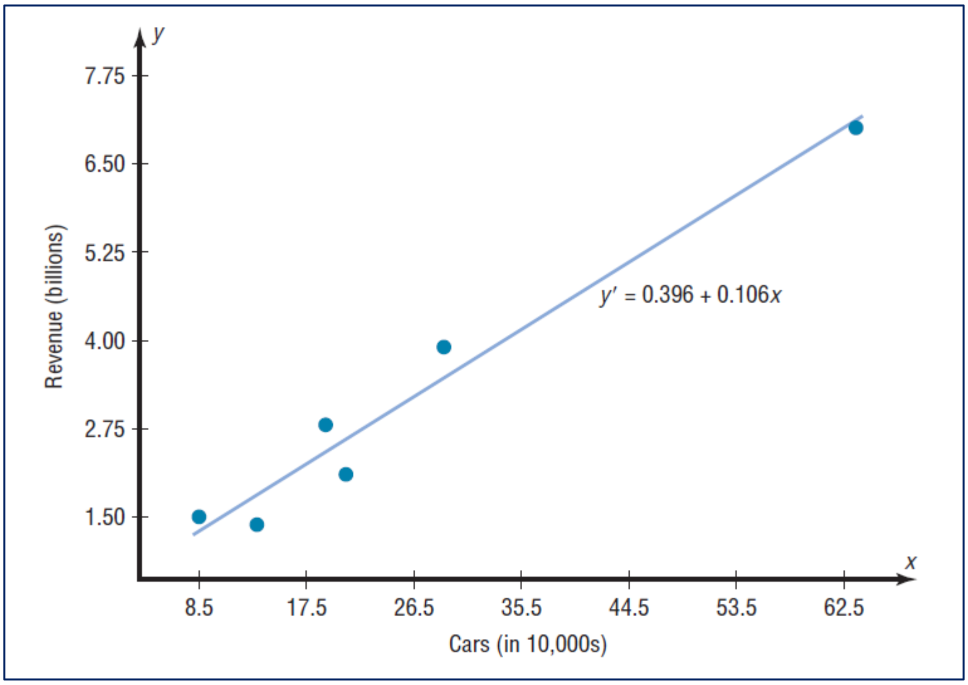
$Y' = 0.396 + 0.106X$

$Y' = 0.396 + 0.106(40)$

$Y' = 4.636$

ដូច្នេះ កូអរដោនេសម្រាប់ដៅចំណុចទីពីរនៅលើប្លង់ពង្រាយគឺ (40, 4.636)

បន្ទាប់ពីដៅចំណុចទាំងពីរនោះនៅលើប្លង់ពង្រាយបានហើយ យើងគ្រាន់តែគូសបន្ទាត់មួយកាត់តាមចំណុចទាំងពីរនោះដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម៩-១៥ ជាការស្រេច។



ដ្យាក្រាម៩.១៥. បន្ទាត់តាងសមីការរឺគ្រេសសិន

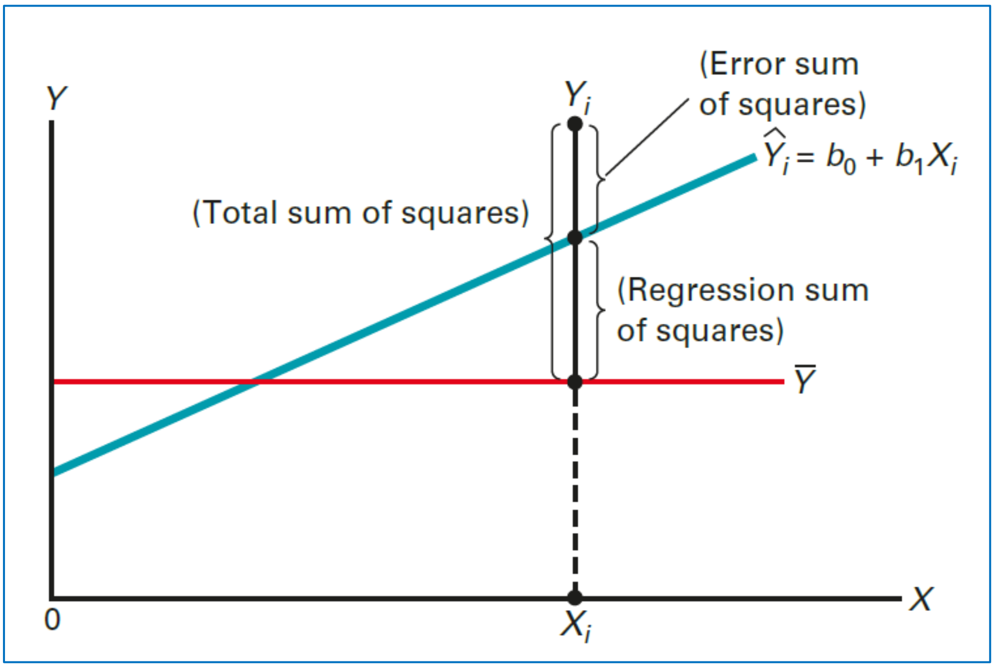
៦. រង្វាស់បម្រែបម្រួល (Measures of Variation)

នៅពេលប្រើវិធីសាស្ត្រ Least-Squares ដើម្បីកំណត់មេគុណរឺគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ**សម្រាប់សំណុំទិន្នន័យ គេត្រូវគណនារង្វាស់បម្រែបម្រួលដល់ទៅបីគឺៈ (១) ផលបូកសរុបនៃការេ SST (២) បម្រែបម្រួលដែលអាចពន្យល់បាន (Explained Variance) និង (៣) បម្រែបម្រួលដែលមិនអាចពន្យល់បាន (Unexplained Variance)។

(១)- ផលបូកសរុបនៃការេ SST (Total Sum of Squares) គឺជារង្វាស់នៃការប្រែប្រួលតម្លៃ y_i នៅជុំវិញមធ្យម $\bar{y}$ របស់វា។

(២)- បម្រែបម្រួលដែលអាចពន្យល់បាន (Explained Variance) គឺជាផលបូកនៃការេរឺគ្រេសសិន SSR (Regression Sum of Squares) ដែលអាចពន្យល់បានដោយទំនាក់ទំនងរវាង X និង Y។

(៣) បម្រែបម្រួលដែលមិនអាចពន្យល់បាន (Unexplained variance) គឺជាផលបូកការេនៃភាពលំអៀង SSE (Error Sum of Squares) ដែលតំណាងឱ្យបម្រែបម្រួលដោយសារកត្តាផ្សេងៗក្រៅពីទំនាក់ទំនងរវាង X និង Y។



ដ្យាក្រាម៩.១៦. រង្វាស់បម្រែបម្រួល

៦.១. រង្វាស់បម្រែបម្រួលក្នុងរ៉េក្រេសសិន (Measures of Variation in Regression)

ផលបូកសរុបនៃការេ SST (Total Sum of Squares) ស្មើនឹងផលបូករវាងការេនៃរ៉េក្រេសិន SSR (Regression Sum of Squares) និងផលបូកការេនៃភាពលំអៀង SSE (Error Sum of Squares)។ ខាងក្រោមនេះជារូបមន្តសម្រាប់បម្រែបម្រួលក្នុងរ៉េក្រេសសិន៖

រូបមន្ត៖ SST = SSR + SSE

ដែល៖

- SST គឺផលបូកការេនៃភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃ Y_i នីមួយៗដែលគេបានសង្កេត និងតម្លៃមធ្យមរបស់ $\bar{Y}$ ។ ដូច្នេះ គេអាចសេសេរបានជារូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖
  - $SST = \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2$
- SSR គឺជាផលបូកការេនៃភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃ Y_i នីមួយៗដែលគេបានព្យាករ និងតម្លៃមធ្យមនៃ $\bar{Y}$ ។ ដូច្នេះ គេអាចសេសេរបានជារូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖
  - $SSR = \sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$
- SSE គឺជាផលបូកការេនៃភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃ Y_i នីមួយៗដែលគេបានសង្កេតនិងតម្លៃមធ្យមនៃ $\bar{Y}$ ។ ដូច្នេះ គេអាចសេសេរបានជារូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖
  - $SSE = \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2$

តារាង៩.១២. ទិន្នន័យការលក់ក្រណាត់ផ្កាឈូករត្ន័

ហាង	X	Y	$(Y_i-\bar{Y})^2$	X^2	Y^2	XY
1	3.7	5.7	0.862	13.69	32.49	21.09
2	3.6	5.9	0.531	12.96	34.81	21.24
3	2.8	6.7	0.005	7.84	44.89	18.76
4	5.6	9.5	8.245	31.36	90.25	53.2
5	3.3	5.4	1.509	10.89	29.16	17.82
6	2.2	3.5	9.788	4.84	12.25	7.7
7	3.3	6.2	0.184	10.89	38.44	20.46
8	3.1	4.7	3.719	9.61	22.09	14.57
9	3.2	6.1	0.279	10.24	37.21	19.52
10	3.5	4.9	2.988	12.25	24.01	17.15
11	5.2	10.7	16.577	27.04	114.49	55.64
12	4.6	7.6	0.944	21.16	57.76	34.96
13	5.8	11.8	26.744	33.64	139.24	68.44
14	3	4.1	6.394	9	16.81	12.3
សរុប	52.9	92.8	78.768	215.41	693.9	382.85
	$\sum_{i=1}^{n} X_i$	$\sum_{i=1}^{n} Y_i$	$\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2$	$\sum_{i=1}^{n} X_i^2$	$\sum_{i=1}^{n} Y_i^2$	$\sum_{i=1}^{n} X_iY_i$

ចំណាំ៖ ព័ត៌មានសំខាន់ៗស្តីពីអ្នកទិញ (X) និងការលក់ (Y)

តាមតារាង៩-១២ ខាងលើ យើងអាចគណនាបាននូវ៖

- $SST = \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2$
  - $\bar{Y} = \frac{\sum_{1=1}^{n} Y_i}{n} = \frac{92.8}{14} = 6.628$

ដូច្នេះ $SST = 78.768$

- $SSR = \sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i-\bar{Y})^2 = 66.785$
- $SSE = \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\hat{Y}_i)^2 = 11.983$

សរុបមក៖ SST = SSR + SSE

78.768 = 66.785 + 11.983

៦.២. ប្លង់រីស៊ីដ្យួល (Residual Plot)

ប្លង់រីស៊ីដ្យួលអាចត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់ថា តើបន្ទាត់រីគ្រេសសិនអាចព្យាករបានយ៉ាងដូចម្តេច?

ក្នុងឧទាហរណ៍ 9-3 យើងមានសមីការរីក្រេសសិនសាមញ្ញសម្រាប់ព្យាករលើប្រាក់ចំណូលបានមកពីការជួលរថយន្ត៖

តារាង៩.១៣. ការកំណត់តម្លៃ Residual

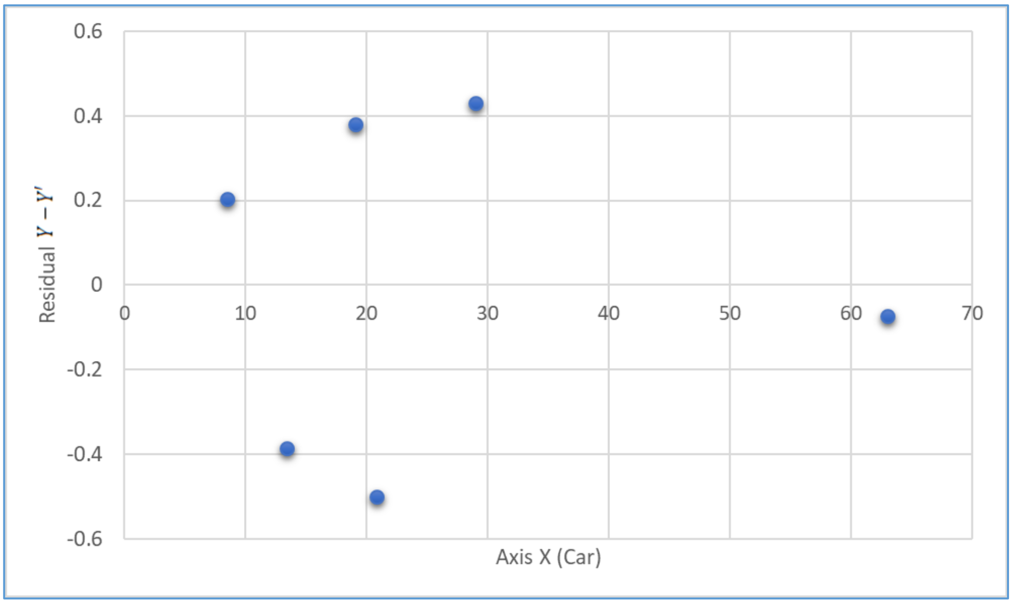
ក្រុមហ៊ុន	X	Y	Y'	$Y-Y'$ (Residual)
A	63	$7.00	7.074	-0.074
B	29	3.9	3.47	0.43
C	20.8	2.1	2.6008	-0.5008
D	19.1	2.8	2.4206	0.3794
E	13.4	1.4	1.7846	-0.3846
F	8.5	1.5	1.297	0.203

$$Y' = 0.396 + 0.106X \qquad (1)$$

តម្លៃក្នុងតារាង៩-១៣ ខាងលើ ប្រសិនបើយើងជ្រើសរើសយក៖

- X = 63 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(63) = 7.074$
- X = 29 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(29) = 3.47$
- X = 20.8 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(20.8) = 2.6008$
- X = 19.1 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(19.1) = 2.4206$
- X = 13.4 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(13.4) = 1.7846$
- X = 8.5 ជួសក្នុងសមីការ (1) យើងបាន $Y' = 0.396 + 0.106(8.5) = 1.297$

ចំពោះតម្លៃបម្រែបម្រួល X នីមួយៗដែលបានជ្រើសរើសត្រូវយកទៅបំពេញនៅក្នុងតារាង៩-១៣ ខាងលើតាមជួរឈរ X។ រីឯតម្លៃ Y' ដែលបានរកឃើញ ត្រូវយកទៅបំពេញតាមជួរឈរ Y' ដោយដាក់ក្នុងជួរដេកជាមួយគ្នានឹងតម្លៃ X ដែលយកមកគណនារក Y' នោះ។ យើងអាចយកតម្លៃក្នុងជួរឈរ X និង ក្នុងជួរឈរ $Y-Y'$ ដែលស្ថិតក្នុងជួរដេកជាមួយគ្នា (តម្លៃត្រូវគ្នា) ម្តងមួយគូៗ ទៅដៅចំណុចម្តងមួយៗក្នុងប្លង់រីស៊ីឌ្យួល (Residual Plot) ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី 9-17 ខាងក្រោម៖



ដ្យាក្រាម៩.១៧. Residual Plots

៦.៣. ការគណនាមេគុណរីក្រេសសិន (The Coefficient of Determination)

មេគុណរីក្រេសសិនគឺជាផលចែករវាងផលបូកការ៉េនៃរីក្រេសសិន SSR និងផលបូកសរុបនៃការ៉េ SST (**Total Variation**) (Berenson et al., 2014)។ ដូច្នេះ គេអាចសរសេរបានជារូបមន្តមួយទៀតដូចខាងក្រោម៖

$r^2 = \frac{SSR}{SST}$ ដែល r^2 ជាមេគុណរបស់សមីការបន្ទាត់រីក្រេសសិន

តាមរូបមន្តនេះ គេអាចគណនាតម្លៃ r^2 បានដូចខាងក្រោម៖

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{66.7854}{78.7682} = 0.8479$$

ម្យ៉ាងវិញទៀតយើងអាចរកបានតម្លៃមេគុណ r^2ដោយប្រើកម្មវិធី EXCEL Minitab និង MegSta (សូមមើលលទ្ធផលក្នុងតារាងទី 9-14 និងទី 9-15)។

ដូច្នេះ 84.79% ជាភាគរយបម្រែបម្រួលនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំ ដែលត្រូវបានពន្យល់ដោយការប្រែប្រួលនៃចំនួនអតិថិជន។ r^2 ដែលស្មើនឹង 84.79% នេះបង្ហាញពីភាពខ្លាំងនៃទំនាក់ទំនង **លីនេអ៊ែរ**រវាងចំនួនអតិថិជន (អថេរឯករាជ) និងការលក់ប្រចាំឆ្នាំ (អថេរមិនឯករាជ្យ) ដែលអាចទុកចិត្តបានក្នុងការព្យាករការលក់ប្រចាំឆ្នាំ។ រីឯបម្រែបម្រួលនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំ ដែលរងឥទ្ធិពលពីកត្តាផ្សេងៗក្រៅពីទិន្នន័យជាចំនួនអតិថិជនដែលគេបានប្រើក្នុងការបង្កើតគំរូរីក្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ** មានតែ 15.21% ប៉ុណ្ណោះ។

តារាង៩.១៤. លទ្ធផលនៃការលក់ Sunflowers (កម្មវិធី EXCEL)

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.9208
R Square	0.8479
Adjusted R Square	0.8352
Standard Error	0.9993
Observations	14

តម្លៃរបស់ r^2

$$r^2 = \frac{66.7854}{78.7685}$$

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*ignificance F*
Regression	1	66.7854	66.7854	66.87922	3E-06
Residual	12	11.98317	0.998597		
Total	13	78.76857			

	Coefficients	*andard Err*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	-1.208839093	0.994874	-1.21507	0.247707	-3.37648	0.958806
X Variable 1	2.074172917	0.253629	8.177972	3E-06	1.521562	2.626784

តារាង៩.១៥. លទ្ធផលនៃការលក់ Sunflowers (កម្មវិធី Minitab)

Regression Equation

Annual Sales (Y) = -1.209 + 2.074 Profiled Customer (X)

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1.209	0.995	-1.22	0.248	
Profiled Customer (X)	2.074	0.254	8.18	0.000	1.00

Model Summary

តម្លៃរបស់ r^2

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.999298	84.79%	83.52%	78.27%

គេក៏អាចគណនាមេគុណរីគ្រេសសិនតាមរបៀបម្យ៉ាងទៀតបានដែរ ដោយប្រើ រូបមន្តរបស់ លោក Bluman (2019) ដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$r^2 = \frac{Explained\ variance}{Total\ variance}$$

ដែល៖

- បម្រែបម្រួលដែលអាចពន្យល់បាន (Explained variance) គឺជាផលបូកការ៉េនៃផលសងរវាងតម្លៃព្យាករនៃសមីការរីក្រេសសិន Y' និងតម្លៃមធ្យមភាគនៃអថេរមិនឯករាជ្យ $\bar{Y}$ ដែលអាចសរសេរបានដូចខាងក្រោមនេះ៖
  $\sum(Y' - \bar{Y})^2$
  - $Y' = a + bX$ (គឺជាតម្លៃព្យាករនៃសមីការរីក្រេសសិន)
  - $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}$ (គឺជាមធ្យមភាគនៃអថេរមិនឯករាជ្យ Y)
- បម្រែបម្រួលដែលមិនអាចពន្យល់បាន (Unexplained variance) គឺជាផលបូកការ៉េនៃផលសងរវាងតម្លៃរបស់អថេរមិនឯរាជ្យ Y និងតម្លៃព្យាករនៃសមីការរីក្រេសសិន Y' ដែលអាចសរសេរបានដូចខាងក្រោមនេះ៖

  $\sum(Y - Y')^2$
- បម្រែបម្រួលសរុប = បម្រែបម្រួលអាចពន្យល់បាន + បម្រែបម្រួលមិនអាចពន្យល់បាន
- $\sum(Y - \bar{Y})^2 = \sum(Y' - \bar{Y})^2 + \sum(Y - Y')^2$

ដូច្នេះ មេគុណរីក្រេសសិន គឺ $r^2 = \frac{Explained\ variance\ (1)}{Total\ variance\ (3)}$

ឧទាហរណ៍៖ យើងបន្តយកតម្លៃក្នុងតារាង៩-១៣ ខាងលើមកគណនាមេគុណរីក្រេសសិននៃសមីការបន្ទាត់ $Y' = 0.396 + 0.106X$។

តារាង៩.១៦. ការគណនាមេគុណរីក្រេសិនសមីការបន្ទាត់

Car	X	Y	$\bar{Y}$	Y'	$(Y - Y')^2$	$(Y' - \bar{Y})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
A	63	$7.00	$3.12	7.074	$0.01	$15.66	$15.67
B	29	3.9	$3.12	3.47	$0.18	$0.12	$0.31
C	20.8	2.1	$3.12	2.6008	$0.25	$0.27	$0.52
D	19.1	2.8	$3.12	2.4206	$0.14	$0.48	$0.63
E	13.4	1.4	$3.12	1.7846	$0.15	$1.77	$1.92
F	8.5	1.5	$3.12	1.297	$0.04	$3.31	$3.35
	153.8	18.7		18.647	0.774	21.622	22.396
	$\sum X$	$\sum Y$		$\sum Y'$	$\sum(Y - Y')^2$	$\sum(Y' - \bar{Y})^2$	$\sum(Y - \bar{Y})^2$

តាមតារាង៩-១៦ ខាងលើយើងអាចគណនា៖

- Explained variance = $\sum(Y' - \bar{Y})^2$ = 21.622
- Unexplained variance = $\sum(Y - Y')^2$ = 0.774
- Total variance = $\sum(Y - \bar{Y})^2$ = 22.396

ដូច្នេះ មេគុណរីក្រេសិន $r^2 = \frac{21.622}{22.396}$ = 0.964 ជាភាគរយនៃបម្រែបម្រួលការលក់រថយន្តដែលត្រូវបានពន្យល់ដោយបម្រែបម្រួលនៃចំនួនអតិថិជន។ r^2 = 0.964 នេះបង្ហាញពីភាពខ្លាំងនៃទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងចំនួនអតិថិជន (អថេរឯករាជ) និងការលក់រថយន្តប្រចាំឆ្នាំ (អថេរមិនឯករាជ្យ) ដែលអាចទុកចិត្តបានក្នុងការព្យាករការលក់រថយន្តប្រចាំឆ្នាំ។ រីឯបម្រែបម្រួលការលក់ប្រចាំឆ្នាំ ដែលរងឥទ្ធិពលពីកត្តាផ្សេងៗក្រៅពីទិន្នន័យជាចំនួនអតិថិជនដែលគេបានប្រើដើម្បីបង្កើតគំរូរីក្រេសិន**លីនេអ៊ែរ**មានតែ 3.60% ប៉ុណ្ណោះ។ម្យ៉ាងវិញទៀត យើងអាចគណនាមេគុណរីក្រេសសិនដោយប្រើកម្មវិធី EXCEL ដូចបង្ហាញក្នុងតារាង៩-១៧ ក៏បាន ។

តារាង៩.១៧. ការគណនាមេគុណរីក្រេសិនតាមកម្មវិធី EXCEL

SUMMARY OUTPUT

តម្លៃរបស់ r^2

Regression Statistics	
Multiple R	0.982
R Square	**0.964**
Adjusted R Square	0.955
Standard Error	0.447
Observations	6

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	21.58872	21.58872	107.9957115	0.000484165
Residual	4	0.799614	0.199903		
Total	5	22.38833			

	Coefficients	*andard Errc*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	0.396321054	0.319125	1.241897	0.282116647	-0.489713368	1.282355
X Variable 1	0.106125316	0.010212	10.3921	0.000484165	0.077771937	0.134479

៦.៤. កំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មាន (Standard Error of the Estimate)

ជាទូទៅ តម្លៃអថេរមិនឯករាជ្យ *Y* នីមួយៗដែលត្រូវសង្កេត ត្រូវបានផ្តល់ដោយតម្លៃជាក់លាក់មួយនៃអថេរឯករាជ្យ *X* ។ គូតម្លៃ (*X* ,*Y*) នីមួយៗគឺជាកូអរដោនេដែលប្រាប់ពីទីតាំងចំណុចដែលត្រូវដៅរាយប៉ាយលើប្លង់ពង្រាយជុំវិញបន្ទាត់រីក្រេសសិន។ អ្វីដែលនាំឱ្យមានភាពល្អៀងនោះគឺនៅត្រង់ថា ភាគច្រើននៃចំណុចទាំងនោះមិនស្ថិតនៅលើបន្ទាត់រីក្រេសសិនឡើយ គឺបានត្រឹមតែស្ថិតនៅរាយប៉ាយជុំវិញបន្ទាត់នោះប៉ុណ្ណោះ។ ចំណុចខ្លះនៅកៀកនឹងបន្ទាត់រីក្រេសសិន ចំណុចខ្លះនៅឃ្លាតមិនឆ្ងាយប៉ុន្មានពីបន្ទាត់រីក្រេសសិន ហើយចំណុចខ្លះទៀតឃ្លាតឆ្ងាយបន្តិចពីបន្ទាត់រីក្រេសសិន។

និយមន័យ៖ កំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មានគឺជាទំហំមួយដែលប្រាប់ពីកម្រិតលម្អៀងនៃការព្យាករតម្លៃ *Y* ដោយផ្អែកលើតម្លៃ *X* ដែលគូតម្លៃ (*X* ,*Y*) នីមួយៗបង្កើតបានជាចំណុចនៅរាយប៉ាយជុំវិញបន្ទាត់រីក្រេសសិន។

បើចំណុចទាំងនោះស្ថិតនៅរាយប៉ាយកាន់តែជិតបន្ទាត់រីគ្រេសសិន មានន័យថា ការប៉ាន់ស្មានតម្លៃ Y ដោយផ្អែកលើតម្លៃ X មានកំហុសឬភាពល្អៀងកាន់តែតូច។ ប្រាសមកវិញ បើចំណុចទាំងនោះស្ថិតនៅរាយប៉ាយ និងឃ្លាតកាន់តែឆ្ងាយពីបន្ទាត់រីគ្រេសសិន មានន័យថា ការប៉ាន់ស្មានតម្លៃ Y ដោយផ្អែកលើតម្លៃ X មានកំហុសឬភាពល្អៀងកាន់តែធំ។ ដូច្នេះ ប្រសិនបើកំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មានមានតម្លៃកាន់តែតូច មានន័យថា ទិន្នន័យដែលបានសង្កេត ស្ថិតនៅក្បែរៗបន្ទាត់រីគ្រេសសិន ហើយការយកសមីការរីគ្រេសសិនមកប្រើដើម្បីព្យាករតម្លៃ Y ក៏មានកំហុសកាន់តែតិចដែរ។ ប្រាសមកវិញ ប្រសិនបើកំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មានមានតម្លៃកាន់តែធំ មានន័យថា ទិន្នន័យដែលបានសង្កេត ស្ថិតនៅរាយប៉ាយកាន់តែឆ្ងាយពីរបន្ទាត់រីគ្រេសសិន ហើយការយកសមីការរីគ្រេសសិនមកប្រើដើម្បីព្យាករតម្លៃ Y ក៏មានកំហុសកាន់តែធំដែរ។

ការព្យាករតម្លៃ Y ដោយផ្អែកលើតម្លៃជាក់លាក់នៃ X គឺជាការព្យាករចំណុច។ គុណវិបត្តិនៃការព្យាករចំណុចស្ថិតនៅត្រង់ថា យើងមិនអាចទទួលបានព័ត៌មានគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីសន្និដ្ឋានថាការព្យាករនោះមានភាពសុក្រិតប៉ុណ្ណាឡើយ។ នៅក្នុងជំពូកទី៦យើងបានបង្កើតការប៉ាន់ស្មានចន្លោះជឿជាក់ដើម្បីជំនះគុណវិបត្តិនេះ។ នៅក្នុងជំពូកនេះ យើងនឹងប្រើអ្វីដែលគេហៅថាចន្លោះការព្យាករណ៍ (Prediction Interval) ដែលជាការប៉ាន់ស្មានចន្លោះនៃអថេរមួយ។ ក្នុងជំពូកទី៧ការប៉ាន់ស្មានចន្លោះ (Interval Estimation) នៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រមួយ ដូចជាមធ្យម ឬគម្លាតស្តង់ដារជាដើម ត្រូវបានគេហៅថា ចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval)។

និយមន័យ៖ ចន្លោះនៃការព្យាករ (Prediction Interval) គឺជាការប៉ាន់ស្មានចន្លោះនៃតម្លៃព្យាករ Y (អថេរមិនឯករាជ្យ) ដោយផ្អែកលើតម្លៃជាក់លាក់មួយនៃ X (អថេរឯករាជ្យ) តាមរយៈការប្រើសមីការរីគ្រេសិន។ គេអាចបង្កើតចន្លោះការព្យាករណ៍សម្រាប់តម្លៃ Y តាមរបៀបដូចគ្នានឹងការបង្កើតចន្លោះជឿជាក់សម្រាប់ការប៉ាន់ស្មានមធ្យមសាកលស្ថិតិ។ ចន្លោះការព្យាករណ៍ដែលប្រើស្ថិតិអ្វីមួយហៅថាកំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មាន។

កំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មានត្រូវបានបង្ហាញដោយ S_{EST}ដែលជាគម្លាតស្តង់ដារនៃតម្លៃអថេរមិនឯករាជ្យ Y ដែលត្រូវព្យាករ។ រូបមន្តសម្រាប់គណនាកំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មានគឺ៖

$$S_{EST} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y')^2}{n-2}}$$

ឧទាហរណ៍៖ ការចំណាយលើការថែទាំម៉ាស៊ីនថតចម្លង (Copy Machine Maintenance Costs)

អ្នកស្រាវជ្រាវប្រមូលទិន្នន័យដូចខាងក្រោម ហើយកំណត់ថា មានទំនាក់ទំនងគួរឱ្យកត់សម្គាល់រវាងអាយុរបស់ម៉ាស៊ីនថតចម្លងនិងថ្លៃថែទាំប្រចាំខែ។ សមីការរីគ្រេសសិនគឺ $Y' = 55.57 + 8.13X$។ ចូរគណនាកំហុសស្តង់ដារនៃការប៉ាន់ស្មាន?

- ប្រសិនបើ X = 1 ➔ $Y' = 55.57 + 8.13(1) = 63.7$
- ប្រសិនបើ X = 2 ➔ $Y' = 55.57 + 8.13(2) = 71.83$
- ប្រសិនបើ X = 3 ➔ $Y' = 55.57 + 8.13(3) = 79.96$
- ប្រសិនបើ X = 4 ➔ $Y' = 55.57 + 8.13(4) = 88.09$
- ប្រសិនបើ X = 4 ➔ $Y' = 55.57 + 8.13(4) = 88.09$

- ប្រសិនបើ $X = 6 \rightarrow Y' = 55.57 + 8.13(5) = 104.35$

តារាង៩.១៨. ទិន្នន័យអំពីអាយុរបស់ម៉ាស៊ីនថតចម្លងនិងថ្លៃថែទាំប្រចាំខែ

Machine	X	Y	Y'	$Y-Y'$	$(Y-Y')^2$
A	1	\$62	63.7	-1.70	2.89
B	2	78	71.83	6.17	38.07
C	3	70	79.96	-9.96	99.20
D	4	90	88.09	1.91	3.65
E	4	93	88.09	4.91	24.11
F	6	103	104.35	-1.35	1.82
Total	**20**	**496**	**496.02**		**169.74**
					$\sum(Y-Y')^2$

ចំណាំ៖ X តាងអាយុគិតជាឆ្នាំ និង Y តាងថ្លៃថែទាំប្រចាំខែ

យោងតាមតារាងខាងលើ យើងអាចគណនា៖

$$S_{EST} = \sqrt{\frac{\sum(Y-Y')^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{169.74}{6-2}} = 6.514$$

ដូច្នេះ គម្លាតនៃតម្លៃការព្យាករណ៍ដែលបានអង្កេតគឺ 6.514 ។

៧. ការគេសមីការបន្ទាត់ និងមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរដោយប្រើ MegaSta និង Minitab

យើងយកទិន្នន័យដដែលក្នុងឧទាហរណ៍ទី3 ស្តីពីចំណូលដែលបានមកពីការជួលរថយន្តមកផ្ទៀងផ្ទាត់ ដើម្បីចង់ដឹងថា តើការគណនាតាមរូបមន្ត និងការគណនាដោយប្រើកម្មវិធី MegaSta និង Minitab ផ្តល់លទ្ធផលខុសគ្នាឬទេ។

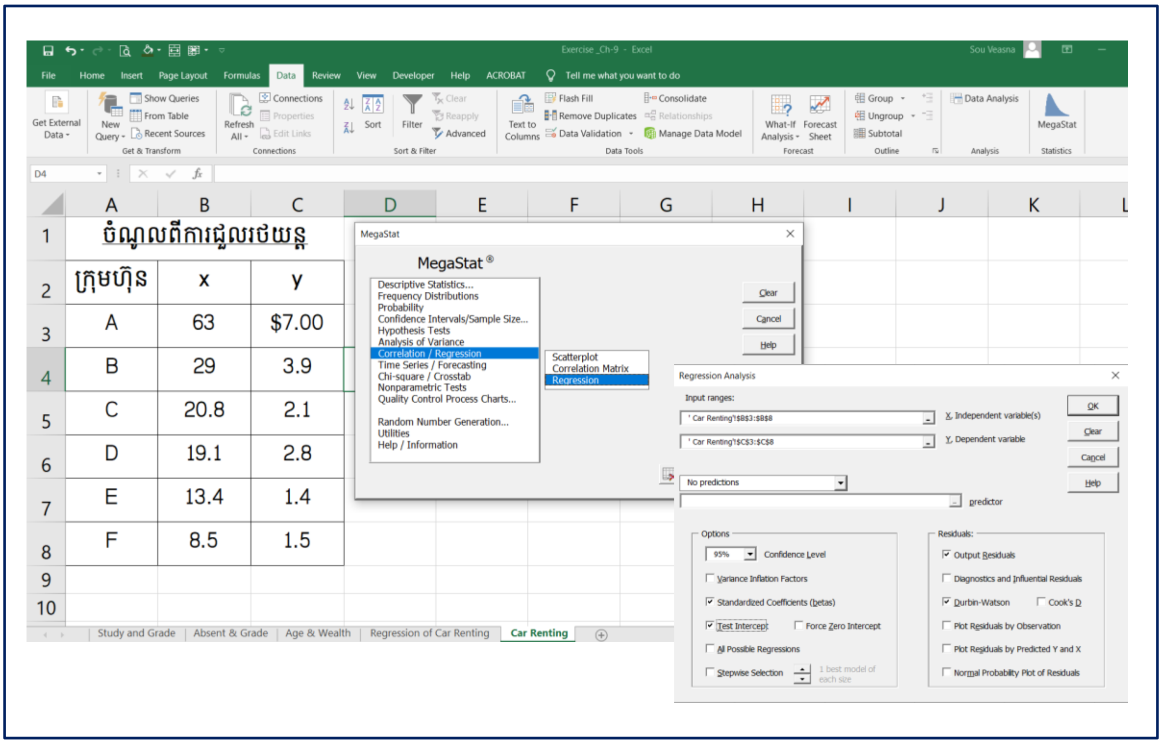
៧.១. ការគេសមីការបន្ទាត់ និងមេគុណទំនាក់ទំនងតាមកម្មវិធី MegaSta

ចំពោះការប្រើកម្មវិធី MegaSta យើងត្រូវធ្វើតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ រៀបចំទិន្នន័យនៅក្នុង EXCEL ដោយដាក់ឈ្មោះឱ្យដូចក្នុងសៀវភៅនេះនៅលើ Worksheet: "Car Renting"។

ជំហានទី2៖ បើកទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី EXCEL រួចជ្រើសរើសមុខងារមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

- បើកកម្មវិធីរបស់ **EXCEL** នៅលើ Toolbar រួចចុចលើ "**Data**" ហើយរកមើលកម្មវិធី **MegaSta** ដែលស្ថិតនៅជ្រុងខាងស្តាំផ្នែកខាងលើ។
- រកមើលពាក្យ Correlation | Regression រួចជ្រើសរើសយកពាក្យ Regression ដោយចុចលើវាទ្វេដង។
- បញ្ចូលទិន្នន័យដែលជាសំណុំតម្លៃអថេរឯករាជ្យ *X* (Independent variables) ដោយយក Mouse ចុចលើជួរឈរ **[B]** ចាប់ពីជួរដេកទី3ដល់ជួរដេកទី8 ['Car Renting'!$B$3:$B8$] និងសម្រាប់ Y (Dependent variables) ត្រូវយក Mouse ចុចលើជួរឈរ **[C]** ចាប់ពីជួរដេកទី3ដល់ជួរដេកទី8 ['Car Renting'!$C$3:$C8$] រួចហើយចុច "**Option**" និង "Residual" ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម៩-១៨។
- បន្ទាប់មក EXCEL នឹងបង្ហាញនូវផ្ទាំងថ្មីរបស់ Work Sheet: Output (ដូចបង្ហាញក្នុងជំហានទី3)



ដ្យាក្រាម៩.១៨. ជំហាននៃការអនុវត្តន៍សម្រាប់កម្មវិធី MegaSta

ជំហានទី3៖ ស្រង់លទ្ធផល និងពន្យល់លទ្ធផល

ទលួផលនៃកម្មវិធីនេះបង្ហាញថា៖

- មេគុណទំនាក់ទំនងដែលយើងបានគណនារួចហើយនៅចំណុច៩.៤. (វិធានសម្រាប់គណនាមេគុណ) គឺ $r = 0.9820$។

- ត្រង់ចំណុច " ANOVA Table" ត្រូវកត់ត្រាតម្លៃ p-value = 0.0005 (p< 0.0001) ដែលបង្ហាញថា លទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិកម្ម ទំនាក់ទំនងរវាងការជួលរថយន្តនិងប្រាក់ចំណូលពិតជាមានផលចំណេញប្រាកដមែន។
- ត្រង់កន្លែង "Regression Output" គឺបង្ហាញសមីការ $Y' = a + bX$

  ដែល a ស្មើនឹង 0.3963 ឬ ប្រហែល 0.396 ជាតម្លៃ Intercept និង b ស្មើនឹង 0.1061 ជាតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិសដែលតម្លៃទាំងនេះគឺដូចគ្នាទាំងស្រុងទៅនឹងចំណុច៩.៥.៣. (វិធានសម្រាប់ចំនួនថេរ និងមេគុណប្រាប់ទិស)។

  ដូច្នេះ សមីការ $Y' = a + bX$ អាចសរសេរទៅជា $Y' = 0.396 + 0.106X$។

តារាង៩.១៩. លទ្ធផលនៃការប្រើកម្មវិធី MegaSta

r²	0.964
r	**.9820**
Std. Error	0.447
n	6
k	1
Dep. Var.	**y**

ANOVA Table

Source	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p-value*
Regression	21.5887	1	21.5887	108.00	.0005
Residual	0.7996	4	0.1999		
Total	22.3883	5			

Regression output

variables	*coefficients*	*std. error*	*t (df=4)*	*p-value*	*confidence interval 95% lower*	*95% upper*	*std. coeff.*
Intercept	0.3963	0.3191	1.242	.2821	-0.4897	1.2824	0.000
x	0.1061	0.0102	10.392	.0005	0.0778	0.1345	0.982

Durbin-Watson = 3.64

៧.២. ការរកសមីការបន្ទាត់រីគ្រេសសិន និងមេគុណទំនាក់ទំនងតាមកម្មវិធី Minitab

ចំពោះការប្រើកម្មវិធី **Mintab** យើងត្រូវធ្វើតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ រៀបចំទិន្នន័យនៅក្នុង Worksheet របស់កម្មវិធី Minitab 19 ដោយដាក់ឈ្មោះឱ្យដូចនៅក្នុងសៀវភៅនេះនៅលើ Work Sheet: " Car Renting "

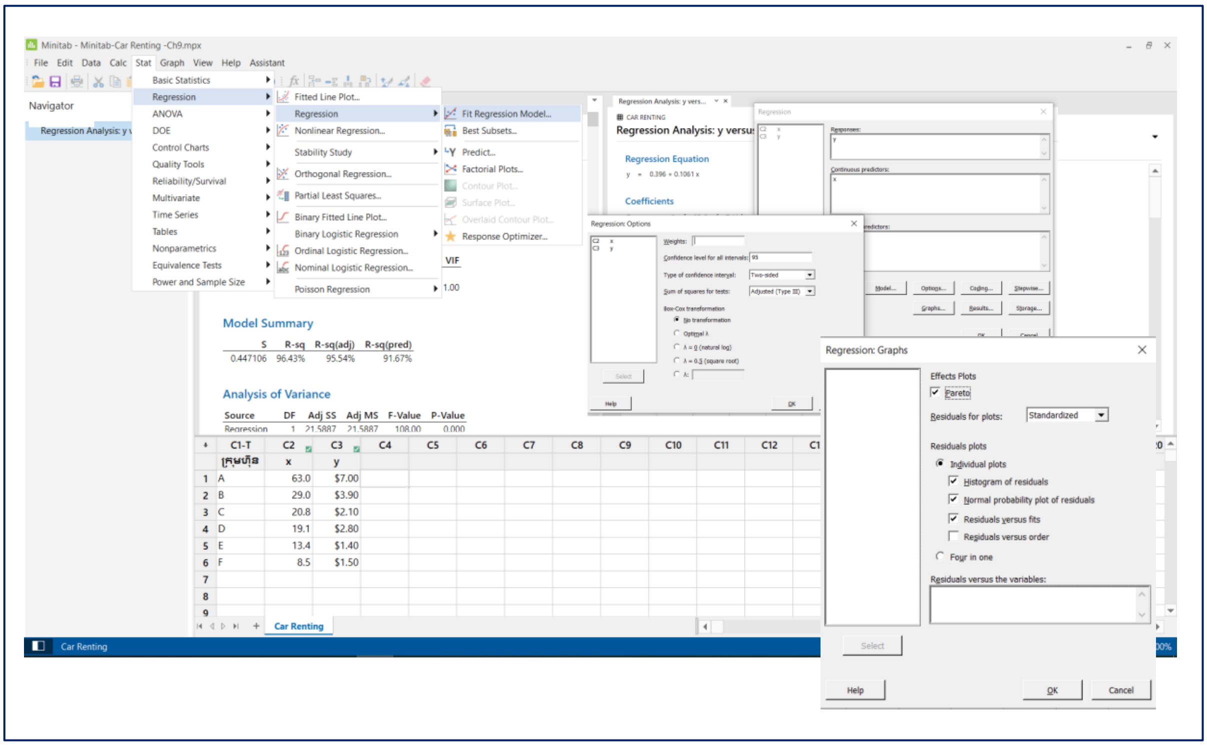
ជំហានទី2៖ បើកកម្មវិធី **Minitab** នៅលើ Toolbar រួចចុចលើ (→)៖

- យកពាក្យ " Stat" → ជ្រើសរើស "Regression"→ចុចលើ "Fit Regression Model..."→ ជ្រើសរើសយក "C2 X" សម្រាប់ប្រអប់ Regression និង រើសយក "C3 Y" សម្រាប់ប្រអប់ Categorical Predictor
- ចុចលើពាក្យ " Option" រួចជ្រើសរើសយកពាក្យ " Two-tailed" ដែលនៅត្រង់ពាក្យ "Type of Confident Interval"→ [OK]
- ចុចលើពាក្យ " Graph" រួចជ្រើសរើសយកពាក្យ " Standardized" ដែលនៅត្រង់ពាក្យ "Residual of Plot"→ រើសយក [√]—"Pareto"→ រើសយក [√]: "Histogram"→"Normal Probability Plot of Residual"→"Residual versus fits"→ ចុចលើ [OK] និង [OK] (សូមមើលដ្យាក្រាមទី9-19)
- បន្ទាប់មក Minitab នឹងបង្ហាញផ្ទាំងលទ្ធផលនៃការវិភាគរីគ្រេសិនដូចក្នុងជំហានទី3។

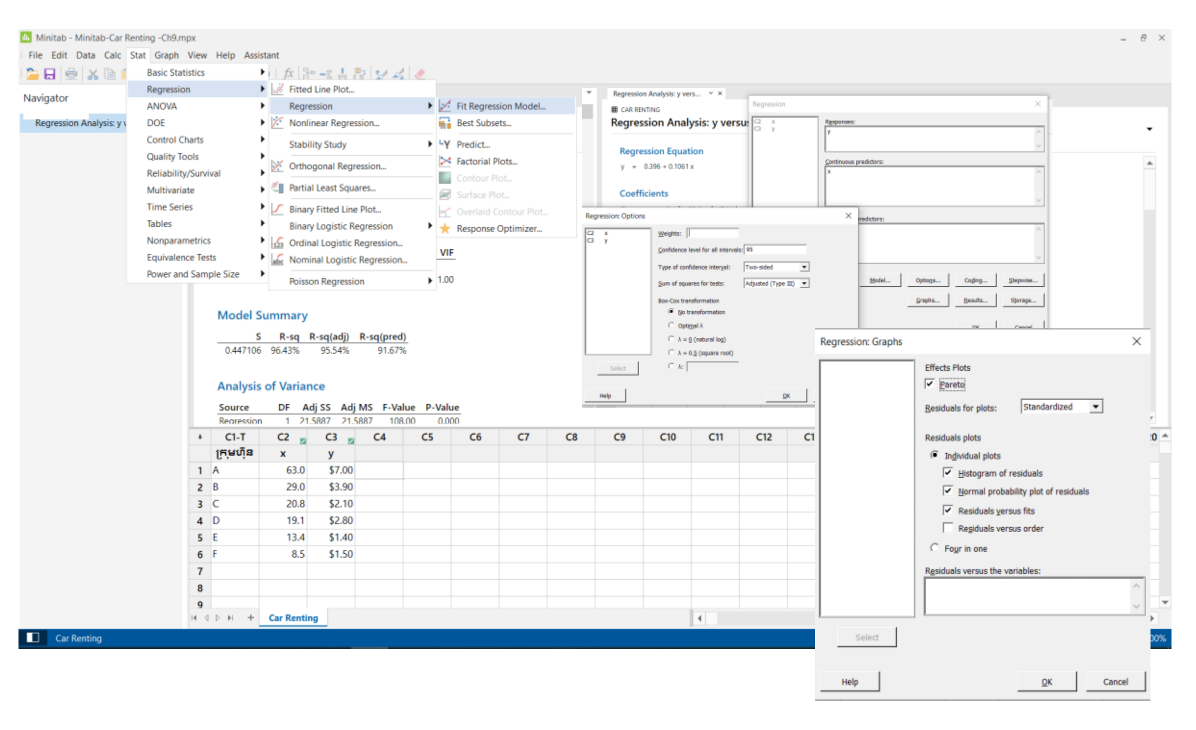
ជំហានទី3៖ ដកស្រង់លទ្ធផល និងពន្យល់លទ្ធផល

លទ្ធផលត្រូវបានបង្ហាញជាច្រើនផ្នែក ប៉ុន្តែមេរៀននេះជ្រើសរើសតែលទ្ធផលនៃសមីការរីគ្រេសិន និងតម្លៃមេគុណ (Coefficients) ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង៩-១៩ខាងក្រោមនេះតែប៉ុណ្ណោះ៖

តារាង៩.១៩. ការរកសមីការរីគ្រេសសិននិងមេគុណទំនាក់ទំនងអថេរ ដោយប្រើកម្មវិធី Minitab 19



កម្មវិធី Minitab 19 នេះសង្ខេបលទ្ធផលដែលយើងត្រូវការទាំងអស់ ហើយស្រួលមើល និងងាយយល់ជាងកម្មវិធី MegaSta ទៅទៀត។



ដ្យាក្រាម៩.១៩. ជំហាននៃការអនុវត្តកម្មវិធី Minitab 19

៨. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

សរុបមក គោលបំណងនៃការសិក្សាទំនាក់ទំនងអថេរ (Correlation) និង រីគ្រេសសិន (Regression) គឺដើម្បីពិនិត្យទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ (X) និងអថេរមិនឯករាជ្យ (Y) ជាពិសេស រីគ្រេសិនក៏ជាផ្នែកមួយនៃកម្មវិធីសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ដើម្បីពិនិត្យភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករតម្លៃអថេរមិនឯករាជ្យដោយផ្អែកលើតម្លៃអថេរឯករាជ្យ។ កម្មវិធី MegaSta និង Minitab 19 ក៏មានសារៈសំខាន់ណាស់ដែរក្នុងការរកមេគុណនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរក៏ដូចជាក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មផងដែរ។

រីគ្រេសសិនរួមមាន រីគ្រេសសិនសាមញ្ញ ឬ ពហុរីគ្រេសសិនគឺជាឧបករណ៍សម្រាប់តេស្តសម្មតិកម្មមួយដ៏មានឥទ្ធិពលក្នុងការព្យាកររវាងអថេរពីរ ឬច្រើនក្នុងពេលតែមួយ។ ការស្រាវជ្រាវដោយប្រើរីគ្រេសសិនអាចជួយដល់អ្នកគ្រប់គ្រងធ្វើសេចក្តីសម្រេចចិត្តប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់ក្នុងការគ្រប់គ្រង និងធ្វើផែនការយូរអង្វែងសម្រាប់អាជីវកម្ម។ ក្នុងការស្រាវជ្រាវដោយប្រើរីគ្រេសសិន អ្នកស្រាវជ្រាវអ្នកអាចជ្រើសរើសយកឧបករណ៍ស្ថិតិសម្រាប់ជំនួយក្នុងការតេស្តសម្មតិកម្មដូចជាកម្មវិធី SPSS, Minitab, MegaSta, STATA, SAS, និង R-Program ជាដើម។

មេរៀនទី១០ ការវិភាគឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន

ក្នុងស្ថិតិឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic Regression Analysis) មានការប្រើគំរូប្រូបាប៊ីលីតេនៃព្រឹត្តិការណ៍ដែលមានស្រាប់ដូចជា៖ បរាជ័យ ឈ្នះ ចាញ់ រស់ ស្លាប់ ឬមានសុខភាពល្អ ឬឈឺ។ ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនមានប្រយោជន៍ខ្លាំងនៅពេលដែលអ្នកចង់ពឹងលើអថេរដែលដើរតួនាទីជាប្រភេទថ្នាក់ (Categorical variable) ដើម្បីព្យាករទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យដែលត្រូវបានបែងចែកជាពីរក្រុមដែលមានលក្ខណៈផ្ទុយគ្នា (dichotomy)។ ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនក៏មានប្រយោជន៍ និងមានភាពងាយស្រួលជាងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈរីគ្រេសសិនផងដែរ នៅពេលដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវចង់ព្យាករទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យ ដោយពឹងលើអថេរឯករាជ្យខ្លះឬទាំងអស់ដែលមិនមានភាពច្បាស់លាស់។ មេរៀនេះបង្ហាញលំអិតអំពីរបៀបនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន។ របៀបវាយតម្លៃលទ្ធផលស្រាវជ្រាវក៏ត្រូវបានពន្យល់ក្នុងមេរៀននេះផងដែរ។

១. សេចក្តីផ្តើម

ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនមានប្រយោជន៍នៅពេលអ្នកចង់ទស្សទាយលទ្ធផលឬអថេរមិនឯករជ្យ ដោយពឹងលើសំណុំនៃអថេរឯករាជ្យ។ ខុសពីរីគ្រេសសិនសាមញ្ញ (simple regression) និងពហុរីគ្រេសសិន (multiple regression) ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនគឺជាទម្រង់រីគ្រេសសិនឯកទេសដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងដើម្បីទស្សទាយនិងពន្យល់រវាងអថេរគោលពីរក្រុម two-group) និងអថេរដែលមានប្រភេទថ្នាក់ (categories)។ ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនរួមជាមួយការវិភាគឌីស្គ្រីមីណង់(Discriminant analysis) គឺជាក្បួនស្ថិតិដ៏ត្រឹមត្រូវមួយ នៅពេលដែលអថេរមិនឯករាជ្យស្ថិតក្នុងថ្នាក់នាមករណ៍ ឬថ្នាក់គ្មានខ្នាតរង្វាស់(Categorical variables: nominal or nonmetric) ហើយអថេរឯករាជ្យមានខ្នាតរង្វាស់ (metric) ឬ មិនមានខ្នាតរង្វាស់ (nonmetric) (Hair et al., 2018)។

ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនពិសេសដែលអថេរមិនឯករាជ្យគឺជាអថេរមិនស៊ីមេទ្រី (nonmetric variable)។ ទោះបីជាមានភាពខុសគ្នាខ្លះក៏ដោយ ក៏លក្ខណៈទូទៅនៃការបកស្រាយគឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងរីគ្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ**ដែរ។ ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនមានសក្តានុពលក្នុងការព្យាករណ៍អថេរមិនឯករាជ្យដែលស្ថិតក្នុងក្រុមឬថ្នាក់ទិន្នន័យពីរប្រភេទផ្ទុយគ្នាឬខុសគ្នាស្រឡះ (dichotomy) ដូចជា Yes ឬ No ស្រី ឬ ប្រុស ជាដើមនោះទេ។ សរុបមក ម៉ូដែលឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនគឺសម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យដែលអាចត្រូវបានកំណត់ខ្នាតរង្វាស់ជាលេខកូដ 0 និង 1 (binary code) ដែលជាប្រពន័ន្ធទិន្នន័យសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ហើយដែលក្នុងនោះ លេខ 0 អាចតំណាងឱ្យ "បាទ" និង 1 តំណាងឱ្យ "ទេ" ជាដើម។ ចម្លើយដែលត្រូវបានកំណត់តាមរយៈលេខកូដ 0 និង 1 (binary code) នេះត្រូវបានសិក្សាជាទូទៅនៅក្នុងវិស័យជាច្រើនដូចជា វិជ្ជមានឬអវិជ្ជមាននៃជំងឺអ្វីមួយ ការស្លាប់ក្នុងអំឡុងពេលវះកាត់ ឬអតិថិជនទិញផលិតផលអ្វីមួយជាដើម។ ជារឿយៗ បើយើងចង់សិក្សាពីរបៀបព្យាករអថេរឯករាជ្យ (Independent variable) X គឺត្រូវពឹងលើអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variable) Y ដែលជាទិន្នន័យពីរប្រភេទ ផ្ទុយគ្នាឬខុសគ្នាស្រឡះ (dichotomous)។ ដើម្បីភាពងាយស្រួល យើងអាចកំណត់ចម្លើយ (response) ជា $Y = 0$ ឬ 1 ដែល $Y = 1$ បង្ហាញពីការកើតឡើងនៃព្រឹត្តិការណ៍ អាស្រ័យលើគោលបំណងស្រាវជ្រាវ។ សរុបមក ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនគឺសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ឬទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ ដែលស្ថិតក្នុងក្រុមឬថ្នាក់ពីរផ្ទុយ ឬខុសគ្នាស្រឡះ(Harrell, 2015)។

២. ទ្រឹស្តីឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic Regression Theory)

យើងអាចប្រើឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនដើម្បីពិនិត្យរចនាសម្ព័ន្ធអថេរមិនឯករាជ្យ និងសំណុំនៃអថេរឯករាជ្យ (មួយឬច្រើន)។ រីឯពហុ**លីនេអ៊ែរ**រីគ្រេសសិន (multiple linear regression) គេច្រើនប្រើដើម្បីអង្កេតទំនាក់ទំនងរវាងអថេរមិនឯករាជ្យដែលជាទិន្នន័យមានមាត្រដ្ឋានជាប់ ឬជាអថេរជាប់ (continuous scale) ដូចជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) ឬឧទាហរណ៍ដូចជាប្រាក់ចំណូល សម្ពាធឈាម ឬពិន្ទុប្រឡងជាដើម។ យ៉ាងណាមិញការសិក្សាអថេរក្នុងវិស័យសេដ្ឋកិច្ចសង្គមគេច្រើនប្រើខ្នាតរង្វាស់ជាមាត្រដ្ឋានថ្នាក់ (categorical scale) ជាជាងការប្រើមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (interval scale)(Harrell, 2015)។ ក្នុងករណីការស្រាវជ្រាវជាច្រើន គេផ្តោតលើម៉ូដែល ឬគំរូដែលសំណុំទិន្នន័យជាអថេរមិនឯករាជ្យត្រូវបានកំណត់ជាពីរថ្នាក់ផ្សេងពីគ្នាសម្គាល់ដោយលេខកូដ(binary code) 0 និង 1 សម្រាប់ធ្វើការវិភាគទិន្នន័យ។ ឧទាហរណ៍៖ អថេរមិនឯករាជ្យអាចជា "ភាពគ្មានការងារធ្វើ" ឬ "មិនមែន" ហើយយើងអាចចាប់អារម្មណ៍ឃើញថា អថេរមិនឯករាជ្យអាចជាប់ទាក់ទងទៅនឹងភេទ អាយុ ក្រុមជនជាតិភាគតិច។ល។ ចំពោះករណីនេះ យើងមិនអាចអនុវត្តពហុ**លីនេអ៊ែរ**រីគ្រេសសិន (multiple linear regression) បានទេ ព្រោះការសន្មតជាច្រើននៃវិធាននេះមិនត្រូវបានបំពេញដូចដែលបានពន្យល់តាមទ្រឹស្តី**លីនេអ៊ែរ**រីគ្រេសសិនទេ។ ផ្ទុយទៅវិញ យើងនឹងអនុវត្តឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យប្រភេទទាំងនេះ (Darlington & Hayes, 2017)។

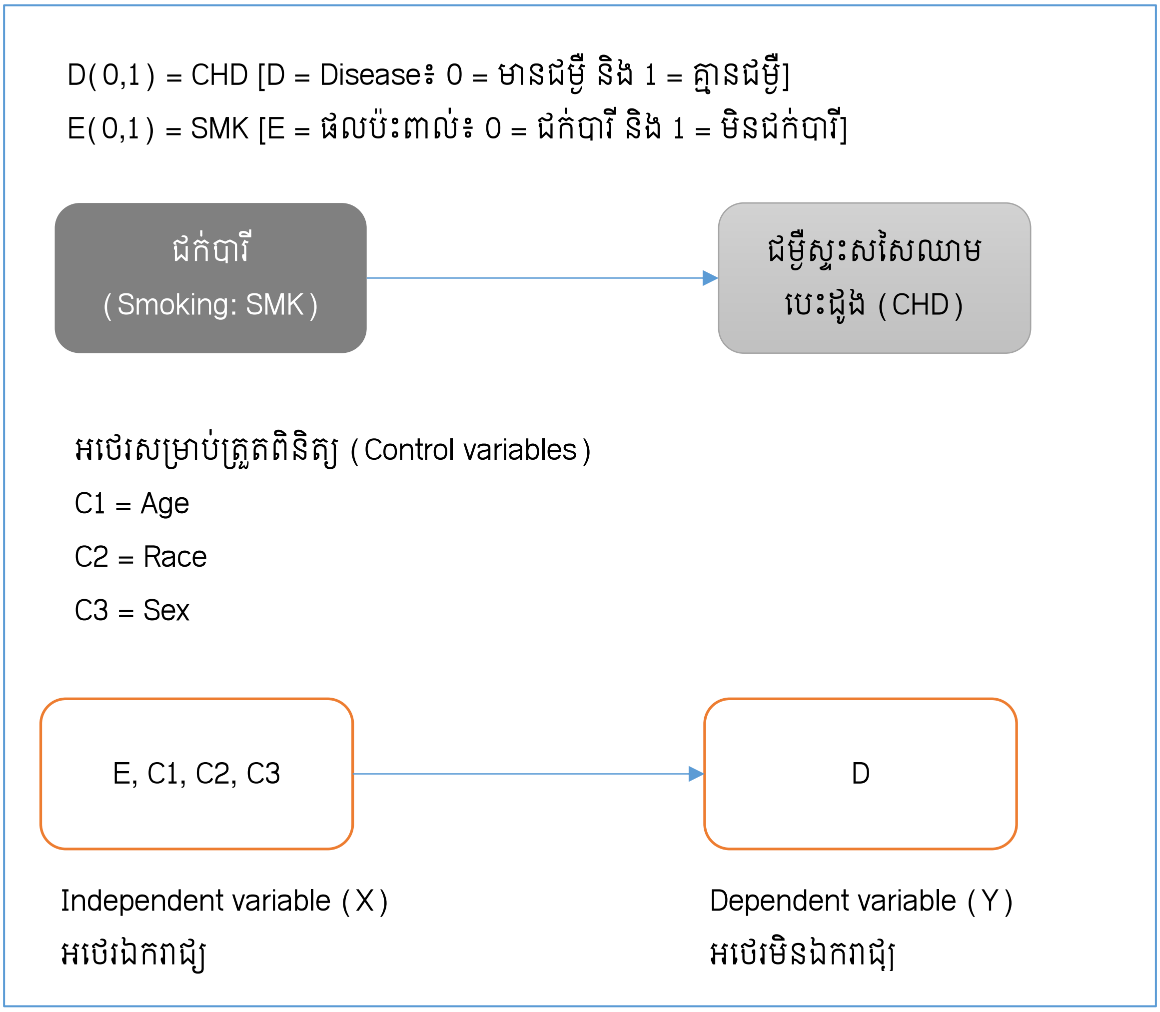
ឧទាហរណ៍៖ យើងពិចារណាអំពីលទ្ធផលនៃការពិនិត្យជម្ងឺ ដែលក្នុងនោះ លេខ 0 តំណាងឱ្យ "គ្មានជម្ងឺ" និងលេខ 1 តំណាងឱ្យ "មានជម្ងឺស្ទះសរសៃឈាមបេះដូង" (Coronary Heart Disease: CHD)ដោយការសរសេរដូចនេះថា 0 = គ្មានជម្ងឺ CHD និង 1 = មានជម្ងឺ CHD។ ឧបមាបន្ថែមទៀតថា យើងចាប់អារម្មណ៍ថា អថេរអាចមានការផ្សារភ្ជាប់នឹងស្ថានភាពជក់បារី (smoking: SMK)តែមួយដង ដែលត្រូវបានដាក់ជាលេខកូដ "0 = បាទ / ចាស" និង "1 = ទេ" ។ ដូច្នេះ សំណួរនៃការស្រាវជ្រាវសម្រាប់ឧទាហរណ៍នេះគឺដើម្បីវាយតម្លៃពីទំហំនៃការជក់បារីដែលត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹងស្ថានភាពជម្ងឺស្ទះសសៃឈាមបេះដូង CHD។ សំណួរធម្មតារបស់អ្នកស្រាវជ្រាវគឺ៖ តើអថេរ E (Effect) មួយមានទំនាក់ទំនង ឬមានផ្សាភ្ជាប់ទៅនឹងអថេរមួយឬច្រើនផ្សេងទៀតដែរឬទេ ចំពោះជម្ងឺប្រភេទនោះ (Disease: D)?

ដ្យាក្រាម១០-១ បង្ហាញការវាយតម្លៃពីទំហំឥទ្ធពលនៃការជក់បារីត្រូវបានផ្សាភ្ជាប់ជាមួយនឹងជម្ងឺដូចជាជម្ងឺស្ទះសរសៃឈាមបេះដូង ដែលក្នុងនោះ គេច្រើនរាប់បញ្ចូលបន្ថែមទៀតនូវអថេរមួយចំនួនដូចជា អាយុ ពូជសាសន៍ និងភេទ ដែលយើងអាចយល់ថាមិនសូវមានសារសំខាន់។ យើងអាចតាងអថេរទាំងបីនេះដោយអក្សរ C1, C2, និង C3 និងចាត់ទុកជាអថេរសម្រាប់ត្រួតពិនិត្យ (Control variable)។ ក្នុងឧទាហរណ៍នេះ អថេរ E (អថេរប៉ះពាល់) រួមជាមួយ C1, C2, និង C3 (អថេរសម្រាប់ត្រួតពិនិត្យ) តំណាងឱ្យការប្រមូលផ្តុំនៃអថេរឯករាជ្យ ដែលយើងចង់ប្រើដើម្បីពិពណ៌នា ឬព្យាករអថេរមិនឯករាជ្យ D។

សរុបមកគំរូឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនគឺអាចសរសេរជា៖

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_k X_k$$

ដែល X_k ជាអថេរឯករាជ្យនៃចំណាប់អារម្មណ៍ រីឯ ចំនួនថេរ α និង β_k គឺជាមេគុណប្រាប់ទិស (Slope) តំណាងឱ្យប៉ារ៉ាម៉ែត្រដែលមិនស្គាល់ (Kleinbaum & Klein, 2010)។



ដ្យាក្រាម១០.១. ម៉ូដែលឡូជីស្ទីករីក្រេសសិន (Logistic regression model)

២.១. អនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Function of Logistic Regression)

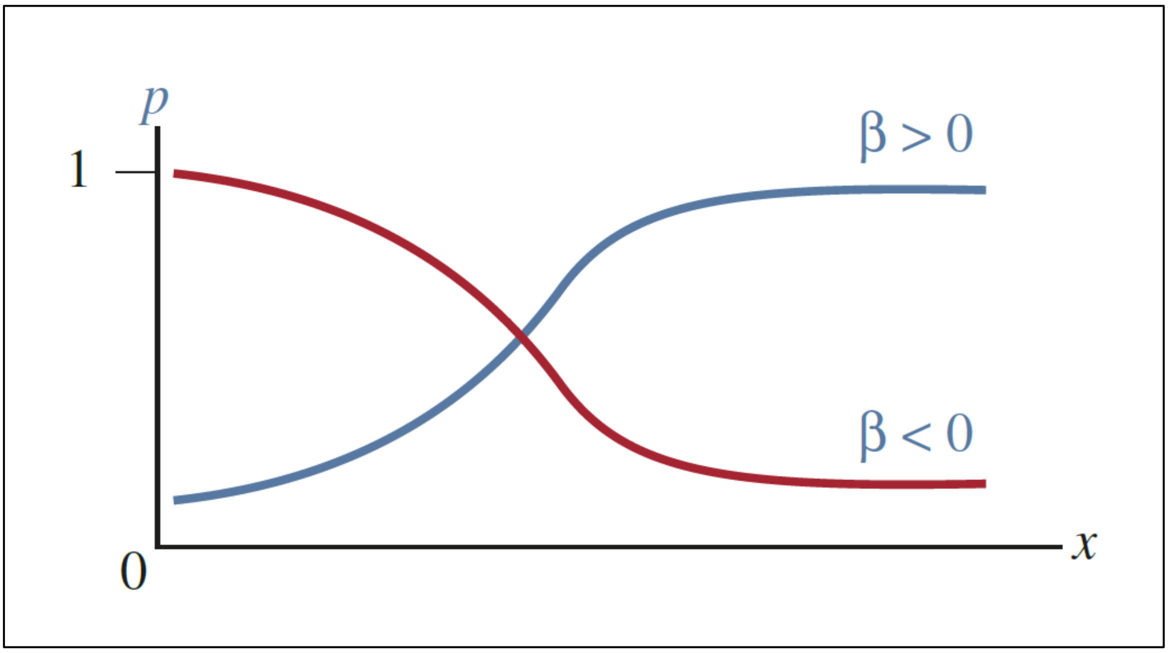
ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនត្រូវបានផ្តល់ជូនអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវសម្រាប់ដោះស្រាយបញ្ហាអថេរមិនឯករាជ្យ ដែលជាទិន្នន័យប្រភេទនាមករណ៍ ឬថ្នាក់ (Categorical or nominal data) (Keller, 2014)។ អនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនត្រូវបានប្រើសម្រាប់ព្យាករតាមរយៈប្រូបាប៊ីលីតេនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ។ ខ្សែកោងឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនមានរាងជាអក្សរ "S" ដូចក្រាហ្វិកក្នុងរូប១០-២។ ការបកស្រាយអំពីឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនអាចចាប់ផ្តើមដោយការពន្យល់អំពីអនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនដែលមានលក្ខណៈស្តង់ដារ។ ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនត្រូវបានប្រើសម្រាប់វាស់ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរមិនឯករាជ្យ ដែលជាសំណុំទិន្នន័យមានក្រុមឬថ្នាក់ និង អថេរឯករាជ្យពីរឬច្រើន ដោយការប៉ាន់ស្មានប្រូបាប៊ីលីតេដោយប្រើអនុគន៍ឡូជីស្ទិក ដែលជាអនុគមន៍របាយសរុបនៃរបាយឡូជីស្ទិក (the cumulative distribution function of logistic distribution)។ សមីការរីក្រេសសិនដែលអាចជាគំរូខ្សែកោងល្អបំផុតរាងអក្សរ "S-shape" នេះហៅថា សមីការឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Agresti, 2017)។

ដ្យាក្រាម១០-៣ បង្ហាញទំនាក់ទំនងរវាងអាយុ X និងការទិញប័ណ្ណធានារ៉ាប់រង Y។ ចំពោះលទ្ធផលដែលបានពីកម្មវិធី Minitab 19 យើងឃើញថា អាយុនៅក្មេងគឺមានប្រូបាប៊ីលីតេទាបក្នុងធន្ទះ ឬមានបំណងទិញប័ណ្ណធានារ៉ាប់រង រីឯចំពោះអ្នកមានអាយុច្រើនគឺមានទំនោរនៃប្រូបាប៊ីលីតេខ្ពស់ក្នុងការទិញប័ណ្ណធានារ៉ាប់រងពីព្រោះអាយុកាន់តែចាស់មានហានិន័យកាន់តែច្រើន។

សមីការឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនសម្រាប់ខ្សែកោងរាងអក្សរ S ដែលមានមុខងារព្យាករតាមរយៈប្រូបាប៊ីលីតេនៃ p គឺ៖

$$p_{(x)} = \frac{e^{(\alpha+\beta x)}}{1+e^{(\alpha+\beta x)}}$$

សមីការ p នេះហៅថាសមីការឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន។ ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនត្រូវបានប្រើនៅពេលអថេរឆ្លើយតប ឬអថេរមិនឯករាជ្យជាសំណុំទិន្នន័យពីរប្រភេទផ្ទុយគ្នា ឬខុសគ្នាស្រឡះ ដែលគេអាចសម្គាល់ដោយលេខកូដ 0 និង 1 (Binary code)។ នៅទីនេះ e មានស្វ័យគុណជាមួយអនុគមន៍អិចស្ប៉ូណង់ស្យែលដែលត្រូវបានកំណត់ជាតម្លៃលេខមួយជាក់លាក់ ដែល α ជាតម្លៃថេរមួយ (Constant value or intercept) β គឺជាតម្លៃមេគុណប្រាប់ទិស (slope) របស់សមីការលីនីអ៊ែររីក្រេសសិន និង x ជាចំនួនករណីសិក្សា ឬទំហំសំណាក។ ដោយរូបមន្តសម្រាប់គណនារក p មានភាគយកតូចជាងភាគបែងនាំឱ្យ $0 < p < 1$។ ជាមួយនឹងគំរូរីក្រេសសិនរាងអក្សរ S នេះ ប្រូបាប៊ីលីតេ p ស្ថិតនៅចន្លោះ 0 និង 1 សម្រាប់ករណីអាស្រ័យលើតំលៃ x ដែលអាចមានកើតមានឡើង។ ចំពោះតម្លៃរបស់ $\beta > 0$, ប្រូបាប៊ីលីតេ p កើនឡើងនៅពេល x កើនឡើង។ នៅពេល $\beta < 0$ ប្រូបាប៊ីលីតេ p ថយចុះនៅពេលតម្លៃរបស់ x មានការកើនឡើង។ ប្រសិនបើ $\beta = 0$, p មិនផ្លាស់ប្តូរ ទោះតម្លៃរបស់ x មានការប្រែប្រួលក៏ដោយ (សូមមើលដ្យាក្រាម១០-២)។ ភាពចោតនៃខ្សែកោងកើនឡើងនៅពេលដែលតម្លៃដាច់ខាតនៃ β កើនឡើង។ តែទោះយ៉ាងណាក៏មិនដូចនៅក្នុងគំរូត្រង់ β ដែរ មិនមែនជាជម្រាលទេ។ ដូច្នេះ យើងមិនអាចបកស្រាយថា មានការផ្លាស់ប្តូរមធ្យមចំពោះការផ្លាស់ប្តូរតម្លៃមួយឯកតានៃ x នោះទេ។ សម្រាប់ខ្សែកោងរាងអក្សរ S អត្រាឡើង ឬចុះនៃខ្សែកោងអាស្រ័យលើតម្លៃរបស់ x ។ សរុបមក កម្មវិធី Software មួយចំនួនដូចជា STATA, Minitab, និង SPSS អាចរកតម្លៃប៉ាន់ស្មានរបស់ប៉ារ៉ាម៉ែត្រ α និង β នៅក្នុងគំរូ logistic regression និងអាចរកប្រូបាប៊ីលីតេប៉ាន់ស្មាន តាមរយៈកម្មវិធី Software ដែលតាងដោយ $\hat{p}$ ដែលអាស្រ័យលើភាពត្រឹមត្រូវនៃគំរូ។



ដ្យាក្រាម១០.២. ម៉ូដែលឡូជីស្ទីករីក្រេសសិន (Logistic regression model)

គេប្រើអនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនដើម្បីព្យាករទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរ ឬច្រើន ដែលក្នុងនោះ អថេរមិនឯករាជ្យជាសំណុំនិន្នន័យពីប្រភេទដែលអាចសម្គាល់ដោយលេខកូដ 0 និង 1 (binary code)។ ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន

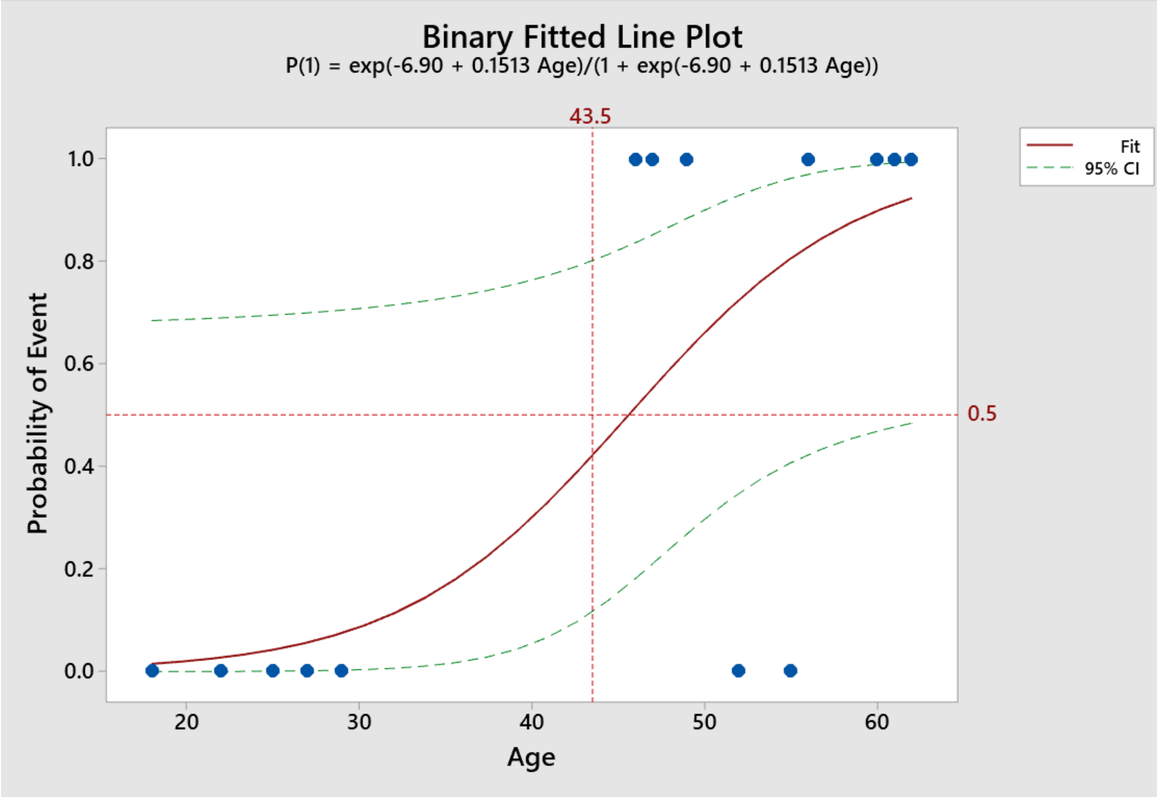
មានតួនាទីសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍លើ៖ ការផ្ញើអ៊ីម៉ែលអាចនឹងចូលក្នុងប្រអប់ (in Box) ឬអាចនឹងចូលក្នុងកន្លែងដាក់របស់ដែលយើងមិនត្រូវការ (Spam) ការប្រើប្រាស់សេវាកម្មធានារ៉ាប់រង និងការសម្រេចចិត្តក្នុងការបោះឆ្នោតជាដើម។ ឧទាហរណ៍៖ តើអតិថិជនធនាគារ Chase នឹងជ្រើសរើសធនាគារតាមអ៊ិនធើណែតឬអត់? តើអតិថិជនក្រុមហ៊ុន Amazon នឹងធ្វើការទិញម្តងទៀតក្នុងរយៈពេលប្រាំមួយខែទៀត ឬអត់?

យើងសូមលើកយកឧទាហរណ៍មួយ៖ ការទិញប័ណ្ណធានារ៉ាប់រងអាយុជីវិតគឺអាស្រ័យលើអាយុ។ ការសិក្សានេះបានស្ទាបស្ទង់មតិលើអតិថិជនចំនួន13នាក់ដើម្បីចង់ដឹងថា តើគាត់មានបំណងចង់ប្រើប្រាស់សេវាកម្មធានារ៉ាប់រងអាយុជីវិតដែរឬទេ? (ដូចមានទិន្នន័យខាងក្រោម)៖

យើងបានប្រើលេខកូដ 0 និង 1 (Binary code) ដើម្បីតាងចម្លើយរបស់អតិថិជន ដែល៖ 0 = មិនទិញ និង 1=នឹងទិញ។

អាយុ	**ប័ណ្ណធានារ៉ាប់រង**
22	0
25	0
47	1
52	0
46	1
56	1
55	0
60	1
62	1
61	1
18	0
27	0
29	0
49	1

ដ្យាក្រាម១០-៣ នៃឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនបានបង្ហាញថា អាយុកាន់តែច្រើន មនុស្សមានហានិភ័យក្នុងការបាត់បង់អាយុជីវិតកាន់តែខ្ពស់។ ដូច្នេះ ពួកគាត់ត្រូវទិញការធានារ៉ាប់រងអាយុជីវិត។



ដ្យាក្រាម១០.៣. អនុគមន៍ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Logistic regression function)

២.២. ប្រភេទទិន្នន័យឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (Data Types of Logistic Regression)

ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនគឺជាវិធានមួយក្នុងចំណោមវិធានរីគ្រេសសិនទាំងអស់ដែលគេប្រើចំពោះទិន្នន័យជាថ្នាក់។ ទិន្នន័យជាថ្នាក់មានអថេរគោលពីរ និងអថេរពហុថ្នាក់។

ក. អថេរគោលពីរ

អថេរគោលពីរជាប្រភេទអថេរដែលមានការប្រើលេខកូដ 0 និង 1 (binary code) សម្គាល់ថ្នាក់ពីរផ្ទុយគ្នា ឬខុសគ្នាស្រឡះ។

ឧទាហរណ៍៖ តើអតិថិជននឹងទិញការធានារ៉ាប់រងអាយុជីវិតឬទេ?

ចំលើយអាចមានពីរប្រភេទគឺ "ទិញ" និង "មិនទិញ" ដែលអាចតាងដោយលេខកូដ៖

0 = No (មិនទិញ)

1 = Yes (ទិញ)

ការដាក់លេខកូដទិន្នន័យប្រភេទនេះហៅថា ការដាក់លេខកូដប្រព័ន្ធគោលពីរ (Binary coding)។

ខ. អថេរពហុថ្នាក់ (Multiple Classification)

ឧទាហរណ៍៖ តើគណបក្សនយោបាយណាមួយនឹងត្រូវមនុស្សបោះឆ្នោតឱ្យ?

ចម្លើយគឺអាចមានដូចខាងក្រោម៖

1 = គណបក្សប្រជាធិបតេយ្យ (Democratic)

2 = គណបក្សសាធារណរដ្ឋ (Republic)

3 = គណបក្សឯករាជ្យ (Independent)

របៀបនៃការដាក់លេខកូដទិន្នន័យប្រភេទនេះត្រូវបានគេហៅថាការដាក់លេខកូដពហុថ្នាក់ (Multiple classification coding)។

៣. ការវិភាគភាពត្រឹមត្រូវនៃគំរូ(Analysis of Model Fit)

ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិនត្រូវបានប្រើជាបឋមដើម្បីធ្វើគំរូអថេរគោលពីរ (binary code ឬ 0, 1) ដោយផ្អែកលើអថេរមួយរឺច្រើនផ្សេងទៀតហៅថាអថេរព្យាករ ឬអថេរចម្លើយ (predictor or response)។ អថេរគោលពីរ (binary code ឬ 0, 1) ដែលត្រូវបានយកគំរូតាមជាទូទៅត្រូវបានគេហៅថាអថេរចម្លើយ (response variable) ឬអថេរឯករាជ្យ (dependent variable) (Hilbe, 2015)។ ចំពោះគំរូមួយដែលត្រូវនឹងទិន្នន័យបានល្អ (model fit) គេសន្មតថា៖

- អថេរដែលត្រូវបានព្យាករមិនមានទំនាក់ទំនងជាមួយអថេរមួយទៀត
- អថេរឯករាជ្យមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងខ្លាំងទៅនឹងអថេរមិនឯករាជ្យ ឬអថេរដែលជាចម្លើយ
- ការសង្កេតនានា ឬជាតុទិន្នន័យទាំងឡាយនៃគំរូមួយក៏គ្មានទំនាក់ទំនងរវាងគ្នាដែរ។

គំរូល្អ (Model fit) ត្រូវបានគេវាយតម្លៃតាមបែបបុរាណដោយមធ្យោបាយស្ថិតិសង្ខេប ឬដោយការវិភាគសំណល់ (residual analysis)។ ដោយសារការវិភាគអំពីកត្តាមួយដែលមានសារៈសំខាន់ចំពោះដំណើរការនៃការធ្វើគំរូល្អ (model fit) យើងត្រូវពិភាក្សាអំពីការវាយតម្លៃចំនួនបួនប្រភេទ៖

- ការធ្វើតេស្តរកភាពត្រូវល្អតាមបែបបុរាណ(Traditional fit tests)
- ការធ្វើតេស្ត Hosmer-Lemeshow GOF (Hosmer–Lemeshow GOF test)
- ការធ្វើតេស្តថ្នាក់ទិន្នន័យ (Information criteria tests)
- ការវិភាគសំណល់ (Residual analysis)

ក្នុងចំណោមនៃការតេស្តគំរូល្អ (model fit) សម្រាប់ឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន មេរៀននេះលើកយកតេស្តរកភាពត្រូវតាមបែបបុរាណ (Traditional fit tests) និង Hosmer–Lemeshow GOF Test មកបង្ហាញ។ តេស្តនេះមានការពេញនិយមសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវទាំងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម និងទាំងផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រពិត ព្រមទាំងមានការទទួលស្គាល់សម្រាប់ការបោះពុម្ពក្នុងទស្សនាវដ្ដីអន្តរជាតិល្បីៗផងដែរ (ឧទាហរណ៍៖Austin & Merlo, 2017; Cokluk, 2010; Peng, Lee, & Ingersoll, 2002)។

សម្រាប់ស្ថិតិសាមញ្ញត្រូវបានបង្កើតឡើងសម្រាប់គំរូ**លីនេអ៊ែរ**ទូទៅ (the generalized linear models: GLM) នៃការប្រើគំរូឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន។ វិធីសាស្ត្រ GLM ប្រើក្បួនដោះស្រាយតាមរយៈការប្រើ IRLS (iteratively re-weighted least squares) ដើម្បីប៉ាន់ស្មានតម្លៃប៉ារ៉ាម៉ែត្រ (parameters) កំហុសស្តង់ដារ

(standard errors) និងស្ថិតិគំរូផ្សេងទៀត (model statics)។ ជាទូទៅរបៀបនៃការកំណត់ភាពត្រឹមត្រូវល្អ (GOF: Goodness-of-fit) គឺត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

- ស្ថិតិ Pseudo-R^2 និង R^2 (R^2 and Pseudo-R^2 Statistics)
- ស្ថិតិគម្លាត (Deviance statistics)
- ស្ថិតិផលធៀបឡៃលីហ៊ូដ (Likelihood ratio statistics)

៣.១. ស្ថិតិ Pseudo-R^2 និង R^2 (R^2 and Pseudo-R^2 Statistics)

ស្តង់ដារភាពត្រូវល្អនៃស្ថិតិសម្រាប់សមីការរីគ្រេសសិនធម្មតា (ordinary least squares regression) ឬ Gaussian regression គឺជាស្ថិតិ R^2 ដែលត្រូវបានគេហៅថាការកំណត់តម្លៃមេគុណ (the coefficient of determination)។ តម្លៃតំណាងឱ្យការប្រែប្រួលភាគរយនៅក្នុងទិន្នន័យគិតគូរដោយតាមរយៈការយកសំណាកមកប្រើ។ ចាប់ពីលេខ 0 ដល់លេខ 1 តម្លៃ R^2 កាន់តែខ្ពស់បានន័យថា គំរូរបស់ឡូជីស្ទិកមានលទ្ធផលកាន់តែល្អសម្រាប់ការព្យាករទៅលើអថេរដែលត្រូវបានយកមកសិក្សា។

R^2 គឺជាអត្រាបម្រែបម្រួលនៃតម្លៃត្រូវល្អ (the fitted value) នឹងវ៉ារ្យ៉ង់សរុបដែលត្រូវបានកំណត់នៅក្នុងគំរូរបស់លោក Gaussian គឺ៖

$$RSS = Residual\ SS = \sum(Y-\mu)^2$$

$$TSS = Total\ SS = \sum(Y - mean\ (Y))^2$$

ដែល μ គឺជាតម្លៃត្រូវល្អ (the fitted value) និង Y គឺជាគំរូអថេរមិនឯករាជ្យ ឬ គំរូចម្លើយ (the model response)។ ដូច្នេះ ពាក្យបច្ចេកទេសទាំង2នេះគឺត្រូវបានសរសេរជា៖

$$R^2 = \frac{TSS-RSS}{TSS} = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

ឬ

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum(Y-\mu)^2}{\sum(Y-mean(Y))^2}$$

ដែល Σ តំណាងផលបូកសរុបនៃតម្លៃរបស់ការអង្កេត ឬការព្យាករណ៍។

ដើម្បីវាយតម្លៃនូវលទ្ធផលរបស់ R^2 ឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព យើងត្រូវកំណត់យកតម្លៃស្ថិតិរបស់ *Pseudo-R^2* ដែលត្រូវបានកំណត់និយមន័យដូចខាងក្រោម៖

$$1 - \frac{LL_F}{LL_C} \qquad (10\text{-}6)$$

ជាមួយនឹង៖ *LL_C = the intercept-only model* (*or Constant only logit model*) (ម៉ូដែលនៃតម្លៃថេរ) និង *LL_F = the full model (or Full logit model)* (ម៉ូដែលពេញលក្ខណៈ)

ចំពោះការគណនាសមីការ១០-១ ដល់ ១០-៥ យើងនឹងលើកយកឧទាហរណ៍មកបង្ហាញនៅខាងចុងនៃមេរៀននេះ។

៣.២. ស្ថិតិគម្លាត (Deviance Statistics)

ស្ថិតិដែលគួរកត់សំគាល់បំផុតក្នុងការកំណត់វិធីបុរាណ GLM (General Linear Modeling) គឺស្ថិតិគម្លាត (Deviance statistics) ដែលត្រូវបានកំណត់ដោយអនុគមន៍ model log-likelihood function ដូចខាងក្រោម។

$$-2\sum\{LL_{(Y;\,Y)} - LL_{(Y;\,\mu)}\}$$

ដែល ៖

- សញ្ញា Σ តំណាងឱ្យការបូកសរុបលើការសង្កេតទាំងអស់នៅក្នុងទិន្នន័យ
- μ គឺតម្លៃត្រូវល្អ (the fitted value)
- Y គឺជាអថេរចម្លើយ (the response) ឬអថេរមិនឯករាជ្យ (dependent variable)

ស្ថិតិគម្លាតគឺជាផលបូកនៃផលសងរវាងគំរូតម្រូវការ (saturated model) និងគំរូ model log-likelihoods ដែលបានពីការសង្កេតនីមួយៗនៅក្នុងគំរូ។

ដើម្បីគណនាតម្លៃ log-likelihood អ្នកត្រូវតែជំនួសគ្រប់ Y ដោយ μ ទៅក្នុងអនុគមន៍ឡៃលីហ៊ូដឡូជីស្ទិក (logistic loglikelihood function)

ខាងក្រោមនេះគឺជាសមីការនៃអនុគមន៍ឡៃលីហ៊ូដឡូជីស្ទីក (logistic loglikelihood function)៖

$$LL = \sum\{Y^*\ln\left({}^{\mu}/_{(1-\mu)}\right) + \ln(1-\mu)\}$$

ខាងក្រោមនេះជាសមីការអនុគមន៍ឡូជីស្ទីក log-likelihood៖

$$LL_s = \sum\{Y^*\ln\left({}^{Y}/_{1-Y)}\right) + \ln(1-Y)\}$$

ដូច្នេះ ការគណនាគម្លាតស្ថិតិគឺដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$-2^*\sum[\left\{Y^*\ln\left({}^{Y}/_{(1-Y)}\right) + \ln(1-Y) - \left\{Y^*\ln\left({}^{\mu}/_{1-\mu)}\right) + \ln(1-\mu)\right)\right\}]$$

យើងអាចសម្រួលសមីការនេះដូចខាងក្រោម៖

$$2^*\sum\{Y^*\ln({}^{Y}/_{\mu}) + (1-Y)^*\ln({}^{(1-Y)}/_{(1-\mu)})\}$$

ដូចគ្នាដែរ សមីការខាងលើនឹងត្រូវបានលើកយកមកគណនាក្នុងឧទារហណ៍នៃចុងមេរៀននេះ។

៣.៣. តេស្តផលធៀបឡៃលីហ៊ូដ (Likelihood Ratio Test)

យើងបានឃើញតេស្តផលធៀបឡៃលីហ៊ូដ (Likelihood ratio) ដែលត្រូវបានប្រើមុនពេលសម្រេចចិត្តថាតើត្រូវបញ្ចូលជាតុឬអថេរព្យាករក្នុងគំរូមួយ។

$-2[LL\ Reduce - LL_F]$

ដើម្បីវាយតម្លៃនូវលទ្ធផលតេស្តរបស់ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន យើងលើកយកច្បាប់ (Rule of thumbs) ឬគោលការណ៍មួយចំនួនសម្រាប់ជាឧបករណ៍នៃការថ្លឹងថ្លែងថា តើលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍នេះពិតជាត្រឹមត្រូវ និងមានភាពជឿជាក់ដល់កម្រិតណា។

តម្លៃលទ្ធផលរបស់ -2 Log Likelihood ដែលមានតម្លៃ Cox and Snell-R^2 និង Negelkerke-R^2 ត្រូវមានតម្លៃចន្លោះពី 0 ទៅ 1 (J. F. B. Hair-Jr, William C, Babin, & Anderson, 2014; Harrell, 2015)។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ តម្លៃលទ្ធផលតេស្តឆាយស្ការ៉េ (Chi-Square) χ^2 សម្រាប់ការព្យាករលើគំរូទាំងមូលដែលមានតម្លៃប្រូបាបប៊ីលីតេ p-value < 0.05 និង Wald Statistic ត្រូវមានតម្លៃ $p < 0.05$ (Hosmer-Jr & Lemeshow, 2013; Kleinbaum & Klein, 2010; Wagner, 2015)។

៣.៤. តេស្ត Hosmer–Lemeshow GOF

តេស្ត Hosmer–Lemeshow GOF គឺត្រូវបានកំណត់ថា តម្លៃតេស្ត ឆាយស្ការ៉េ (Chi-Square) χ^2 ដែលមានតម្លៃប្រូបាបប៊ីលីតេ $p < 0.05$ នោះត្រូវបានចាត់ទុកថាគំរូនៃការព្យាករត្រូវល្អបំផុត (well-fitted model) (Hosmer-Jr & Lemeshow, 2013)។ លទ្ធនេះគឺត្រូវបានគណនាដោយកម្មវិធី software ដូចជា STATA, R Program, និង SPSS ជាដើម។

៤. ការបកស្រាយលទ្ធផលឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន

ដើម្បីធ្វើការបកស្រាយលទ្ធផលគំរូនៃការស្រាវជ្រាវ ស្នេរបានធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិបុគ្គលិកដែលបានបំពេញការងារនៅក្នុងធនាគារពាណិជ្ជមួយចំនួននៅក្នុងរាជធានីភ្នំពេញក្នុងឆ្នាំ2019 ដោយមានអ្នកចូលរួមចំនួន150នាក់ដែលមានមុខងារចាប់ពីអ្នកត្រួតពិនិត្យតាមផ្នែក (supervisors) ដល់ប្រធានគ្រប់គ្រង (managers) តាមផ្នែក។ ការស្ទាបស្ទង់មតិនេះត្រូវបានរៀបចំឡើងដោយជ្រើសរើសសំណាកតាមរបៀប Purposive sampling និងចែកកម្រងសំណួរផ្ទាល់ដល់អ្នកចូលរួម (សូមមើលតារាង១០-១)។ ដើម្បីឱ្យត្រូវតាមគោលបំណង និងនីតិវិធីនៃការវិភាគឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន ការសិក្សានេះបានរៀបចំនូវទម្រង់កម្រងសំណួរដូចខាងក្រោម។

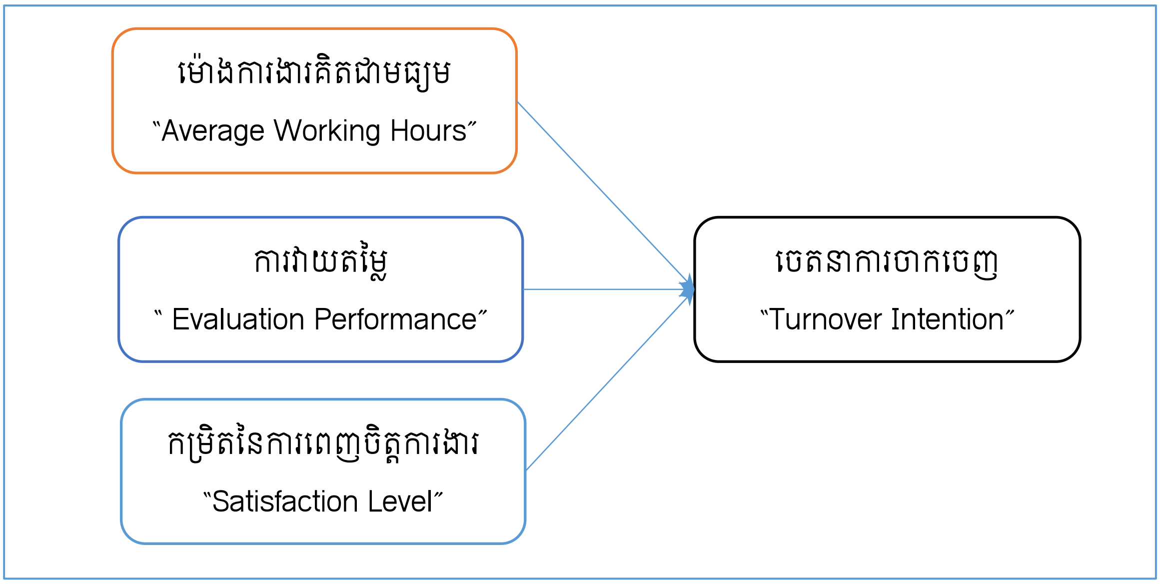
តាមការគ្រោងទុក ការស្រាវជ្រាវនេះបានកំណត់នូវអថេរមួយចំនួន និងរបៀបនៃការចុះលេខកូដទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

1. **អាយុ (Age):** 1 = [20-25], 2 = [25-30], 3 = [31-35], 4 = [36-40], 5 = [41-45], 6 = [46-50], 7 = Over 50 ។ ទាំងអស់នេះគឺជាមាត្រដ្ឋានថ្នាក់ (Categorical scale) ឬទិន្នន័យនាមករណ៍ (Nominal data)។
2. **ភេទ (Gender):** 0 = Male និង 1 = Female ជាប្រភេទទិន្នន័យដែលតំណាងដោយលេខកូដ 0 និង 1 (binary data) ឬទិន្នន័យនាមករណ៍ (Nominal data)។
3. **កម្រិតអប់រំ (Education Level)៖** 1 = មធ្យមសិក្សា 2 = បរិញ្ញាបត្រ និង 3 = បរិញ្ញាបត្រជាន់ខ្ពស់ គឺជាមាត្រដ្ឋានថ្នាក់ (Categorical scale) ឬទិន្នន័យនាមករណ៍ (Nominal data)។

4. **សំណួរទី១ (Q1)៖** ត្រូវចុះលេខកូដតាមការផ្តល់ចម្លើយជាក់ស្តែងពីអ្នកចូលរួមដែលជាចំនួនម៉ោងប្រចាំខែគិតជាមធ្យម (ហើយនេះជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) ឬ មាត្រដ្ឋានជាប់ (continuous scale)។
5. **សំណួរទី២ (Q2)៖** ត្រូវចុះលេខកូដតាមការផ្តល់ចម្លើយជាក់ស្តែងពីអ្នកចូលរួមជាពិន្ទុ ដែលមានកម្រិតវាស់វែងចន្លោះពី 0 ទៅ 1 ស្តីពីគោលការណ៍នៃការវាយតម្លៃរបស់បុគ្គលិក។ ឧទាហរណ៍៖ 0 = គ្មានគោលការណ៍ល្អ 0.5= មធ្យម និង 1 = មានគោលការណ៍ល្អណាស់។ ហើយយើងបានកំណត់ខ្នាតរង្វាស់ជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) ឬ មាត្រដ្ឋានជាប់ (continuous scale)។
6. **សំណួរទី៣ (Q3)៖** ត្រូវចុះលេខកូដតាមការផ្តល់ចម្លើយជាក់ស្តែងពីអ្នកចូលរួមជាពិន្ទុ ដែលមានកម្រិតវាស់វែងចន្លោះពី 0 ទៅ 1 ស្តីពីកម្រិតបំពេញការងារបច្ចុប្បន្ន។ ឧទាហរណ៍៖ 0 = មិនពេញចិត្តសោះ 0.5 = មធ្យម និង 1 = ពេញចិត្តខ្លាំង ហើយយើងបានកំណត់ខ្នាតរង្វាស់ជា មាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) ឬ មាត្រដ្ឋានជាប់ (continuous scale)។
7. **សំណួរទី4 (Q4)៖** តើអ្នកមានបំណងចាកចេញ ឬនៅបន្តបម្រើការងារជាមួយក្រុមហ៊ុនរបស់អ្នកក្នុងអំឡុងរយៈពេល6ខែខាងមុខនេះឬទេ? ចំពោះសំណួរនេះ យើងត្រូវកំណត់យកលេខកូដជាមាត្រាដ្ឋាន 0 និង 1 (binary scale) ដែល 0 = មានបំណងចាកចេញពីក្រុមហ៊ុន និង 1 = មានបំណងបន្តនៅធ្វើការងារជាមួយក្រុមហ៊ុន។

ចំពោះសំណួរទី1ដល់ទី3 អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវកំណត់ប្រើជាអថេរឯករាជ្យ (Independent variable: X) ហើយសំណួរទី 4-Q4 គេកំណត់ប្រើជាអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variables: Y)ដើម្បីវាស់វែងឥរិយាបទរបស់បុគ្គលិកឱ្យដឹងថាតើគាត់មានបំណងបន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុនតទៅទៀត ឬនឹងចាកចេញពីក្រុមហ៊ុន។

ការសិក្សានេះបង្កើតក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវដែលមានភាពងាយស្រួលសម្រាប់ធ្វើការវិភាគ និងងាយស្រួលយល់ និងងាយស្រួលបង្កើតសម្មតិកម្មសម្រាប់ធ្វើតេស្តឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន (ដ្យាក្រាម១០-៤)។



ដ្យាក្រាម១០.៤. គំរូក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវអំពីចេតនានៃការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក

តារាង១០.១. កម្រងសំណួរស្ទាបស្ទង់មតិ

សួស្តីអ្នកទាំងអស់គ្នាជាទីរាប់អាន!

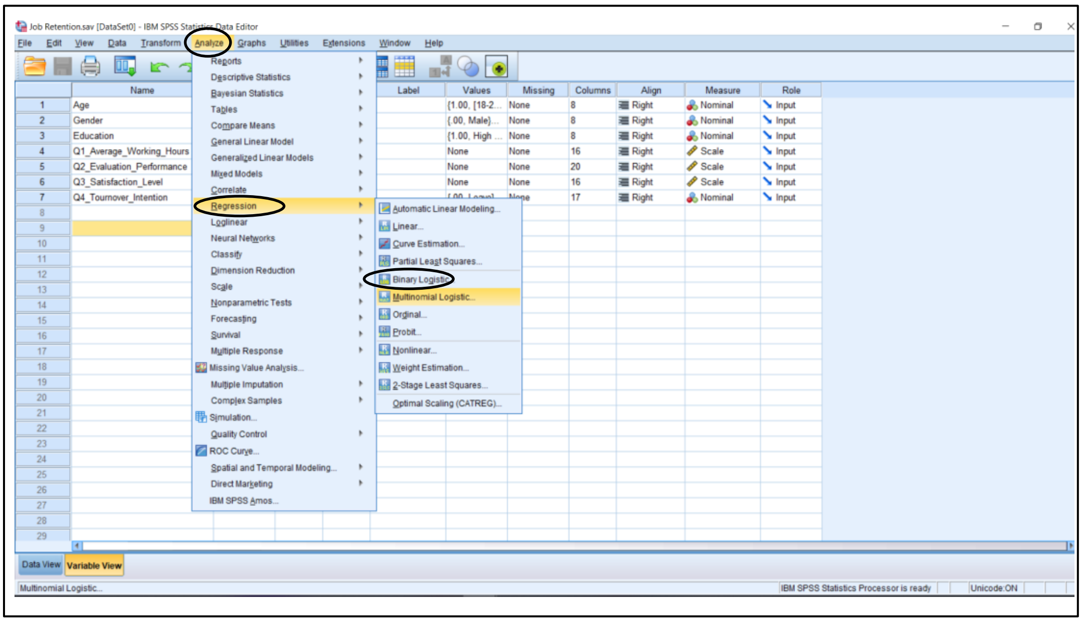
ថ្មី ៗនេះខ្ញុំកំពង់សរសេរសៀវភៅវិធីសាស្រ្តស្រាវជ្រាវសម្រាប់ក្រសួងអប់រំសម្រាប់ឯកសារខេមរៈភាសារ និងមានមេរៀន១ស្តីអំពី ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)។ ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិននេះគឺជាឧបករណ៍ស្ថិតិមួយសម្រាប់ធ្វើការវិភាគលើសេចក្តីសម្រេចចិត្តរបស់អតិថិជន ក៏ដូចជាស្ថាប័នរដ្ឋ និងឯកជនផងដែរ។ ខ្ញុំសូមអញ្ជើញលោកអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរមួយចំនួនខាងក្រោមដែលមិនពាក់ព័ន្ធនឹងផែនការអនុវត្តធនធានមនុស្សនៅក្នុងស្ថាប័នរបស់លោកអ្នកឡើយ។ សំណួរទាំងអស់នេះគឺសម្រាប់ធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិនេះនឹងត្រូវបានយកមកធ្វើតេស្តទ្រឹស្តីឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression) តែប៉ុណ្ណោះ។ សូមអរគុណក្នុងការចំណាយពេលវេលាដ៏មានតម្លៃរបស់លោកអ្នកសម្រាប់ការចូលរួមក្នុងការស្ទាបស្ទង់មតិនេះ!

1. អាយុ
2. ភេទ
3. កម្រិតអប់រំ
4. **សំណួរទី១**- តើអ្នកបំពេញការងាររបស់អ្នកគិតជាមធ្យមរយៈពេលប៉ុន្មានម៉ោងក្នុង១ខែ?
5. **សំណួរទី២**- តើស្ថាប័នរបស់អ្នកមានគោលការណ៍វាយតម្លៃបុគ្គលិកច្បាស់លាស់ឬទេ? ចូរផ្តល់ពិន្ទុនៃគោលការណ៍វាយតម្លៃក្នុងស្ថាប័នរបស់អ្នកដោយមានពិន្ទុចាប់ពី 0 ដល់ 1។
6. **សំណួរទី៣**- ចូរផ្តល់ពិន្ទុនៃកម្រិតពេញលេញលើការងារបច្ចុប្បន្ននៅក្នុងស្ថាប័នរបស់អ្នកដែលបាននឹងកំពុងបម្រើការងារដោយមានពិន្ទុចាប់ពី 0 ដល់ 1។
7. **សំណួរទី៤**- តើអ្នកមានបំណងចាកចេញ ឬនៅបន្តបម្រើការងារជាមួយក្រុមហ៊ុនរបស់អ្នកក្នុងអំឡុងពេល៦ខែខាងមុខទៀតឬទេ?

៤.១. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន

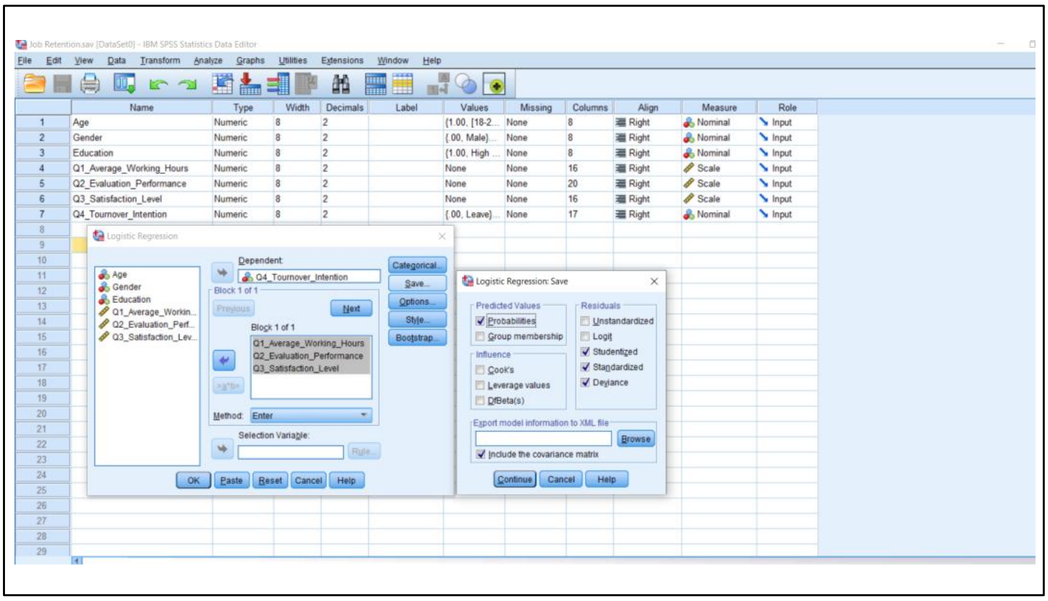
បន្ទាប់ពីទិន្នន័យត្រូវបានបញ្ចូលក្នុងកម្មវិធី SPSS 25 ដើម្បីវិភាគគំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន យើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗក្នុងការគណនាលទ្ធផលឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនដូចបង្ហាញខាងក្រោមនេះ៖

ក. ជំហានទី១៖ បន្ទាប់ពីការបើកទិន្នន័យយកមកប្រើ នៅលើ **Toolbar** នៃកម្មវិធី SPSS អ្នកត្រូវចុចលើពាក្យ **Analysis** រួចរកមើលពាក្យ **Regression** បន្តមកទៀតគឺចុចលើពាក្យ **Binary Logistic Regression** អ្នកនឹងឃើញផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបក្រោមទី១០-៥។

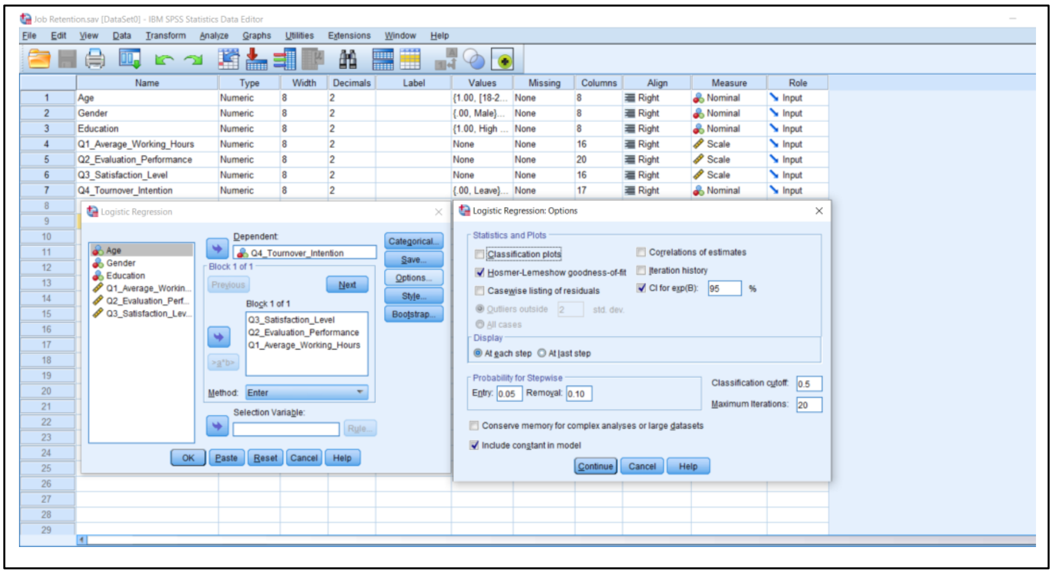


ដ្យាក្រាម១០.៥. ជំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)

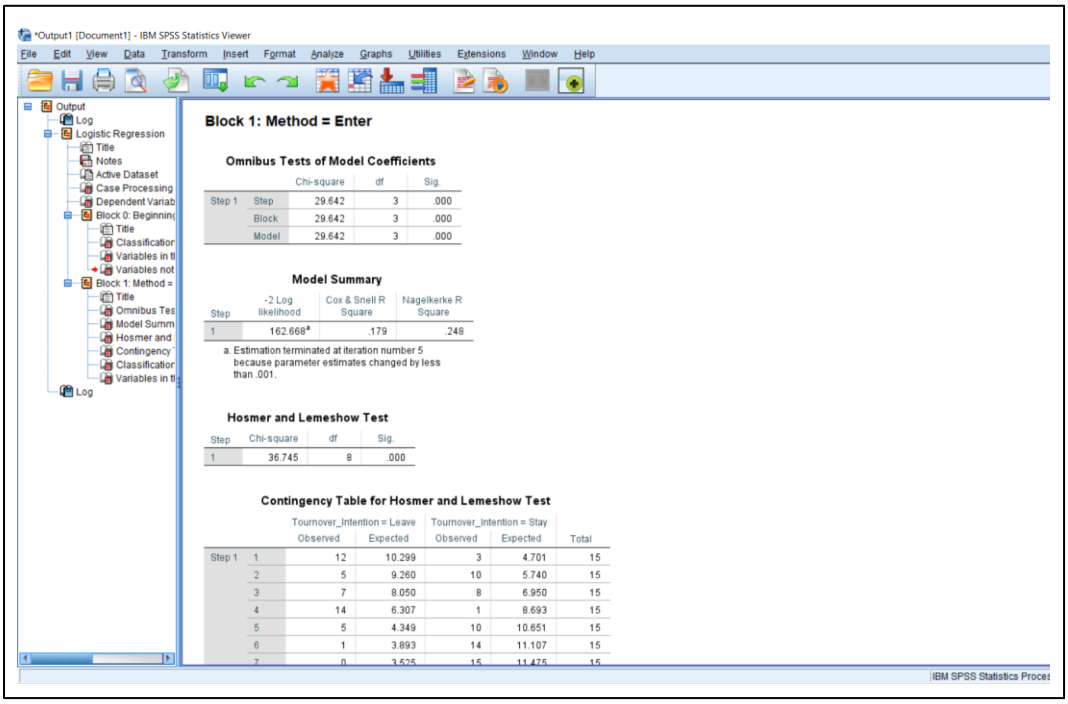
ខ. ជំហានទី2៖ ក្នុងជំហាននេះ យើងត្រូវកំណត់ Q4 ជាអថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent variable) ហើយក្រៅពីនេះគឺមានមុខងារជាអថេរឯករាជ្យ (Independent variable) ទាំងអស់ ដែលគេហៅថា **Covariate**។ រួចអ្នកត្រូវជ្រើសរើស (Select) យកសំណួរទី4-**Q4** ដាក់ចូលទៅក្នុងប្រអប់ "**Dependent**"។ បន្ទាប់មកត្រូវបញ្ចូលអថេរដែលនៅសល់ (ប៉ុន្តែការសិក្សានេះយកតែសំណួទី1-**Q3** និងព័ត៌មានរបស់អ្នកចូលរួមតែប៉ុណ្ណោះសម្រាប់ធ្វើការវិភាគ) ដាក់ចូលទៅក្នុងប្រអប់ **Covariate** ហើយចុចលើពាក្យ **Save** រួចគូសធីកយកពាក្យមួយចំនួនដូចជា៖ ☑ Probabilities, ☑ logit, ☑ Standardized, និង ☑ Deviance រួចហើយចុចលើពាក្យ **Continue** (ដូចដ្យាក្រាម ១០-៥)។ អ្នកត្រូវចុចយកពាក្យ **Option** (ដូចដ្យាក្រាមទី១០-៦) រួចហើយចុចលើ ☑ **Hosmer-Lemeshow Goodness-of-fit** និង ☑ **CI for exp (B)** បន្ទាប់មកត្រូវចុចពាក្យ **Continue** រួចអ្នកនឹងឃើញផ្ទាំង Windows ថ្មីដែលបង្ហាញពីលទ្ធផលនៃការគណនារបស់ Logistic regression ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី10-8។ សូមបញ្ជាក់ថា រាល់ការបង្ហាញជំហានទាំងពីរខាងលើនេះ យើងយកវិធីសាស្ត្រ **Enter Method** សម្រាប់ការព្យាករនេះ ហើយការកំណត់តម្លៃតេស្តនេះគឺយើងកំណត់យកកម្រិតជឿជាក់ CI (Confident Interval) ស្មើនឹង 95% និង $\alpha = 0.05$ (ឬ 5%)។



ដ្យាក្រាម១០.៦. ដំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)



ដ្យាក្រាម១០.៧. ដំហាននៃការគណនាឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)



Block 1: Method = Enter

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	29.642	3	.000
	Block	29.642	3	.000
	Model	29.642	3	.000

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	162.668[a]	.179	.248

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than .001.

Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	36.745	8	.000

Contingency Table for Hosmer and Lemeshow Test

		Tournover_Intention = Leave		Tournover_Intention = Stay		
		Observed	Expected	Observed	Expected	Total
Step 1	1	12	10.299	3	4.701	15
	2	5	9.260	10	5.740	15
	3	7	8.050	8	6.950	15
	4	14	6.307	1	8.693	15
	5	5	4.349	10	10.651	15
	6	1	3.893	14	11.107	15
	7	0	3.525	15	11.475	15

ដ្យាក្រាម១០.៨. លទ្ធផលនៃឡជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)

៤.២. ការបកស្រាយលទ្ធផលនៃឡូជីស្ទិករីគ្រេសសិន

មេរៀននេះ បង្ហាញពីរបៀបនៃការបកស្រាយ និងពន្យល់នូវលទ្ធផលនៃទិន្នន័យដែលបានពីការស្រាវជ្រាវដោយ ការប្រើកម្មវិធី Software SPSS 25។ លទ្ធផលនឹងត្រូវបានយកចេញពីតារាងលទ្ធផលសំខាន់ៗមួយចំនួនរបស់កម្មវិធី SPSS ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង១០-២ខាងក្រោម។ រួចការសិក្សានេះធ្វើការសង្ខេបចូលក្នុងតារាងរួមដែលជារបាយការណ៍ទូទៅ ដែលត្រូវបានបោះពុម្ពផ្សាយតាមរយៈទស្សនាវដ្ដីអន្តរជាតិល្បីៗ (តារាង១០-៣)។

តារាង១០.២. លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវពីការស្ទាបស្ទង់មតិបុគ្គលិកធនាគារ

Block 1: Method = Enter

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	29.642	3	.000
	Block	29.642	3	.000
	Model	29.642	3	.000

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	162.668[a]	.179	.248

Hosmer and Lemeshow Test

Chi-square	df	Sig.
36.745	8	.000

Classification Table[a]

Observed		Predicted: Tournover_Intention Leave	Predicted: Tournover_Intention Stay	Percentage Correct
Tournover_Intention	Leave	23	28	45.1
	Stay	20	79	79.8
Overall Percentage				68.0

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]	Satisfaction_Level	-3.867	.814	22.559	1	.000	.021
	Evaluation_Performance	.583	1.423	.168	1	.682	1.792
	Average_Working_Hours	-.001	.004	.058	1	.810	.999
	Constant	2.539	.871	8.504	1	.004	12.670

តារាង១០.៣. លទ្ធផលសង្ខេបនៃឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)

អថេរឯករាជ្យ (Independent Variables)	អថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent Variable) Q4-Y: Turnover Intention		
	Model-1(β_1)	Model-2(β_2)	Model-3(β_2)
Q1-X1: Average Working Hours	- 0.001	-	
Q2-X2: Evaluation Performance	-	0.583	
Q3-X3: Satisfaction Level	-	-	- 3.867***
Cox and Snell R^2	0.179		
Negelkerke R^2	0.248		
-2Log Likelyhood	162.668		
Chi-square: χ^2 (Sig.p) Hosmer and Lemeshow test	36.745 (p-vale = 0.000)		
Wald Statistic (Sig. p)	0.058 (0.810)	0.168 (0.682)	22.559 (0.000)

សម្គាល់៖ $^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.05$, $^{*}p < 0.1$

យោងតាមលទ្ធផលដែលបានបង្ហាញក្នុងតារាង១០-៣។ និម្មិតសញ្ញា β ក្នុងគំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនប្រាប់យើងថា ប្រូបាប៊ីលីតេ p កើនឡើង ឬថយចុះអាស្រ័យលើ X (ឧទាហរណ៍៖ X1, X2, និង X3) កើនឡើង។ តាមលទ្ធផលរបស់ SPSS និងតារាងទី10-3 ផ្តល់នូវព័ត៌មានសម្រាប់ធ្វើការបកស្រាយរបស់ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនដោយប្រើអថេរឯករាជ្យ (រួមមាន៖ Q1-X1: Average Working Hours [ម៉ោងការងារគិតជាមធ្យម], Q2-X2: Evaluation Performance [ការវាយតម្លៃ], Q3-X3: Satisfaction Level [កម្រិតនៃការពេញចិត្តការងារ]) ជាធាតុឬអថេរព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យ (Q4-Y: Turnover Intention [ចេតនានៃការចាកចេញ])ថាតើបុគ្គលិកមានបំណងចាកចេញ ឬបន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុន។

តាមលទ្ធផលរបស់ "Omnibus Tests of Model Coefficients" បង្ហាញថា នៅពេលដែលយើងពិចារណាលើការព្យាករទាំងបីជាមួយគ្នា យើងឃើញថា គំរូ ឬក៏សមីការគឺពិតជាមានទំនាក់ទំនងយ៉ាងសំខាន់ (significant) សម្រាប់គំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនដោយបង្ហាញពីតម្លៃឆាយស្វ៊ែរ χ^2 (Chi-squre test) = 29.642 កម្រិតនៃភាពសេរី (Degree-of-freedom) D.F = 3 n = 150 និង p-value = 0.000 < 0.001។ រីឯក្នុងតារាង "Model Summary" ដែលមាន "Pseudo" R^2 ដែលតម្លៃប៉ាន់ស្មានស្ថិតក្នុងចន្លោះ 0.179 (17.90%) [Cox & Snell R^2] និង 0.248 (24.8%) [Nagellkerke R^2] បានបង្ហាញថាប្រមាណ 17.90% ឬ 24.80% នៃភាពខុសគ្នាក្នុងន័យថា និយោជិក ឬបុគ្គលិកដែលនឹងបន្តស្នាក់នៅជាមួយក្រុមហ៊ុន តាមរយៈការព្យាករពីការរួមបញ្ចូល**លីនេអ៊ែរ**នៃអថេរឯករាជ្យទាំងបី។ ត្រង់នេះបានន័យថា អថេរឯករាជ្យនៃ៖ 1- "ម៉ោងការងារគិតជាមធ្យម" 2- "ការវាយតម្លៃ" និង 3- "កម្រិតការពេញចិត្តការងារ" ជាធាតុសម្រាប់ព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យ "ចេតនាការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក"។ ដូច្នេះ អត្រានៃការបន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុនគឺមានចន្លោះពី 17.90% ទៅ 24.80%។

ចំពោះតម្លៃក្នុងតារាងថ្នាក់ "Classification Table" ចង្អុលបង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ពីការព្យាករណ៍ អថេរបីផ្សេងទៀតថា តើនិយោជិកនឹងមានបំណងចាកចេញពីក្រុមហ៊ុនដែរ ឬទេ។ ចំណាំពីតារាង "Classification Table" មានតម្លៃភាគរយរួមគឺស្មើ 68.0% នៃអ្នកចូលរួមត្រូវបានព្យាករត្រឹមត្រូវ ដែលមានបម្រាណ 79.8% មានបំណងបន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុនតទៅទៀត។ រីឯ 45.1% ថានឹងមានបំណងចាកចេញពីក្រុមហ៊ុន។

នៅក្នុងតារាងអថេរក្នុងសមីកា "Variables in the Equation" បង្ហាញថា "កម្រិតនៃការពេញចិត្តលើការងារ" គឺមានទំនាក់ទំនងពិតប្រាកដ (significant) ដោយសារតម្លៃរបស់ p-value = 0.000 (< 0.001) និង Exp (B) < 0.05។ រីឯអថេរ " ការវាយតម្លៃ" និង "ម៉ោងការងារគិតជាមធ្យម" គឺមិនមានទំនាក់ទំនងជាមួយអថេរ "ចេតនាការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក" ទេ ពីព្រោះតម្លៃ p-value សម្រាប់អថេរទាំង2 នេះគឺធំជាង 0.05 (p-value > 0.05) ដែលតាមគោលការណ៍កំណត់សម្រាប់តេស្តនេះ តម្លៃ p-value ត្រូវតូចជាង 0.05 ហើយកម្រិតជឿជាក់ CI (Confindent interval) ស្មើនឹង 95% (ឬ 0.95)។ ចូរចំណាំថា Exp (B) ផ្តល់ផលធៀប (Odds ratio) សម្រាប់អថេរនីមួយៗ។

សរុបមក របាយការណ៍ជារួម (តាមតារាង១០-៣) បង្ហាញថា ក្នុងចំណោមអថេរឯករាជ្យទាំងបី៖ 1-"ម៉ោងការងារគិតជាមធ្យម" 2-"ការវាយតម្លៃ" និង 3-"កម្រិតការពេញចិត្តការងារ" មានតែអថេរ "កម្រិតការពេញចិត្តការងារ" មួយគត់ដែលមានទំនាក់ពិតជាប្រាកដជាមួយនឹងអថេរមិនឯករាជ្យ "ចេតនាការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក" (ឧទាហរណ៍៖ $\beta_2 = -3.867$) មានតម្លៃរបស់គោលការណ៍ដែលបានកំណត់ថា៖ Wald Statistic = 22.559 ហើយតម្លៃ p-value < 0.05 និងតម្លៃតេស្ត Hosmer and Lemeshow ដែលឆាយស្វ៊ែរ Chi-square: $\chi^2 < 0.05$ សម្រាប់គំរូរួម (Overall model)។ ការសន្និដ្ឋានសម្រាប់លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះបង្ហាញថា បុគ្គលិកដែលបន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុនតទៅទៀតមានអាត្រាប្រមាណពីចន្លោះ 17.90% (Cox & Snell R^2) និង 24.80% (Nagellkerke R^2)។ តាមរយៈសមីការឡូជីស្ទិករីក្រេសសិននេះគឺមានន័យថា ក្រុមហ៊ុន និងបុគ្គលិកមានទំនាក់ទំនងខ្សោយនៅឡើយ [បើតាមការណែនាំរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវមុនៗ តម្លៃរបស់ "Pseudo R^2" (i.e., Cox & Snell R^2 និង Nagellkerke R^2) មានតម្លៃចន្លោះពី 0ដល់1 ដែលតម្លៃស្មើ 1 ឬ 100%] ។ ដូច្នេះបើតម្លៃ "Pseudo R^2" ខិតទៅជិត 1 បានន័យថា មេគុណទំនាក់ទំនងនៃសមីការឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនមានទំនាក់ទំនងខ្លាំង ហើយត្រូវបានចាត់ទុកថាគំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិននេះត្រូវល្អបំផុត (Best model fit)។ លទ្ធផលនៃការសិក្សានេះបង្ហាញថា ដោយសារមានទំនាក់ទំនងខ្សោយរវាងបុគ្គលិក និងក្រុមហ៊ុន នោះនៅថ្ងៃអនាគត បុគ្គលិកនឹងមានការចាកចេញច្រើន ពីព្រោះ "ម៉ោងការងារគិតជាមធ្យម: Average working hours" និង "ការវាយតម្លៃ: Evaluation performance" ជាកត្តាមួយដែលជម្រុញឱ្យពួកគាត់ចាកចេញពីក្រុមហ៊ុននាពេលអនាគត ពីព្រោះកត្តាទាំងពីរនេះមិនបានបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងពិតប្រាកដក្នុងការព្យាករទៅលើអថេរ "ចេតនាការចាកចេញរបស់បុគ្គលិក" ទេ។ ជារួមបុគ្គលិកមានការពេញចិត្តលើការងារ ដែលជំរុញឱ្យពួកគាត់បន្តធ្វើការជាមួយក្រុមហ៊ុនតទៅទៀត។

៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

នៅពេលអថេរមិនឯករាជ្យមានប្រភេទទិន្នន័យជាថ្នាក់ វាច្រើនតែអាចបង្ហាញថាទំនាក់ទំនងរវាងអថេរមិនឯករាជ្យនិងអថេរឯករាជ្យអាចត្រូវបានតំណាងដោយប្រើគំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន។ ការប្រើគំរូបែបនេះ តម្លៃនៃអថេរមិនឯករាជ្យអាចត្រូវបានគេព្យាករពីតម្លៃនៃអថេរឯករាជ្យ។ មេរៀននេះបង្ហាញពីការប្រើឡូជីស្ទិករីក្រេសសិនជាមួយលេខកូដ 0 និង 1 (Binary logistic regression) សម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍រវាងអថេរមិនឯករាជ្យដែលត្រូវបាន

សម្គាល់ដោយទិន្នន័យជាថ្នាក់ (Categorical data) និង អថេរឬទិន្នន័យគោលពីរ (Binary data)។ ម្យ៉ាងទៀត អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវប្រើឧបករណ៍ស្ថិតិ ឬកម្មវិធីជំនួយក្នុងការគណនារកចម្លើយរបស់គំរូឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន ដើម្បីទទួលបាននូវលទ្ធផលនៃការវិភាគទិន្នន័យ។ អ្នកស្រាវជ្រាវអាចប្រើកម្មវិធីមួយចំនួនដូចជា៖ XRealStats STATA, R Programing, Minitab 19 និង SPSS ជាដើម។

អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវកំណត់ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនឱ្យបានច្បាស់លាស់សម្រាប់ជាមធ្យោបាយក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងត្រូវជ្រើសរើសឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យណាមួយដែលស្របតាមបច្ចេកទេសវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិ។ ឡូជីស្ទីករីក្រេសសិនគឺជាការវិភាគទិន្នន័យមួយដ៏ពេញនិយមក្នុងការបោះពុម្ពស្នាដៃស្រាវជ្រាវក្នុងទស្សនាវដ្ដីអន្តរជាតិល្បីៗ។

មេរៀនទី១១ ការវិភាគដោយប្រើទំនាក់ទំនងកាណូនិក

វិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation Analysis) អាចត្រូវបានប្រើដើម្បីអង្កេតទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរក្រុម។ មេរៀននេះបង្ហាញការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation) ដែលត្រូវបានប្រើដើម្បីកំណត់និងវាស់ស្ទង់ការផ្សារភ្ជាប់គ្នារវាងអេថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ។ ការវិភាគតាមកាណូនិកគឺជាពហុបច្ចេកទេសទាក់ទងនឹងការកំណត់ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរក្រុមគឺក្រុមអថេរឯករាជ្យ និងក្រុមមិនឯករាជ្យនៅក្នុងសំណុំទិន្នន័យ។ គោលបំណងនៃការវិភាគតាមកាណូនិកគឺដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិម្មកទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ (X) និងអេថេរមិនឯករាជ្យ (Y)។ កាណូនិកគឺជាវិធានស្ថិតិដែលត្រូវបានប្រើដើម្បីអង្កេតទំនាក់ទំនងរវាងសំណុំអថេរពីរ ឬច្រើន។ កាណូនិកមិនមែនជាឧបករណ៍វិភាគដូចរីក្រេសសិនទេ។ វាត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់វិភាគករណីទូទៅបំផុតដែលត្រូវបានកំណត់ដោយគំរូ**លីនេអ៊ែរ**ក្នុងការតេស្តសម្មតិម្មដែលមានអថេរចាប់ពីពីរឡើងទៅ។ គោលបំណងនៃមេរៀននេះគឺដើម្បីបង្ហាញការវិភាគទិន្នន័យដោយប្រើកាណូនិក ជូនដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវឱ្យចេះប្រើឧបរកណ៍វិភាគទិន្នន័យនេះឱ្យបានកាន់តែទូលំទូលាយ ជាពិសេស គឺអ្នកសិក្សាផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។

១. សេចក្តីផ្តើម

វិធីសាស្ត្រនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មគឺមធ្យោបាយនៃការធ្វើតេស្តតាមរយៈឧបករណ៍ស្ថិតិដូចជា រីក្រេសសិន**លីនេអ៊ែរងាយ** (Simple linear regression), ពហុរីក្រេសសិន (multiple regression), រីក្រេសសិនឡូជីស្ទិក (logistic regression), តេស្តឆាយស្វ៊ែរ (Chi-square test), អាណូវ៉ា (ANOVA), ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA), SEM, និងការវិភាគកាណូនិកជាដើម។ ទំនាក់ទំនងកាណូនិក(Canonical correlation) គឺមិនមែនជាការវិភាគទំនាក់ទំនងដូចរីក្រេសសិនទេ។ ទំនាក់ទំនងកាណូនិកត្រូវបានទទួលស្គាល់ថាជាករណីទូទៅបំផុតនៃគំរូ**លីនេអ៊ែរ**ទូទៅ ដែលមិនទាន់បានបង្កើតនូវការកើនឡើងនៃការឆ្លើយតបក្នុងការប្រើប្រាស់តាមបច្ចេកទេសកាណូនិកទេ។ គោលបំណងនៃមេរៀននេះគឺដើម្បីបង្ហាញពីការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិកជាមួយនឹងទស្សនៈ ឱ្យកាន់តែទូលំទូលាយសម្រាប់អ្នកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ ការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិកគឺស៊ើបអង្កេតកម្រិតនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរពីរក្រុម។ ជាលទ្ធផល ការវិភាគដំណើរការដោយការផ្តួចផ្តើមពិន្ទុរបស់មនុស្សម្នាក់ៗលើអថេរនៅក្នុងអថេរនីមួយៗទៅជាអថេរសមាសធាតុតែមួយ (Thompson, 1984)។ សរុបមក បច្ចេកទេសនៃកាប្រើទំនាក់ទំនងកាណូនិក គឺសម្រាប់តេស្តសម្មតិកម្មរវាងអថេរពីរក្រុមគឺក្រុមឯករាជ្យ និងក្រុមមិនឯករាជ្យ។

២. ទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation)

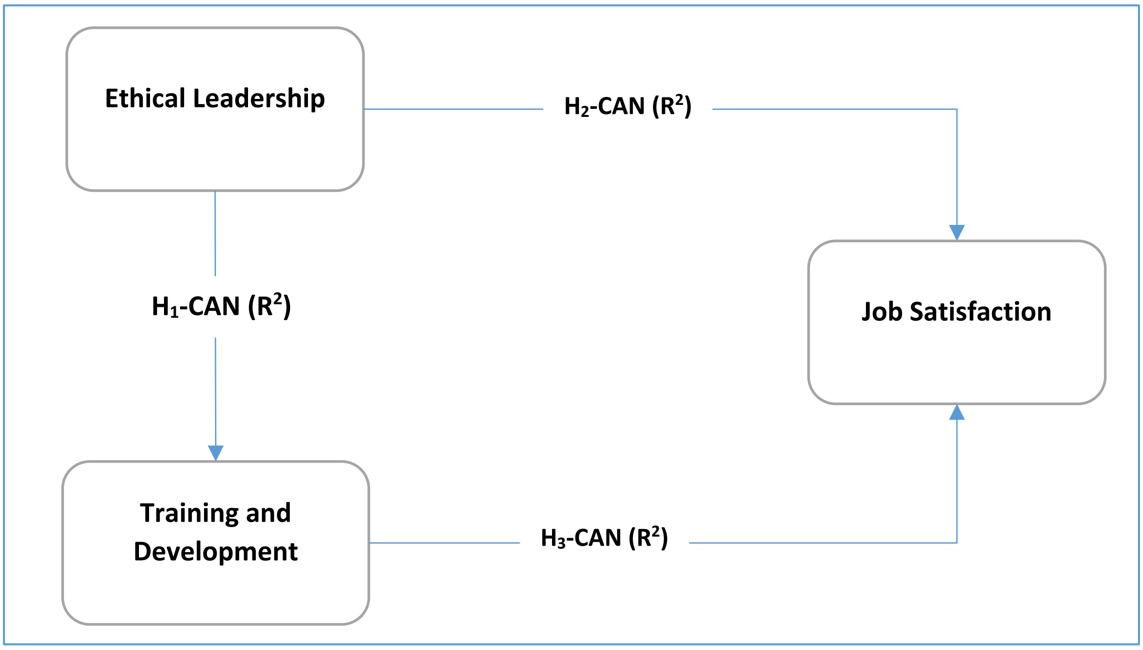
ក្នុងទំនាក់ទំនងកាណូនិកមានអថេរពីរ ឬច្រើនក្រុម ដែលត្រូវបានកំណាត់ជាចន្លោះរវាងគ្នា (interval scale) ហើយអ្នកសិក្សាចង់ឃើញថា តើភាពខុសគ្នានៃសំណុំអថេរមួយទាក់ទងនឹងភាពខុសគ្នានៅក្នុងសំណុំអថេរផ្សេងៗទៀត។ ទំនាក់ទំនងកាណូនិកមិនដូចរីក្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ** (Regression linear) ទេ។ ក្នុងការធ្វើតេស្តទំនាក់ទំនងកាណូនិក គេកំណត់ទិន្នន័យជាពីរសំណុំ (ឧទាហរណ៍៖ សំណុំទី 1 និងសំណុំទី2) ដែលសំណុំទិន្នន័យទី1 តំណាងឱ្យអថេរឯករាជ្យ និងសំណុំទី2តំណាងឱ្យអថេរមិនឯករាជ្យ។ ជាធម្មតា ទំនាក់ទំនងកាណូនិកត្រូវបាន

ប្រើជាបច្ចេកទេសស្វែងរកទំនាក់ទំនងសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មអ្វីមួយ។ របៀបអនុវត្តទំនាក់ទំនងកាណូនិកទាមទារឱ្យអថេរទាំងអស់នៅក្នុងសំណុំនីមួយៗត្រូវតែជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale)។ វាត្រូវបានផ្តល់អនុសាសន៍ថា ក្នុងកម្រងសំណួរនីមួយៗត្រូវមានយ៉ាងហោចណាស់ 10 សំណួរសម្រាប់អថេរនីមួយៗ ដើម្បីឱ្យមានទម្ងន់គ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ធ្វើការវិភាគ (Leech, Barrett, & Morgan, 2015)។ ទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation) ក៏ត្រូវបានគេប្រើក្នុងការស្រាវជ្រាវសម្រាប់បោះពុម្ពក្នុងទស្សនាវដ្ដីអន្តរជាតិល្បីៗផងដែរដូចជា Wu, Chiag, Wu& Tu., 2004; និង Wu, & Liao., 2014 ជាដើម។

៣. នីតិវិធីក្នុងការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូកាណូនិក (Cannonical Correlation Procedures)

ចំពោះនីតិវិធីក្នុងការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation) អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំនូវទម្រង់ទិន្នន័យរបស់ខ្លួនឱ្យបានរួចរាល់តាមជំហានដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវមានបំណងចង់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទៅតាមទំនាក់ទំនងដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១១-១ ដែលទិន្នន័យនៅក្នុងនោះទទួលបានពីការស្ទាបស្ទង់មតិនាឆ្នាំ2018 ហើយការស្ទាបស្ទង់នេះត្រូវបានធ្វើចំពោះ 270 បុគ្គលិកដែលចេញពីសាខារបស់ស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុចម្រុះដែលមានប្រតិបត្តិការណ៍នៅក្នុងខេត្តចំនួន 8 នៃព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា។ មេរៀននេះនឹងលើកយកតែការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទី1 ដែលជាផ្នែកមួយនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវឆ្នាំ2018 នេះប៉ុណ្ណោះ សម្រាប់ជាឧទាហរណ៍ដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបក្នុងការធ្វើតេស្តក៏ដូចជាការគណនារកទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation)។



ដ្យាក្រាម១១.១. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវ (Conceptual framework) អំពីភាពពេញចិត្តនឹងការងារ

- **ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌** (Ethical leadership—ELS):
  - ELS1: កន្លែងធ្វើការរបស់ខ្ញុំជំរុញយ៉ាងសកម្មឱ្យបុគ្គលិកទាំងអស់មានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (My workplace actively encourages ethical behaviour by all of its employees.)

- ELS2: អ្នកគ្រប់គ្រងក្នុងស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំធ្វើជាគំរូគេក្នុងការមានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (Senior managers in my agency lead by example in ethical behavior.)
- ELS3: ទំនាស់ផលប្រយោជន៍ត្រូវបានរកឃើញនិងដោះស្រាយប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាព។ (Conflicts of interest are identified and managed effectively in my workplace.)
- ELS4: អ្នកមើលការខុសត្រូវផ្ទាល់របស់ពួកយើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្តីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our immediate supervisor demonstrates honesty and integrity in the workplace.)
- ELS5: សហការីរបស់យើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្តីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our co-workers demonstrate honesty and integrity in the workplace)

ចំពោះខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់ការវាស់វែងដែលត្រូវបានប្រើក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់អថេរឯករាជ្យ (Ethical leadership) មានចំនួន 7 កម្រិត (7-Point Likert) គឺ៖ 1 = មិនយល់ស្របទាល់តែសោះ (Strongly disagree), 2 = មិនសូវយល់ស្រប (Moderately disagree) 3 = មិនយល់ស្របតិចតួច (Mildly disagree), 4 = មិនដឹង (Neither agree nor disagree), 5 = យល់ស្របតិចតួច (Mildly agree), 6 = យល់ស្របមធ្យម (Moderately agree), 7 = យល់ស្របខ្លាំង (Strongly agree)។

- **ភាពពេញចិត្តការងារ (Job Satisfaction — JS):**
  - JS1: សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះការងាររបស់អ្នកជារួម (Please indicate your level of satisfaction with: My job overall)
  - JS2: សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះកន្លែងការងាររបស់អ្នកក្នុងនាមអ្នកជាអ្នកគ្រប់គ្រង (Please indicate your level of satisfaction with: My workplace as an employer)
  - JS3: ការងាររបស់ខ្ញុំអនុញ្ញាតឱ្យខ្ញុំប្រើអស់លទ្ធភាពនូវបំណិន ចំណេះដឹង និងសមត្ថភាពរបស់ខ្ញុំ។ (My job allows me to utilise my skills, knowledge and abilities.)
  - JS4: ខ្ញុំដឹងច្បាស់ថា ភារកិច្ចនិងការទទួលខុសត្រូវរបស់ខ្ញុំមានអ្វីខ្លះ។ (I am clear what my duties and responsibilities are)
  - JS5: ខ្ញុំយល់អំពីរបៀបដែលកិច្ចការរបស់ខ្ញុំរួមចំណែកដល់ទិសដៅរបស់ស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំ។ (I understand how my work contributes to my workplace's objectives.)
  - JS6: ខ្ញុំមានសមត្ថកិច្ច (ឧទាហរណ៍ដូចជា ប្រតិភូចាំបាច់ ស្វ័យភាព កម្រិតទទួលខុសត្រូវ)។ (I have the authority (e.g. the necessary delegations, autonomy, level of responsibility) to do my job effectively.)

- JS7: ខ្ញុំត្រូវប្រឈមនឹងការងាររបស់ខ្ញុំយ៉ាងពេញទំហឹង។ (I am sufficiently challenged by my work.)
- JS8: ខ្ញុំត្រូវបានទទួលស្គាល់ដោយសារការរួមចំណែកដែលខ្ញុំបានធ្វើ។ (I am recognised for the contribution I make)
- JS9: ខ្ញុំពេញចិត្តចំពោះឱកាសការងារក្នុងស្ថាប័នបច្ចុប្បន្នរបស់ខ្ញុំ ដែលធ្វើឱ្យមានភាពរីកចម្រើនដល់អាជីពរបស់ខ្ញុំ។ (I am satisfied with the opportunities available to me for career progression in my current agency.)

ចំពោះខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់ការវាស់វែងនូវកម្រងសំណួររបស់អថេរមិនឯករាជ្យ (Job Satisfaction) គឺត្រូវបានប្រើចំនួន 7 កម្រិតដូចជា៖ 1 = មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ (Very dissatisfied), 2 = មិនពេញចិត្តមធ្យម (Moderately dissatisfied), 3 = មិនពេញចិត្តតិចតួច (Mildly dissatisfied), 4 = មិនដឹង (Neither satisfied nor dissatisfied), 5 = ពេញចិត្តតិចតួច (Mildly satisfied), 6 = ពេញចិត្តមធ្យម (Moderately satisfied), 7 = ពេញចិត្តខ្លាំង (Very satisfied)។

- **ការបណ្តុះបណ្តាល និងអភិវឌ្ឍន៍ (Training and Development—TD)**
  - TD1: ក្នុងវិស័យការងាររបស់ខ្ញុំ ឱកាសទទួលការបណ្តុះបណ្តាលនិងការអភិវឌ្ឍខ្លួនមានចំពោះបុគ្គលិកទាំងអស់។ (Training and development opportunities in my work area are available to all employees.)
  - TD2: ខ្ញុំបានទទួលការបណ្តុះបណ្តាលត្រឹមត្រូវ ឬអាចទទួលបានព័ត៌មានដែលជួយខ្ញុំឱ្យមានសមត្ថភាពក្នុងការបំពេញការងារ។ (I receive appropriate training or have access to information that enables me to meet my recordkeeping responsibilities.)
  - TD3: ខ្ញុំបានទទួលយោបល់ត្រឡប់លើសកម្មភាពការងាររបស់ខ្ញុំសម្រាប់១២ខែចុងក្រោយពីអ្នកមើលការខុសត្រូវផ្ទាល់របស់ខ្ញុំរួចហើយ ដែលបានជួយដល់ការបំពេញការងាររបស់ខ្ញុំ។ (I have received performance feedback from my supervisor in the last 12 months that has helped my performance.)
  - TD4: នៅកន្លែងធ្វើការរបស់ខ្ញុំ មានឱកាសគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់អភិវឌ្ឍនូវបំណិនចាំបាច់ដើម្បីក្លាយជាអ្នកដឹកនាំ។ (In my workplace, there is adequate opportunity to develop the required skills for being a leader.)
  - TD5: កន្លែងធ្វើការរបស់អ្នកប្តេជ្ញាបង្កើតកម្លាំងពលកម្មចម្រុះ។ (Your workplace is committed to creating a diverse workforce.)
  - TD6: សហការីរបស់អ្នកផ្តល់តម្លៃស្មើគ្នាចំពោះបុគ្គលិកចម្រុះគ្រប់ក្រុមគ្រប់ផ្នែក។ (Your co-workers treat employees from all diversity groups with equal respect.)

ចំពោះខ្នាតរង្វាស់សម្រាប់ការវាស់វែងដែលត្រូវបានប្រើក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់អថេរឯករាជ្យ (Training and Development) មានចំនួន 7 កម្រិត (7-Point Likert) គឺ៖ 1 = មិនយល់ស្របទាល់តែសោះ (Strongly disagree), 2 = មិនសូវយល់ស្រប (Moderately disagree) 3 = មិនយល់ស្របតិចតួច (Mildly disagree), 4 = មិនដឹង (Neither agree nor disagree), 5 = យល់ស្របតិចតួច (Mildly agree), 6 = យល់ស្របមធ្យម (Moderately agree), 7 = យល់ស្របខ្លាំង (Strongly agree)។

មុននឹងអនុវត្តជំហានបន្តបន្ទាប់ខាងក្រោម អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំទិន្នន័យឱ្យបានល្អជាមុនសិនតាមនីតិវិធីដូចខាងក្រោមនេះ៖

ក. ការរៀបចំសម្រាប់ការវិភាគកត្តាពាក់ព័ន្ធ (Factor Analysis) និង ការធ្វើតេស្តកម្រិតជឿជាក់ (Reliability Test)។

ដំណាក់កាលនេះ អ្នកសិក្សាត្រូវរៀបចំសម្រាប់ការវិភាគកត្តាពាក់ព័ន្ធ (Factor Analysis) និង ការធ្វើតេស្តកម្រិតជឿជាក់(Reliability Test) ជាមុនសិន ដើម្បីកាត់បន្ថយសំណួរដែលមានសុពលភាព (Validity) ទាប ឬ មិនបានការចោល ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង១១-១ខាងក្រោម។

តារាង១១.១. លទ្ធផលនៃការវិភាគកត្តាពាក់ព័ន្ធ និងតេស្តកម្រិតជឿជាក់

អថេរ និងកម្រងសំណួរ (Construct/Items)		កត្តាវិភាគ (Factor Analysis)			តេស្តកម្រិតជឿជាក់ (Reliability Test)
		Factor Loading FL ≥ 0.60	Eigenvalue > 1	Cumulative % ≥ 60%	Cronbach's Alpha (α)
ភាពពេញចិត្តការងារ (Job Satisfaction)					
JS3	ការងាររបស់ខ្ញុំអនុញ្ញាតឱ្យខ្ញុំប្រើអស់លទ្ធភាពនូវបំណិន ចំណេះដឹង និងសមត្ថភាពរបស់ខ្ញុំ។ (My job allows me to utilise my skills, knowledge and abilities.)	0.795	**2.310**	**59.758%**	**0.756**
JS5	ខ្ញុំយល់អំពីរបៀបដែលកិច្ចការរបស់ខ្ញុំរួមចំណែកដល់ទិសដៅរបស់ស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំ។ (I understand	0.768			

	how my work contributes to my workplace's objectives.)				
JS7	ខ្ញុំត្រូវប្រឈមនឹងការងាររបស់ខ្ញុំយ៉ាងពេញទំហឹង។ I am sufficiently challenged by my work.	0.756			
JS8	ខ្ញុំត្រូវបានទទួលស្គាល់ដោយសារការរួមចំណែករបស់ខ្ញុំ។ (I am recognised for the contribution I make.)	0.718			
JS1	សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះការងាររបស់អ្នកជារួម (Please indicate your level of satisfaction with: My job overall.) *[លុបចេញ]* *				
JS2	សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះកន្លែងការងាររបស់អ្នកក្នុងនាមអ្នកជាអ្នកគ្រប់គ្រង។ (Please indicate your level of satisfaction with: My workplace as an employer.) *[លុបចេញ]* *				
JS4	ខ្ញុំដឹងច្បាស់ថា ភារកិច្ចនិងការទទួលខុសត្រូវរបស់ខ្ញុំមានអ្វីខ្លះ។ (I am clear				

	what my duties and responsibilities are). *[លុបចេញ]* *				
JS6	ខ្ញុំមានសមត្ថកិច្ច (ឧទាហរណ៍ដូចជា ប្រតិភូចាំបាច់ ស្វ័យភាព កម្រិតទទួលខុសត្រូវ)។ (I have the authority (e.g. the necessary delegations, autonomy, level of responsibility) to do my job effectively.) *[លុបចេញ]* *				
JS9	ខ្ញុំពេញចិត្តចំពោះឱកាសការងារក្នុងស្ថាប័នបច្ចុប្បន្នរបស់ខ្ញុំ ដែលធ្វើឱ្យមានភាពរីកចម្រើនដល់អាជីពរបស់ខ្ញុំ។ (I am satisfied with the opportunities available to me for career progression in my current agency.) *[លុបចេញ]* *				
ការបណ្ដុះបណ្ដាល និងអភិវឌ្ឍន៍ (Training and Development)					
TD6	សហការីរបស់អ្នកផ្ដល់តម្លៃស្មើគ្នាចំពោះបុគ្គលិកចម្រុះគ្រប់ក្រុមគ្រប់ផ្នែក។ (Your co-workers treat employees from all diversity groups with equal respect.)	0.865	**1.914**	**63.805%**	**0.709**
TD5	កន្លែងធ្វើការរបស់អ្នកប្ដេជ្ញាបង្កើតកម្លាំងពលកម្មច	0.863			

	ម្រុះ។ (Your workplace is committed to creating a diverse workforce.)				
TD1	ក្នុងវិស័យការងាររបស់ខ្ញុំ ឱកាសទទួលការបណ្តុះបណ្តាលនិងការអភិវឌ្ឍខ្លួនមានចំពោះបុគ្គលិកទាំងអស់។ (Training and development opportunities in my work area are available to all employees.)	0.649			
TD2	ខ្ញុំបានទទួលការបណ្តុះបណ្តាលត្រឹមត្រូវ ឬអាចទទួលបានព័ត៌មានដែលជួយខ្ញុំឱ្យមានសមត្ថភាពក្នុងការបំពេញការងារ។ (I receive appropriate training or have access to information that enables me to meet my recordkeeping responsibilities.) *[លុបចេញ]* *				
TD3	ខ្ញុំបានទទួលយោបល់ត្រឡប់លើសកម្មភាពការងាររបស់ខ្ញុំសម្រាប់១២ខែចុងក្រោយពីអ្នកមើលការខុសត្រូវផ្ទាល់របស់ខ្ញុំរួចហើយដែលបានជួយដល់ការបំពេញការងាររបស់ខ្ញុំ។(I have received				

	performance feedback from my supervisor in the last 12 months that has helped my performance.) *[លុបចេញ]* *				
TD4	នៅកន្លែងធ្វើការរបស់ខ្ញុំមានឱកាសគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់អភិវឌ្ឍន៍នូវបំណិនចាំបាច់ដើម្បីក្លាយជាអ្នកដឹកនាំ។ (In my workplace, there is adequate opportunity to develop the required skills for being a leader.) *[លុបចេញ]* *				
ក្រមសីលធម៌អ្នកដឹកនាំ ឬអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)					
ELS2	អ្នកគ្រប់គ្រងក្នុងស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំធ្វើជាគំរូគេក្នុងការមានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (Senior managers in my agency lead by example in ethical behavior.)	0.845	**2.367**	**59.182%**	**0.767**
ELS3	ទំនាស់ផលប្រយោជន៍ត្រូវបានរកឃើញនិងដោះស្រាយប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាព។ (Conflicts of interest are identified and	0.793			

	managed effectively in my workplace.)				
ELS1	កន្លែងធ្វើការរបស់ខ្ញុំជំរុញយ៉ាងសកម្មឱ្យបុគ្គលិកទាំងអស់មានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (My workplace actively encourages ethical behaviour by all of its employees.)	0.752			
ELS4	អ្នកមើលការខុសត្រូវផ្ទាល់របស់ពួកយើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្តីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our immediate supervisor demonstrates honesty and integrity in the workplace.)	0.677			
ELS5	សហការីរបស់យើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្តីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our co-workers demonstrate honesty and integrity in the workplace.) *[លុបចេញ]* *				

*ចំណាំ៖ * កម្រងសំណួរដែលត្រូវបានលុបចោលពីព្រោះ Factor Loading (FL < 0.60)*

ចំពោះនីតិវិធីនៃការសំអាតទិន្នន័យឱ្យបានល្អតាមរបៀបខាងលើ យើងត្រូវគោរពតាមគោលការណ៍របស់លោក Hair et al., (2014)។ គោលការណ៍នេះមានលក្ខខណ្ឌមួយចំនួនគឺ៖ (1) សម្រាប់ការវិភាគកត្តាពាក់ព័ន្ធ (Factor Analysis) ពិន្ទុរបស់ Factor Loading (FL ≥ 0.60 ឬ 60%) ត្រូវធំជាងឬស្មើ 0.60 ឡើងទៅ ហើយប្រសិនបើតម្លៃរបស់ FL < 0.60 នោះសំណួរអាចត្រូវលុបចោល។ រីឯសំណួរ ដែលសល់ពីការលុបចេញ នឹងត្រូវបានយកមកប្រើសម្រាប់ការធ្វើតេស្តកម្រិតជឿជាក់។ ចំពោះតម្លៃរបស់ Eigenvalue ត្រូវធំជាង ឬស្មើ 1 (Eigenvalue ≥ 1) និង Cumulative % ត្រូវធំជាង ឬស្មើ 60% (Cumulative % ≥ 60%)។ (2)- ចំពោះការធ្វើតេស្តកម្រិត

ជឿជាក់ (Reliability Test) Cronbach's Alpha (α) ត្រូវមានតម្លៃធំជាងឬស្មើ ($\alpha \geq 0.70$ ឬ 70%) និង តម្លៃទំនាក់ទំនងសំណួរសរុបដែលបានកែតម្រូវ (Corrected Item-Total Correlation) ត្រូវធំជាងឬស្មើ 0.50។ របាយការណ៍ខាងលើមិនបានបង្ហាញពីតម្លៃទំនាក់ទំនងសំណួរសរុបដែលបានកែតម្រូវ (Corrected Item-Total Correlation) ទេ ដោយសារតោរាងចង្អៀត។ ក្រោយពីបានលទ្ធផលខាងលើហើយ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចយកទិន្នន័យនេះទៅវិភាគដោយប្រើទំនាក់ទំនងកាណូនិកនៅជំហានទីបីបន្ទាប់ទៀត។

ខ. ជំហានទី2៖ ការធ្វើតេស្តទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation)

ដើម្បីគណនា ឬធ្វើតេស្តទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation) គេត្រូវប្រើភាសាសម្រាប់កម្មវិធីកុំព្យូទ័រហៅថា "សាំងតាក់ (Syntax)" ដូចខាងក្រោមនេះ៖

MANOVA

(type the Devependent Variable or Factor) **WITH** (type the Independent Variable or Factor)

/DISCRIM RAW STAN ESTIM CORR ROTATE (VARIMAX) ALPHA (0.05)

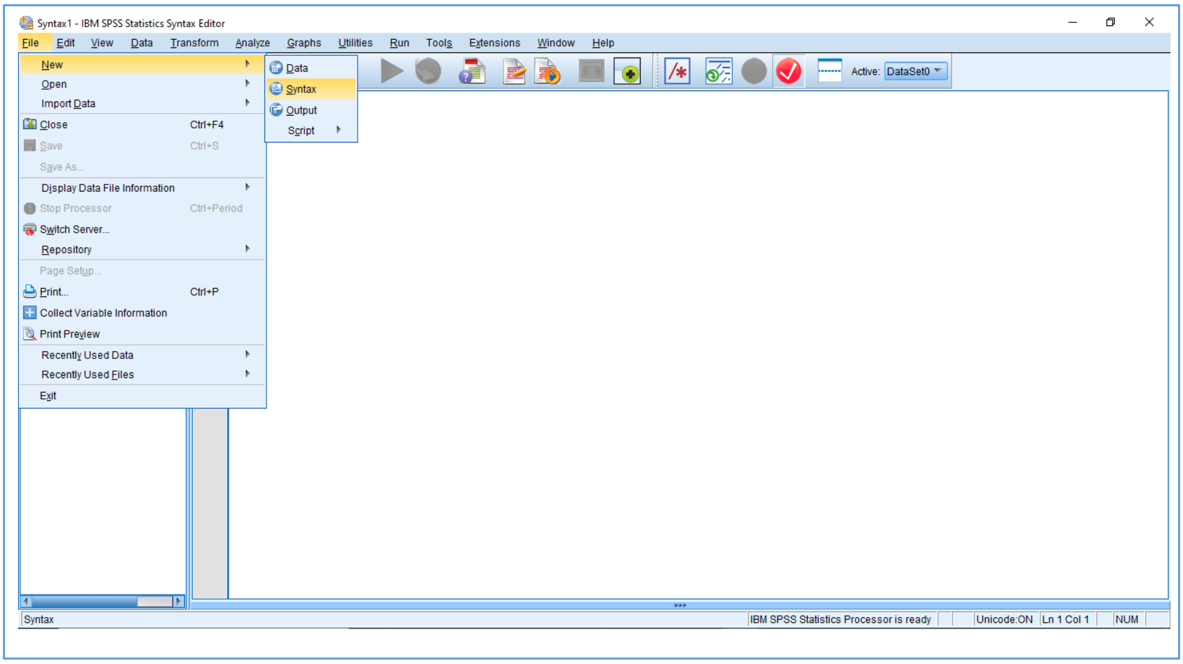
/PRINT SIGNIF (EIGN DIMENR HYPOTH)

/NOPRINT SIGNIF (MULT UNIV) PARAM (ESTIM)

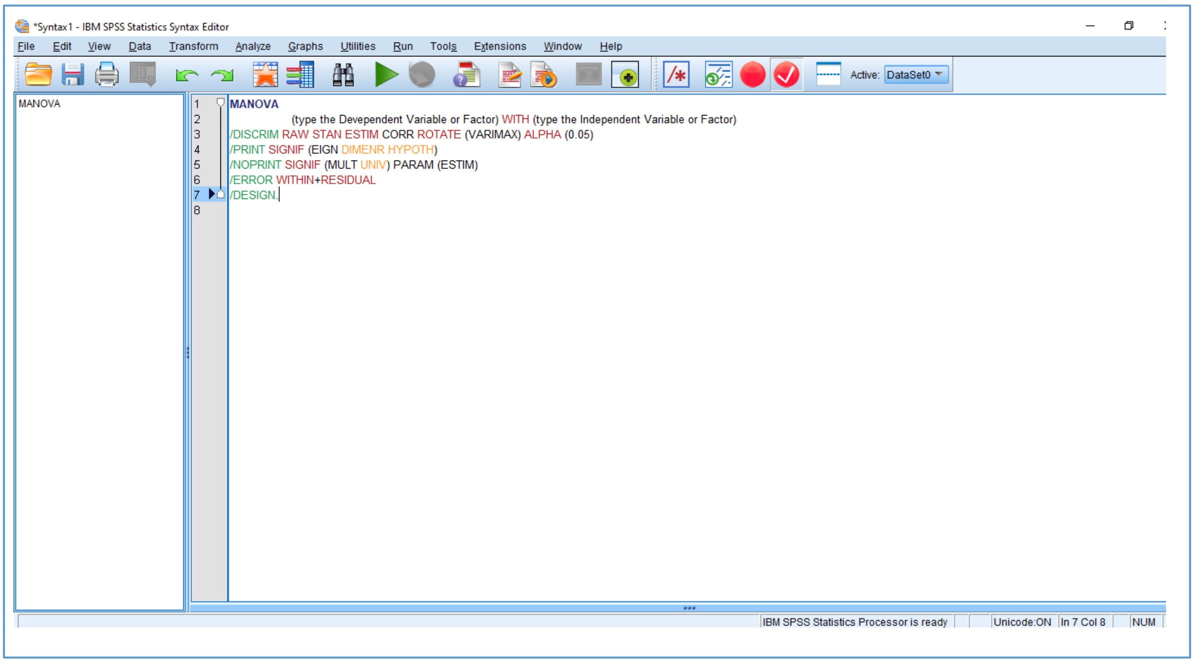
/ERROR WITHIN+RESIDUAL

/DESIGN.

ស្ក្រីប (Script) ដែលសរសេរជាភាសាសម្រាប់កម្មវិធីកុំព្យូទ័រដែលហៅថា "សាំងតាក់ (Syntax)" ខាងលើនេះ នឹងត្រូវបានយកមកប្រើជាមួយកម្មវិធី SPSS ដោយអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវគ្រាន់តែចម្លង (Copy) យកទៅដាក់ (past) ចូលក្នុងកម្មវិធី SPSS។ ឧទាហរណ៍៖ បើកកម្មវិធី SPSS រួចចុចលើ [File] → ចុចពាក្យ [New]→ ចុចលើពាក្យ [Syntax] (ដ្យាក្រាមទី11-2) រួចចម្លង (Copy) នូវព័ត៌មានស្ក្រីប (Script) ខាងលើយកទៅដាក់ (Past) ចូលក្នុងផ្ទាំងខាងស្តាំដៃ រួចហើយត្រូវរក្សា (Save) ឈ្មោះវាទុកសម្រាប់ជំហានបន្ទាប់ (ដ្យាក្រាម១១-៣)។



ដ្យាក្រាម១១.២. សាំងតាក់ (Cannonical syntax)

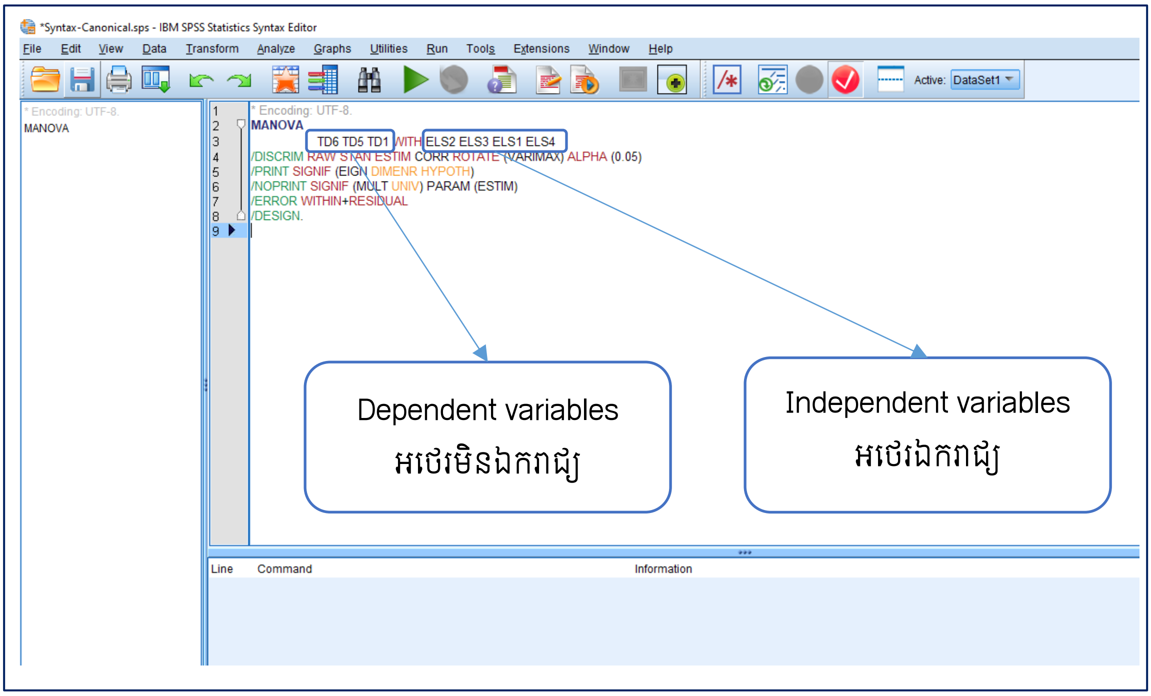


ដ្យាក្រាម១១.៣. Cannonical syntax

គ. ជំហានទី3៖ ការបញ្ចូលព័ត៌មានក្នុងសាំងតាក់ (Syntax)

ក្នុងជំហាននេះ អ្នកត្រូវបញ្ចូលព័ត៌មានក្នុងកម្រងសំណួរដែលនៅសល់ជាផ្លូវការក្រោយពីបានលុបចោលមួយចំនួនពីអថេរឯករាជ្យដូចជា ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership) និងការបណ្តុះបណ្តាលនិងអភិវឌ្ឍន៍ (Training & Development) និងអថេរមិនឯករាជ្យដូចជា ភាពពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction) ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង១១-១ខាងលើទៅក្នុងសាំងតាក់ (Syntax) ដែលមានរៀបចំក្នុងជំហានទី2។ អ្នកអាចធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយអនុវត្តតាមរបៀបដូចខាងក្រោមនេះ៖

- សម្មតិកម្មទី1 (H_1)៖ ទំនាក់ទំនងរវាងភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ និងការបណ្តុះបណ្តាល និងការអភិវឌ្ឍន៍។ ករណីនេះ យើងតាង CAN-R^2 ជាទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Correlation) ហើយត្រូវយកអក្សរកូដ ដែលតាងឱ្យសំណួរក្នុងសំណួរដែលនៅសល់ក្រោយពីការលុបដូចជា ELS2, ELS3, ELS1, និង ELS4 របស់អថេរ “Ethical Leadership” សម្រាប់ធ្វើការវិភាគក្នុងកម្មវិធី SPSS។ រីឯអក្សរកូដ ដែលតាងឱ្យសំណួរក្នុងកម្រងសំណួរដូចជា TD6, TD5 និង TD1 របស់អថេរ “Training and Development” ត្រូវយកមកធ្វើការវិភាគតាមគំរូទី1នៃទំនាក់ទំនងកាណូនិកសម្រាប់សម្មតិកម្មទី1 (សូមមើលដ្យាក្រាម១១-៤ខាងក្រោម)។ ក្រោយពីការបញ្ចូលកូដដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមខាងក្រោម អ្នកគ្រាន់តែចុចលើពាក្យ [Run] សម្រាប់បង្ហាញលទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិម្មនេះ ដែលចេញលើផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយ។ ការសិក្សានេះសូមបង្ហាញនូវលទ្ធផលសង្ខេបត្រឹមប៉ុណ្ណេះទៅតាមទម្រង់ដែលចាំបាច់ឱ្យស្របតាមបទនៃការស្រាវជ្រាវសម្រាប់ធ្វើការបោះពុម្ពលើទស្សនាវដ្តីជាតិ និងអន្តរជាតិ ឬជាស្តង់ដារសម្រាប់របាយការណ៍ចូលរួមប្រជុំជាលក្ខណៈអន្តរជាតិផងដែរ (មើលតារាង១១-២)។



ដ្យាក្រាម១១.៤. លទ្ធផលវិភាគតាមគំរូកាណូនិកទី១ (Cannonical Model-1)

តារាង១១.២. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មទី1 ឬ Canonical Model-1

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.	Sq. Cor
1	.40641	93.95747	93.95747	.53756	.28897
2	.02452	5.66882	99.62629	.15470	.02393
3	.00162	.37371	100.00000	.04017	.00161

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L.	F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
1 TO 3	.69289	8.46462	12.00	682.90	.000
2 TO 3	.97449	1.12265	6.00	518.00	.348
3 TO 3	.99839	.21014	2.00	260.00	.811

Correlations between DEPENDENT and canonical variables
Function No.

Variable	1
TD6	-.87887
TD5	-.88292
TD1	-.59685

Correlations between COVARIATES and canonical variables
CAN. VAR.

Covariate	1
ELS2	-.85697
ELS3	-.75155
ELS1	-.79344
ELS4	-.65143

Variance in covariates explained by canonical variables

CAN. VAR.	Pct Var DEP	Cum Pct DEP	Pct Var COV	Cum Pct COV
1	16.99964	16.99964	58.82842	58.82842

ឃ. ជំហានទី4៖ សង្ខេបលទ្ធផល និងបកស្រាយទិន្នន័យ

អ្នកស្រាវស្រាវត្រូវបង្កើតតារាងសង្ខេប និងដ្យាក្រាមសម្រាប់លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវ ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការបកស្រាយទិន្នន័យតាមរយៈលទ្ធផលដែលបានបង្ហាញក្នុងតារាង១១-២ ខាងលើ។

តារាង១១.៣. សង្ខេបតេស្តសម្មតិកម្មទី1 ឬគំរូទី1 នៃទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Model-1)

អថេរស្រាវជ្រាវ ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership) ↓ ការបណ្តុះបណ្តាលនិងអភិវឌ្ឍន៍ Training and Development	គោលការណ៍កំណត់
No.1 តេស្តទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical Test)	
λ_{12}= 0.85697*	
λ_{13}= 0.75155*	
λ_{11}= 0.79344*	
λ_{14}= 0.65145*	
λ_{26} = 0.87887*	
λ_{25} = 0.88292*	
λ_{21} = 0.59685*	
R_1^2 = 0.28897 (28.897%)	$R^2 \geq 0.10$
RI_1 = 16.999 (17%)	$RI \geq 5\%$
F-value = 8.4646	$F \geq 4$ (or big enough)
p-value = 0.000	$p - value\ (significant) < 0.05$
Eigenvalue = 0.4641	

-

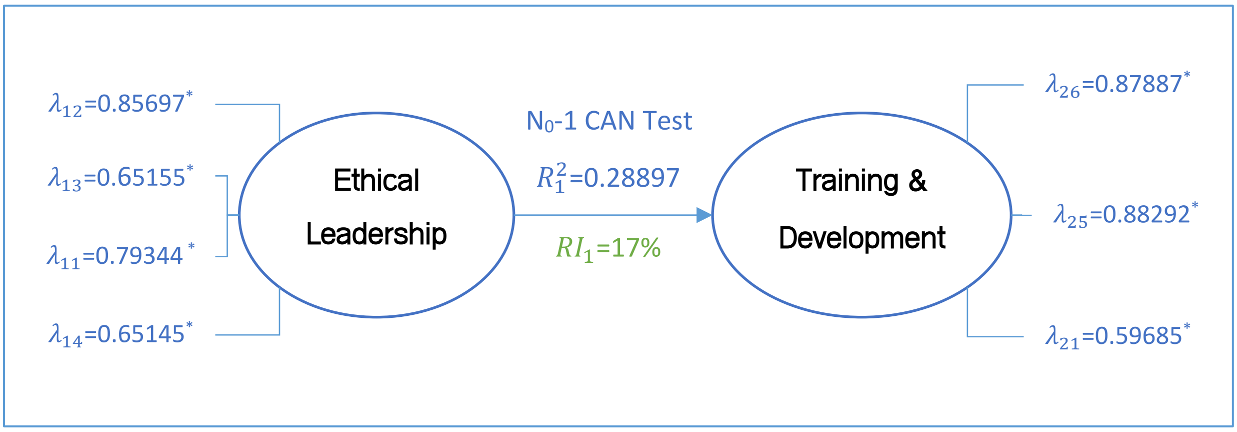
<u>ចំណាំ៖</u> **ប្រសិនបើតម្លៃរបស់ λ ធំជាង 0.4 នោះត្រូវដាក់សញ្ញាផ្កាយដើម្បីសម្គាល់ថា*

តម្លៃ λ គឺជាពិន្ទុដែលតំណាងសូចនាករសម្រាប់វាស់វែងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យដែលត្រូវបានប្រើជាតម្លៃដាច់ខាត (i.e., |-a|= a)។ ចំលើយរបស់ λ បានបង្ហាញក្នុងតារាងទី១១-៣ ខាងលើនេះ។ អ្នកអាចមើល ឬយកមកពីតារាងទី១១-២ ដែលស្ថិតនៅក្នុងតម្លៃ "Eigenvalues" និង "ទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Cononical Correlations)" ត្រង់ជួទី1។ ក្នុងនោះ គេក៏ដកស្រង់នូវតម្លៃរបស់ Eigenvalue = 0.40641 និង R_1^2 = 0.28897 ដែលជាតម្លៃការេនៃទំនាក់ទំនង (square correlation) ស្មើ 28.897%។

ចំពោះ "Dimension Reducation Analysis" ក្នុងជួរទី1 អ្នកអាចដកស្រង់នូវចម្លើយរបស់ F-value = 8.46462 ជាមួយតម្លៃ p-value = 0.000 របស់ F-value។ និង "Variance in covariates explained by canonical variable" អ្នកត្រូវដកស្រង់យកតម្លៃរបស់ RI (Intercorrelation) ចេញពីកូឡោនរបស់ "Pct var DEP" ដែល RI=16.999។

ចំណែកឯតម្លៃរបស់ λ ដែលតំណាងឱ្យអថេរឯករាជ្យ ដូចជា λ_{12} = ELS2, λ_{13} = ELS3, λ_{11} = ELS1, និង λ_{14} = ELS4 គឺជាពិន្ទុសម្រាប់កម្រងសំណួរនៅក្នុងអថេរឯករាជ្យ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)"។ អ្នកអាចដកស្រង់វាចេញពី "Correlations between COVARIATES and canonical variables" ហើយត្រូវចាំថា យើងមិនរាប់បញ្ចូលនូវតម្លៃអវិជ្ជមានទេ។ រីឯតម្លៃ λ_{26} = TD6 , λ_{25} = TD5 , និង λ_{21} = TD1 គឺជាពិន្ទុសម្រាប់កម្រងសំណួរក្នុងអថេរមិនឯករាជ្យរបស់ "Training and Development"។ ត្រង់នេះ អ្នកមើលតម្លៃរបស់វាស្ថិតនៅក្នុង "Correlations between DEPENDENT and canonical variables"។ ដូចគ្នាដែរ យើងមិនត្រូវរាប់បញ្ចូលនៅតម្លៃអវិជ្ជមានទេ។

ករណីតេស្តសម្មតិកម្មនីមួយៗ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចបង្កើតដ្យាក្រាមមួយដើម្បីសង្ខេបសម្រាប់ធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋានអំពីគំរូកាណូនិក (Canonical model) សម្រាប់សម្មតិកម្មនីមួយៗផងដែរ (ដ្យាក្រាមទី11-5)។



ដ្យាក្រាម១១.៥. លទ្ធផលរបស់ Cannonical Model-1 (CAN-N_0-1)

ការសន្និដ្ឋាន៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទី1 (H1) នេះត្រូវបានបកស្រាយដោយយកតម្លៃរបស់គោលការណ៍ដែលបានកំណត់ថា បន្ទុកកាណូនិក (Canonical Loading) $\lambda > 0.40$, Canical model: $R^2 \geq 0.10$, RI $\geq$ 5%, $F \geq 4$ និង p-value < 0.05 (របស់ F-value) (Wu, Chiag, Wu, & Tu, 2004)។ តាមលទ្ធផលក្នុងដ្យាក្រាមទី11-5 និងតារាងទី11-3 សម្មតិកម្មទី1 ដែលថាការទាក់ទងគ្នាពិតជាមានរវាង "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" និង "ការបណ្តុះបណ្តាលនិងការអភិវឌ្ឍ" ដោយមានការអះអាងថាទំនាក់ទំនងទាំងពីរនេះមានរហូតដល់ 28.897% (R_1^2=0.28897), RI_1=17% និង តម្លៃរបស់ F-value កើតឡើងពិតប្រាកដដោយតម្លៃ p-value < 0.05។ សរុបមក ឥរិយាបទដែលទាក់ទងនឹង "ក្រមសីលធម៌អ្នកដឹកនាំ" ពិតជាមានឥទ្ធិពលវិជ្ជមានដល់ "ការបណ្តុះបណ្តាលនិងការអភិវឌ្ឍ" ដល់បុគ្គលិកនៅក្នុងស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុ។ តាមការពិត ប្រសិនបើការអនុវត្តរបស់អ្នកដឹកនាំដែលមាន "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" នឹងជម្រុញឱ្យលទ្ធផលនៃ "ការបណ្តុះបណ្តាល និងការអភិវឌ្ឍ" ធនធានមនុស្សក៏ទទួលបានលទ្ធផលល្អផងដែរ។

៤. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation analysis) អាចត្រូវបានគេមើលឃើញថាជាការពង្រីកពីកម្មវិធីធ្វើតេស្តនៃការវិភាគរីក្រេសសិន Hair et al., (2014)។ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈការវិភាគទំនាក់ទំនងកាណូនិក (Canonical correlation) មានលក្ខខណ្ឌងាយស្រួលជាងការវិភាគរីក្រេសសិន (Regression analysis) និង ការបង្កើតគំរូសមីការ SEM (Structural Equation Modeling)។ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវធ្វើតេស្តទំនាក់ទំនងកាណូនិកនេះ (Canonical correlation) ម្តងមួយជំណាក់ ម្តងមួយជំនាក់ ទៅតាមការបង្កើតសម្មតិកម្មនិងគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ។ វិធីនេះត្រូវបានទទួលស្គាល់យ៉ាងទូលំទូលាយផងដែរក្នុងការវិភាគទិន្នន័យស្រាវជ្រាវសម្រាប់បោះពុម្ពស្នាដៃស្រាវជ្រាវក្នុងទស្សនាវដ្តីអេឡិចត្រូនិចល្អៗ ជាដើម។

មេរៀនទី១២   ការវិភាគតាមអាណូវ៉ា

មេរៀននេះបង្ហាញចំណេះដឹងស្តីពីស្ថិតិដែលមានភាពខុសគ្នាយ៉ាងស្មុគស្មាញ។ "អាណូវ៉ា" (Analysis of Variance: ANOVA) ប្រាប់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវពីការពិចារណាលើអថេរឯករាជ្យដែលមានច្រើនជាងមួយដើម្បីធ្វើការប៉ាន់ស្មានឬព្យាករទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យ ប៉ុន្តែអថេរឯករាជ្យនីមួយៗត្រូវបានធ្វើការព្យាករដាច់ដោយឡែកពីគ្នា។ កាលណាអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវមានបំណងសិក្សាប្រៀបធៀបពីភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមសាកលស្ថិតិ (Population Means) "អាណូវ៉ា" គឺជាឧបករណ៍មួយដែលអាចជួយដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវក្នុងការវិភាគទិន្នន័យឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព និងបង្ហាញពីភាពច្បាស់លាស់ក្នុងការសិក្សាប្រៀបធៀបពីភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមសាកលស្ថិតិ (Population Means) ដែលទិន្នន័យត្រូវបានសិក្សាប្រៀបធៀបច្រើនជាងពីរក្រុម ឬច្រើនករណី។ ការវិភាគវ៉ារ្យ៉ង់ ឬការវិភាគតាម "អាណូវ៉ា" ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មមានន័យថា គេសិក្សាលើសាកលស្ថិតិ (Population) ចាប់ពីបីក្រុមឡើងទៅ។ ក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយប្រើ "អាណូវ៉ា" គេយក *F* តេស្តជាជំនួយ។ ការសន្មតក្នុងការប្រើ "អាណូវ៉ា" ដើម្បីតេស្តភាពស្មើគ្នានៃចំនួនសាកលស្ថិតិ (Population) ចាប់ពីបីក្រុមឡើងទៅមានបីចំណុចដូចខាងក្រោម៖

ក. សាកលស្ថិតិ (Population) ត្រូវបានសន្មតថាជាបំលាយណ័រម៉ាល់ (Normal distribution)

ខ. សាកលស្ថិតិ (Population) មានគម្លាតស្តង់ដារ (Standard Deviation) ស្មើៗគ្នា និង

គ. សាកលស្ថិតិ (Population) មានលក្ខណៈឯករាជ្យពីគ្នា។

១. សេចក្តីផ្តើម

ANOVA គឺជាឧបករណ៍ស្ថិតិសម្រាប់ធ្វើការសន្និដ្ឋាន (inferential statistics) ដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការធ្វើតេស្តស្ថិតិរកកម្រិតសារសំខាន់នៃភាពខុសគ្នារវាងពិន្ទុមធ្យមយ៉ាងតិចពីរក្រុមឆ្លងកាត់ដោយប្រើអថេរមួយ ឬច្រើន។ ANOVA អាចត្រូវបានប្រើដើម្បីធ្វើតេស្តស្ថិតិរកកម្រិតសារសំខាន់ដោយប្រើអថេរឯករាជ្យដែលមានសំណុំទិន្នន័យជាថ្នាក់ (Categorial independent) ហើយអថេរមិនឯរាជ្យមានសំណុំទិន្នន័យជាប្រភេទអថេរជាប់ (Conituos data or variables)។ ANOVA សិក្សាប្រៀបធៀបពីភាពខុសគ្នារវាងក្រុម (Between group) ទៅនឹងភាពខុសគ្នារវាងអថេរនៅក្នុងក្រុម (Within group) តាមរយៈការកំណត់តេស្តរបស់ F radio ឬ F statistics (Wagner III, 2019)។ ការវិភាគអំពីភាពខុសគ្នាដោយប្រើ ANOVA គឺជារបៀបកំណត់សមាមាត្រនៃភាពប្រែប្រួលដែលត្រូវបានកំណត់ដោយសមាសធាតុនីមួយៗដែលវាជាផ្នែកមួយនៃបច្ចេកទេសស្ថិតិដែលមានប្រយោជន៍និងអាចទទួលយកបាន។ ជាទូទៅ នីតិវិធី ANOVA ក្នុង កម្មវិធីរបស់SPSS អាចបង្កើតបាននូវអ្វីប្រភេទតារាងដែលជួរដេកនីមួយៗតំណាងឱ្យប្រភពនៃភាពប្រែប្រួលហើយជួរឈរតំណាងឱ្យអ្វីដែលយើងចង់ដឹងអំពីភាពខុសគ្នាដែលបណ្តាលមកពីប្រភពនីមួយៗ (Cronk, 2019)។

២. ការវិភាគតាមអាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way ANOVA)

ការវិភាគតាមអាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way ANOVA) នៃការធ្វើតេស្តបម្រែបម្រួលត្រូវបានប្រើដើម្បីតេស្តភាពស្មើគ្នានៃមធ្យោបាយបី ឬច្រើនដោយប្រើបម្រែបម្រួលរបស់ទំហំសំណាក (Bluman, 2018) ។ នីតិវិធី ដែលត្រូវបានលើកយកមកសិក្សាក្នុងផ្នែកនេះ ត្រូវបានគេហៅថាជាការវិភាគបម្រែបម្រួលឯកវិធី ពីព្រោះមានអថេរឯករាជ្យតែមួយគត់ដែលបង្ហាញភាពខុសគ្នារវាងសាកលស្ថិតិ (Population) នៅក្នុងការសិក្សា។ ចំពោះការសិក្សាក្នុងវិស័យវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម អថេរឯករាជ្យត្រូវបានគេហៅថាកត្តា (Factor)។ ដំបូង អ្នកអាចគិតថា ដើម្បីប្រៀបធៀបមធ្យមនៃគំចាប់ពីបីឡើងទៅ អ្នកអាចប្រើតេស្តពហុរបស់ "t-test" ដោយប្រៀបធៀបនឹងមធ្យមភាគពីរក្នុងពេលតែមួយ។ ក្នុងការធ្វើតេស្តតាម ANOVA នេះ គឺគេធ្វើ F-test ដើម្បីតេស្តសម្មតិកម្មទាក់ទងនឹងមធ្យមនៃសាកលស្ថិតិ (population mean) ចាប់ពីបីឡើងទៅ ហើយបច្ចេកទេសនេះត្រូវបានគេហៅថា "ការវិភាគបម្រែបម្រួល ឬការវិភាគវ៉ារ្យ៉ង់" (Analysis of variance) ដែលមានអក្សរកាត់គឺ ANOVA (អាណូវ៉ា) នេះឯង ។ សរុបមក គេប្រើក្បួន ANOVA នេះសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មចំពោះមធ្យមសាកលស្ថិតិចាប់ពីបីក្រុមឡើងទៅដែលមានភាពខុសគ្នាពីក្រុមមួយទៅក្រុមមួយ និងពីធាតុមួយទៅធាតុមួយនៅក្នុងក្រុម។ ករណីនេះ ជាមួយនឹងការធ្វើ F-test មានការប៉ាន់ស្មានពីរខុសគ្នាចំពោះបម្រែបម្រួលនៃទំហំសាកលស្ថិតិគឺ៖ (1) ការប៉ាន់ស្មានភាពខុសគ្នារវាងក្រុមនិងក្រុម (Between group variance) ដែលមានការពាក់ព័ន្ធនឹងការស្វែងរកភាពខុសគ្នានៃមធ្យមភាគរបស់សាកលស្ថិតិ, និង (2) ការប៉ាន់ប្រមាណបម្រែបម្រួលរវាងធាតុនីមួយៗនៅក្នុងក្រុម ដែលត្រូវបានធ្វើឡើងតាមរយៈការគណនាបម្រែបម្រួល (variance) ដោយប្រើទិន្នន័យទាំងអស់ ហើយមិន ពាក់ព័ន្ធនឹងភាពខុសគ្នានៃមធ្យមសាកលស្ថិតិឡើយ។ ចាប់តាំងពីភាពខុសគ្នាត្រូវបានប្រៀបធៀប នីតិវិធីនេះត្រូវបានគេហៅថាការវិភាគបម្រែបម្រួល ANOVA ដែលមានរូបមន្តរបស់ F-test ដូចខាងក្រោម៖

$$F = \frac{\text{បម្រែបម្រួលរវាងក្រុម } (Variance\ between\ groups)}{\text{បម្រែបម្រួលក្នុងក្រុម } (Variance\ within\ groups)} \qquad (12\text{-}1)$$

ការប្រៀបធៀបក្នុងពេលដំណាលគ្នានៃមធ្យមភាគសាកលស្ថិតិ (Population mean) មួយចំនួនត្រូវបានគេហៅថាការវិភាគនៃបម្រែបម្រួល ANOVA ។ នៅក្នុងស្ថានភាពទាំងពីរនេះ សាកលស្ថិតិត្រូវតែជាសំណុំទិន្នន័យបែបរបាយណ័រម៉ាល់ (Normal Distributed) ហើយទិន្នន័យត្រូវ មានការបែងចែកតាមខ្នាតរង្វាស់ដោយប្រើមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scale) (Lind, Marchal, & Wathen, 2018)។ រូបមន្តនេះត្រូវបានបកស្រាយលម្អិតនៅក្នុងចំណុច១២-៣ខាងក្រោម៖

៣. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្តអាណូវ៉ាដោយប្រើតម្លៃសំខាន់ (Critical Value)

ក្នុងការប្រៀបធៀបភាពខុសគ្នារវាងមធ្យមសាកលស្ថិតិ (Population mean: μ) គេប្រើការវិភាគ តាមក្បួន ANOVA (B. L. Bowerman et al., 2019)។ ឧបមាថា យើងចង់សិក្សាពីផលប៉ះពាល់នៃការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា p (treatments) លើអថេរចម្លើយ (response variable)។ ឧទាហរណ៍ថា លក្ខខណ្ឌសិក្សាដែលបានកំណត់គឺមានចាប់ពីលេខ 1, 2, 3, ..., p)។ ចំពោះការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាបែបនេះយើងតាង i ជាសន្ទស្សន៍, μ_i ជាតម្លៃមធ្យមសាកលស្ថិតិ, និង σ_i ជាគម្លាតស្តង់របស់សាកលស្ថិតិ ដែលការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាមានរហូតដល់

ករណីទី i។ គោលបំណងនៃការវិភាគបម្រែបម្រួលឯកវិធី (One-way analysis of variance) ដែលត្រូវបានហៅកាត់ថា "អាណូវ៉ាឯកវិធី (one-way ANOVA)" គឺដើម្បីប៉ាន់ស្មាននិងប្រៀបធៀបផលប៉ះពាល់នៃភាពខុសគ្នាលើការកំណត់លក្ខខណ្ឌកាសិក្សាផ្សេងៗលើអថេរចម្លើយ។ យើងធ្វើការប៉ាន់ស្មាននិងប្រៀបធៀបតម្លៃមធ្យមនៃការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា $\mu_1, \mu_2, \mu_3 \dots, \mu_p$។ នៅទីនេះ យើងសន្មតថា សំណាក ឬគំរូមួយត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យសម្រាប់ការកំណត់លក្ខខណ្ឌនៃការសិក្សា p នីមួយៗ ដោយប្រើការរៀបចំពិសោធន៍ដោយចៃដន្យ។ យើង អាចប្រើនិម្មិតសញ្ញា n_i សម្រាប់សម្គាល់ទំហំសំណាកដែលត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យសម្រាប់ការកំណត់លក្ខខណ្ឌកាសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i ។ ហើយ X_{ij} សម្រាប់សម្គាល់តម្លៃ j^{th} នៃអថេរ ចម្លើយតបដែលត្រូវបានសង្កេតឃើញនៅពេលប្រើការកំណត់លក្ខខណ្ឌនៃការសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i។ បន្ទាប់មក ការប៉ាន់ស្មានចំណុច μ_i គឺ $\bar{X}_i$ ជាមធ្យមនៃគំរូតម្លៃ n_i នៃអថេរឆ្លើយតបដែលត្រូវបានសង្កេតឃើញនៅពេលប្រើការកំណត់លក្ខខណ្ឌកាសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i ។ លើសពីនេះទៀត ការប៉ាន់ស្មានចំណុច σ_i និង s_i គម្លាតស្តង់ដាររបស់សំណាកនៃតម្លៃ n_i របស់អថេរឆ្លើយតបដោយកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i ។

រូបមន្តអាណូវ៉ាឯកវិធី (One-way ANOVA) អាចជួយយើងក្នុងការធ្វើតេស្តសម្រាប់ភាពខុសគ្នាគួរឱ្យកត់សម្គាល់រវាងការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា (treatments) ក៏ដូចជាអនុញ្ញាតឱ្យយើងប៉ាន់ស្មានភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃមធ្យមការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា (B. L. Bowerman et al., 2019)។ សុពលភាពនៃរូបមន្តទាំងនេះតម្រូវឱ្យមានការសន្និដ្ឋានដូចខាងក្រោម៖

ក. បម្រែបម្រួលថេរ៖ p គឺជាចំនួនសាកលស្ថិតិនៃតម្លៃអថេរចម្លើយទាក់ទងនឹងការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាមានវ៉ារ្យ៉ង់ ឬបម្រែបម្រួលស្មើៗគ្នា។

ខ. ភាពណ័រម៉ាល់ (Normality)៖ p គឺជាចំនួនសាកលស្ថិតិនៃតម្លៃអថេរចម្លើយទាក់ទងនឹងការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាទាំងអស់មានរបាយណ័រម៉ាល់។

គ. ឯករាជ្យភាព៖ គំរូនៃក្រុមពិសោធន៍ទាក់ទងនឹងការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ ដែលជាគំរូឯករាជ្យ។

៤. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្ត ANOVA ដោយផ្អែកលើតម្លៃសំខាន់ (Critical Value)

ក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមអាណូវ៉ាឯកវិធី (one-way ANOVA) ដោយប្រើតម្លៃសំខាន់ (Critical value) គឺយើងត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

ក. ជំហានទី1៖ កំណត់ប្រភេទសម្មតិកម្ម៖

ជំហានដំបូងនៃអាណូវ៉ាឯកវិធី (one-way ANOVA) យើងត្រូវកំណត់ថា តើមានភាពខុសគ្នាយ៉ាងណារវាងមធ្យមសាកលស្ថិតិនៃការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា ដោយតាងជា $\mu_1, \mu_2, \mu_3 \dots, \mu_p$ ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទទេ ឬ "នត្ថិភាព" (Null hypothesis) ដែលតាងដោយ H_0 ដែល H_0 នេះមានន័យថា $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_p$។

សម្មតិកម្មនេះនិយាយថា "ការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សាទាំងអស់មានឥទ្ធិពលដូចគ្នាទៅលើ នេះបានន័យថា យើងធ្វើតេស្ត H_0 ធៀបនឹងសម្មតិកម្មមិនទទេផ្សេង (Alternative Hypothesis) ដែលតាងដោយ H_a ដែល H_a នេះមានន័យថា $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \cdots \neq \mu_p$ (យ៉ាងហោចណាស់មានតម្លៃ μ ពីរយ៉ាងតិចត្រូវខុសគ្នា) ។

ខ. ជំហានទី2៖ គណនា F -test

គេធ្វើតេស្ត របាយ F (F-distribution) គឺសម្រាប់ជាមធ្យោបាយក្នុងការវាយតម្លៃតេស្តសម្មតិកម្មទទេថា តើសម្មតិកម្មទទេ "H_0" ត្រូវបានបដិសេធ ឬទទួលយក? ដូច្នេះ អ្នកអាចគណនារូបមន្ត F-test ដូចខាងក្រោម៖

$$F = \frac{MST}{MSE} = \frac{SST/(p-1)}{SSE/(n-p)} \quad (12\text{-}2)$$

ដែល៖

n គឺជាទំហំសំណាកសរុបដែលត្រូវបានយកមកធ្វើពិសោធន៍

p គឺ ការកំណត់ករណី ឬលក្ខខណ្ឌសិក្សា (treatments)

$\bar{X}$ គឺតម្លៃសរុបមធ្យមការអង្កេត ឬករណីសិក្សា

n_i គឺទំហំគំរូដែលត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យសម្រាប់ការកំណត់លក្ខខណ្ឌនៃការសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i ។

ហើយ X_{ij} សម្គាល់តម្លៃរបស់ j^{th} នៃអថេរចម្លើយដែលត្រូវបានសង្កេតឃើញនៅពេលប្រើលក្ខខណ្ឌនៃការសិក្សាដែលមានរហូតដល់ករណីទី i ។

SST គឺជាផលបូកសរុបនៃការេនៃផលសងរវាងលក្ខខណ្ឌសិក្សា ដែលមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$SST = \sum_{i=1}^{p} n_i(\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad (12\text{-}3)$$

SSE គឺផលបូកសរុបនៃផលបូកការេនៃភាពលំអៀង ឬកំហុស ដែលមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$SSE = \sum_{j=1}^{n_1}(X_{1j} - \bar{X}_1)^2 + \sum_{j=1}^{n_2}(X_{2j} - \bar{X}_2)^2 + \cdots + \sum_{j=1}^{n_p}(X_{pj} - \bar{X}_p)^2 \quad (12\text{-}4)$$

នៅទីនេះ X_{1j} គឺជាតម្លៃទី j^{th} ដែលបានអង្កេតលើការឆ្លើយតបនៅក្នុងគំរូទី1 X_{2j}គឺជាតម្លៃទី j^{th} ដែលបានអង្កេតលើការឆ្លើយតបនៅក្នុងគំរូទី2 ជាដើម។

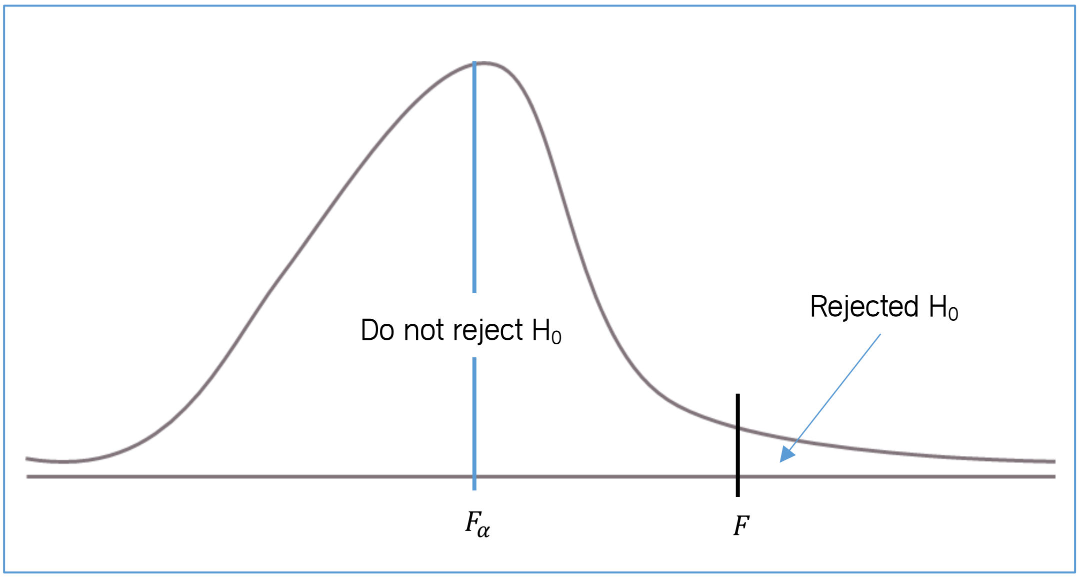
SSTO គឺជាផលបូកសរុបនៃផលបូកសរុបទាំងពីរខាងលើ ដូចរូបមន្តខាងក្រោម៖

$$SSTO = SST + SSE \quad (12\text{-}5)$$

គ. កំណត់ចន្លោះសារៈសំខាន់ *(Critical value)* ឬចន្លោះនៃការជឿជាក់ (*Confident Interval*)

ប្រសិនបើតម្លៃ $F > F_\alpha$ (ស្ថិតក្នុងចន្លោះខាងស្តាំនៃតម្លៃF_α) នោះមានន័យថា សម្មតិកម្ម**ទទេ** (Null hypothesis) H_0 ត្រូវបានបដិសេធ (មើលដ្យាក្រាមទី12-1)។

F_α គឺជាចំណុចឬតម្លៃ $p-1$ កម្រិតនៃសេរីភាពជាភាគយក (numerator degree of freedom) និង $n-p$ កម្រិតនៃសេរីភាពជាភាគបែង (denominator degrees of freedom) ដែលអាចរកបានក្នុងតារាង១២-៣D ជាមួយតម្លៃរបស់ $\alpha = 0.05$។



ដ្យាក្រាម១២.១. ខ្សែកោងតាងរបាយ F (F-distribution)

- ប្រសិនបើតម្លៃ p-value < α នោះសមតិកម្មទទេ H_0 ត្រូវបានបដិសេធ។

ឧទាហរណ៍ទី1៖ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវចង់ដឹងពីភាពខុសគ្នានៃអាយុរបស់ស្ត្រីដែលសម្រេចចិត្តរៀបអាពាហ៍ពិពាហ៍ក្នុងទីក្រុងបីផ្សេងគ្នានៃកោះតៃវ៉ាន់ដូចបានបង្ហាញនូវទិន្នន័យដូចខាងក្រោម៖

ទីក្រុង A	**ទីក្រុង B**	**ទីក្រុង C**
34.0	35.3	33.3
35.0	36.5	34.0
34.3	36.4	34.7
35.5	37.0	33.0
35.8	37.6	34.9

យើងចង់ដឹងថា តើអាយុរបស់ស្ត្រីក្នុងទីក្រុងទាំងបីនេះក្នុងការសម្រេចចិត្តរៀបការមានភាពខុសគ្នាដែរ ឬទេ ដោយយកចំនួនសំណាកដូចបានបង្ហាញខាងលើ ។ កម្រិតនៃការធ្វើតេស្តនេះគឺ $\alpha = 0.05$ ។

ដំណោះស្រាយ៖

ក. កំណត់សម្មតិកម្ម៖

H_0: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$

H_a: យ៉ាងតិចមានតម្លៃពីរក្នុងចំណោម μ_A, μ_B, μ_C មានភាពខុសគ្នា

A: គឺទីក្រុង A, B: គឺទីក្រុង B, និង C: គឺទីក្រុង C

<u>ចំណាំ៖</u> សម្មតិកម្មប្រភេទនេះគឺជាការតេស្តសងខាង (Two-tailed test)

ខ. គណនា F-test

ដោយ៖

n = $n_1 + n_2 + n_3$ = 5 + 5 + 5 = 15 (ទំហំសំណាករួម: overall sample size)

$$\bar{X} = \frac{34.0 + 35.0 + 34.3 + \cdots + 34.9}{15} = \frac{527.3}{15} = 35.153$$

បន្ទាប់មក យើងត្រូវគណនា៖

- $SST = \sum_{i=1}^{p} n_i(\bar{X}_i - \bar{X})^2 = n_A(\bar{X}_A - \bar{X})^2 + n_B(\bar{X}_B - \bar{X})^2 + n_C(\bar{X}_C - \bar{X})^2$

$$\bar{X}_A = \frac{34.0 + 35.0 + 34.3 + 35.5 + 35.8}{5} = 34.92$$

$$\bar{X}_B = \frac{35.3 + 36.5 + 36.4 + 37.0 + 37.6}{5} = 36.56$$

$$\bar{X}_C = \frac{33.3 + 34.0 + 34.7 + 33.0 + 34.9}{5} = 33.98$$

$$SST = n_A(\bar{X}_A - \bar{X})^2 + n_B(\bar{X}_B - \bar{X})^2 + n_C(\bar{X}_C - \bar{X})^2$$

$$SST = 5(34.92 - 35.153)^2 + 5(36.56 - 35.153)^2 + 5(33.98 - 35.153)^2 = 17.049$$

ដូច្នេះ <u>SST = 17.049</u>

- $SSE = \sum_{j=1}^{n_A}(X_{Aj} - \bar{X}_1)^2 + \sum_{j=1}^{n_B}(X_{Bj} - \bar{X}_2)^2 + \sum_{j=1}^{n_C}(X_{Cj} - \bar{X}_p)^2$
- $SSE = [(34.0 - 34.92)^2 + (35.0 - 34.92)^2 + (34.3 - 34.92)^2 + (35.5 - 34.92)^2 + (35.8 - 34.92)^2] + [(35.3 - 36.56)^2 + (36.5 - 36.56)^2 + (36.4 - 36.56)^2 + (37.0 - 36.56)^2 + (37.6 - 36.56)^2] + [(33.3 - 33.98)^2 + (34.0 - 33.98)^2 + (34.7 - 33.98)^2 + (33.0 - 33.98)^2 + (34.9 - 33.98)^2] = 8.028$

<u>ដូច្នេះ SSE = 8.028</u>

- SSTO = SST+SSE

SSTO = 17.049+8.028 = <u>25.077</u>

គណនា $F = \frac{SST/(p-1)}{SSE/(n-p)}$

P គឺជាទីក្រុងដែលបានកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា *(p=3)*

n គឺចំនួនសទំហុំសំណាកសរុបទាំងមូល *(n=15)*

$$F = \frac{SST/(p-1)}{SSE/(n-p)} = \frac{17.049/(3-1)}{8.028/(15-3)} = \frac{17.049/2}{8.028/12} = \frac{8.5245}{0.669} = 12.742$$

ដូច្នេះ <u>F = 12.742</u>

គ. កំណត់តម្លៃសំខាន់ (Critical value) ឬចន្លោះជឿជាក់ (Confident Interval)

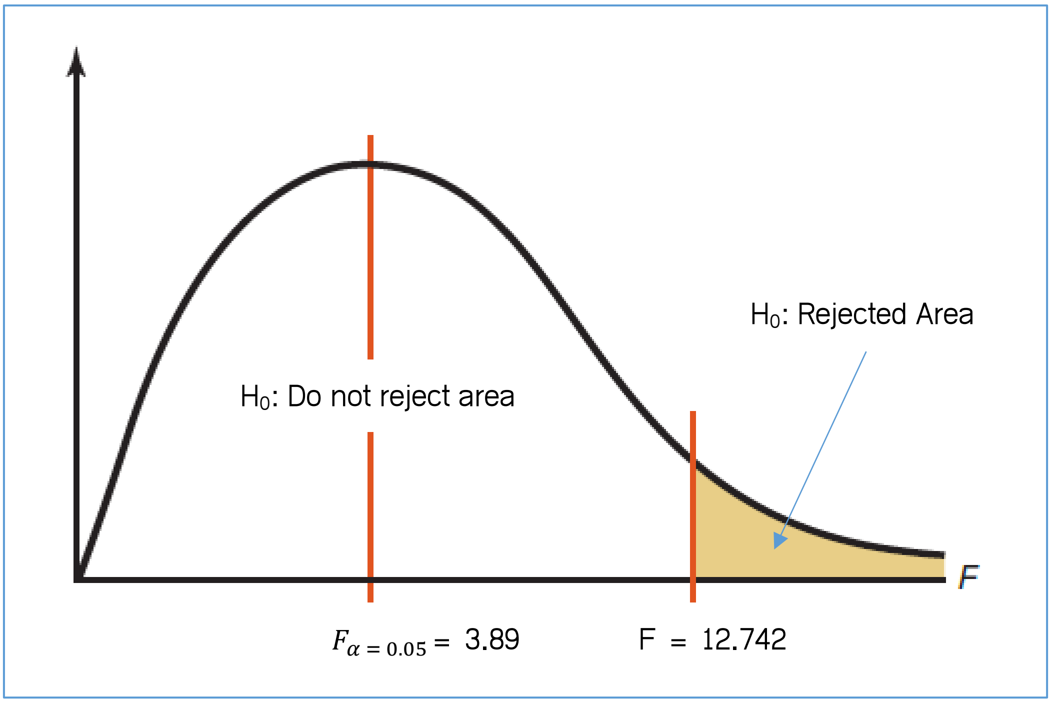
- រកតម្លៃរបស់សំខាន់ F_α

ដោយមើលកម្រិតនៃភាពសេរីជាភាគយក (Numerator degree of freedom) $p-1$ = 3-1=2 (d.f N=2) និងកម្រិតនៃភាពសេរីជាភាគបែង (Denominator degrees of freedom) $n-p$ = 15-3=12 (d.f D=12) ក្នុងតារាងទី12-3D ដែលមាន $\alpha = 0.05$។ តម្លៃសំខាន់គឺ $\mathbf{F_{0.05} = 3.89}$ ។

ឃ. ការសម្រេចចិត្ត និងសន្និដ្ឋាន

លទ្ធផលខាងលើបានបង្ហាញថា៖

F = 12.742 > $\mathbf{F_{0.05} = 3.89}$ មានន័យថា សមតិកម្មទទេ H_0 ត្រូវបានបដិសេធនៅកម្រិតសំខាន់ $\alpha = 0.05$។ ដូច្នេះ យើងមានភ័ស្តុតាងរឹងមាំដើម្បីបញ្ជាក់ថា យ៉ាងហោចណាស់មានតម្លៃពីរក្នុងចំណោម μ_A, μ_B, μ_C ដែលកំណត់លក្ខខណ្ឌគឺខុសគ្នា។ ឬយើងអាចនិយាយ ម្យ៉ាងទៀតថា យ៉ាងហោចណាស់ស្ត្រីដែលរស់នៅទីក្រុងពីរ ក្នុងចំណោមក្រុងទាំងបី *A, B,* និង *C* មានឥទ្ធិពលផ្សេងគ្នាលើមធ្យមនៃអាយុដែលពួកគេសម្រេចចិត្តរៀបការ។



ដ្យាក្រាម១២.២. លទ្ធផលតេស្តរបស់ ANOVA និង ខ្សែកោង F-distribution

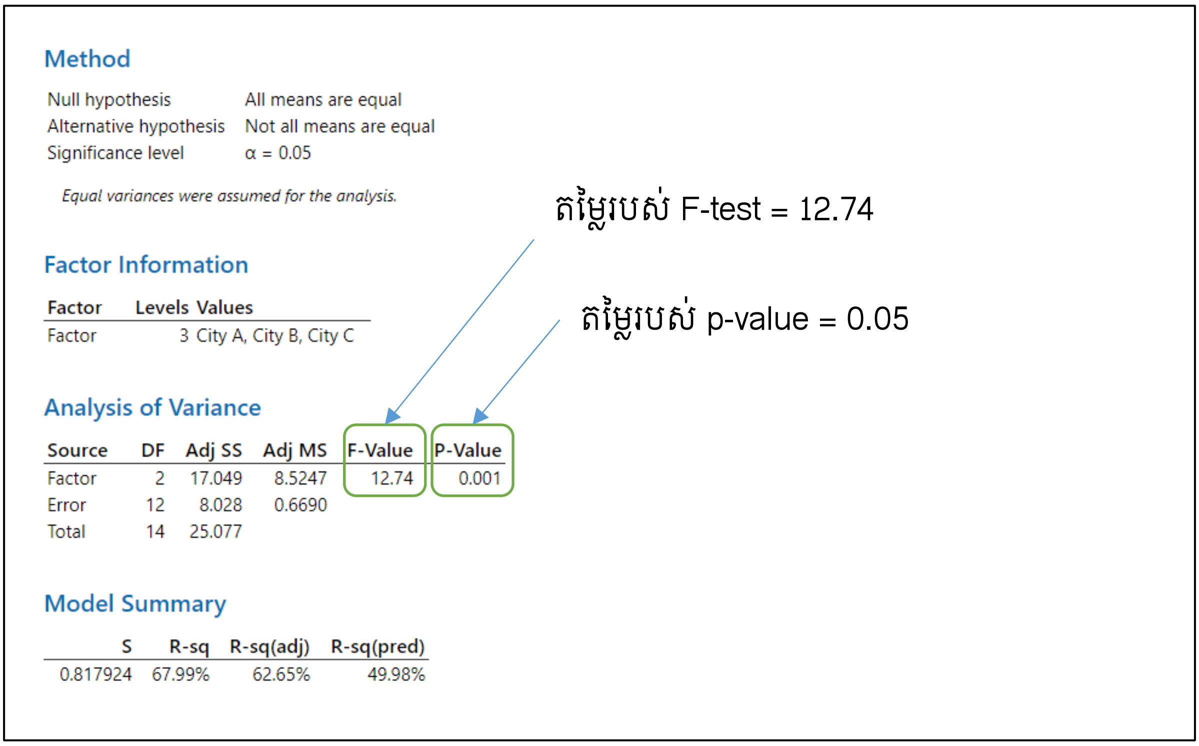
៥. នីតិវិធីក្នុងការធ្វើតេស្ត ANOVA ដោយផ្អែកលើតម្លៃ p-value

ជំហាននៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមក្បួនអាណូវ៉ាដោយផ្អែកលើតម្លៃរបស់ P-value មានលក្ខណៈស្មុគ្រស្មាញជាងការធ្វើតេស្តដោយផ្អែកលើតម្លៃសំខាន់ (Critical value)។ ចំពោះដំណោះស្រាយនៃឧទាហរណ៍ខាងលើគឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមនីតីវិធីនៃតម្លៃសំខាន់ ដោយប្រៀបធៀបនូវតម្លៃរបស់ $F > F_\alpha$ សម្រាប់ការទាត់ចោលសម្មតិកម្មទទេ H_0។ រីឯការសិក្សាតម្លៃរបស់ p-value គឺមានតែប្រើកម្មវិធី Software មួយចំនួនដូចជា Minitab, MegaSta, STATA, R program, SAS, និង SPSS ជាដើម ដើម្បីគណនាតម្លៃរបស់ F-test និង p-value។

ផ្នែកនេះនៃមេរៀននឹងបង្ហាញអំពីការគណនាលទ្ធផលរបស់តាមអាណូវ៉ាឯកវិធី (one-way ANOVA) ដោយប្រើកម្មវិធីរបស់ Minitab 19 និង MegaSta ។

តារាង១២-១ និង តារាង១២-២ ខាងក្រោមនេះបានបង្ហាញថា តម្លៃ p-value $= 0.001 < \alpha = 0.05$។ ដូច្នេះ សមតិកម្មទទេ H_0 គឺត្រូវបានបដិសេធ។ ចំពោះការបកស្រាយ និងការសន្និដ្ឋានខាងលើគឺដូចគ្នា។

តារាង១២.១. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មរបស់កម្មវិធី Minitab 19



Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	α = 0.05

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	3	City A, City B, City C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	17.049	8.5247	12.74	0.001
Error	12	8.028	0.6690		
Total	14	25.077			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.817924	67.99%	62.65%	49.98%

តារាង១២.២. លទ្ធផលតេស្តសម្មតិកម្មរបស់កម្មវិធី MegaSta

One factor ANOVA

Mean	n	Std. Dev	
34.92	5	0.766	Gasonline A
36.56	5	0.850	Gasonline B
33.98	5	0.835	Gasonline C
35.15	15	1.338	Total

តម្លៃរបស់ F-test = 12.74

តម្លៃរបស់ p-value = 0.0011

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatment	17.049	2	8.5247	12.74	.0011
Error	8.028	12	0.6690		
Total	25.077	14			

Post hoc analysis

p-values for pairwise t-tests

		Gasonline C	Gasonline A	Gasonline B
		33.98	34.92	36.56
Gasonline C	33.98			
Gasonline A	34.92	.0942		
Gasonline B	36.56	.0003	.0081	

Tukey simultaneous comparison t-values (d.f. = 12)

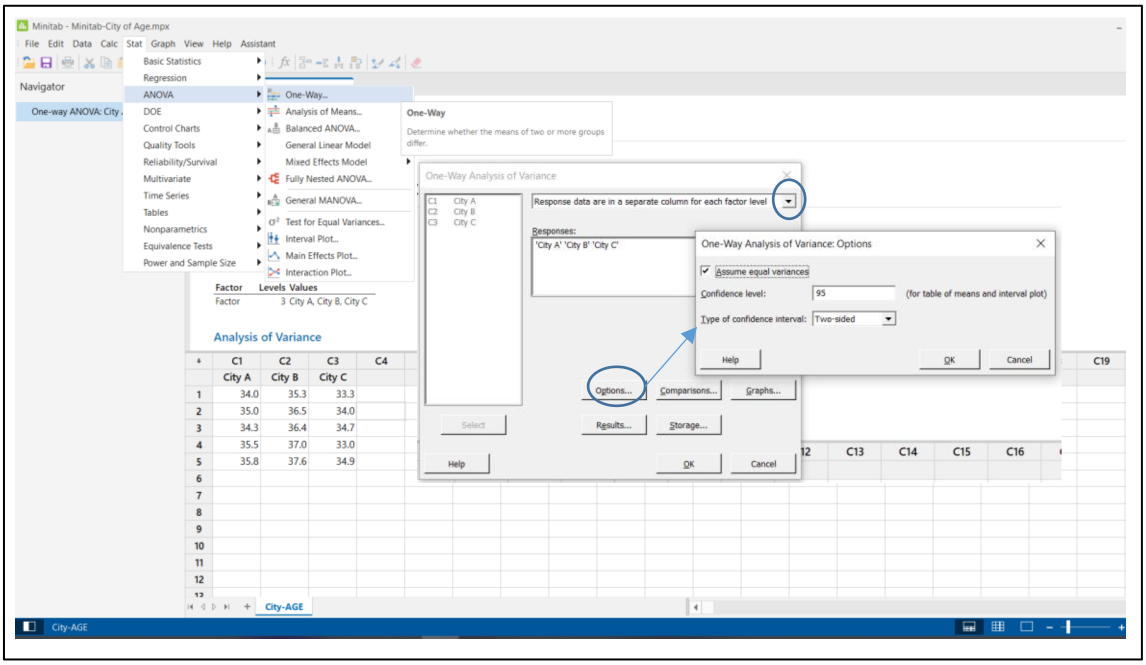
		Gasonline C	Gasonline A	Gasonline B
		33.98	34.92	36.56
Gasonline C	33.98			
Gasonline A	34.92	1.82		
Gasonline B	36.56	4.99	3.17	

នីតិវិធីនៃការប្រើកម្មវិធីទាំងពីរនេះសម្រាប់ការគណនាលទ្ធផលរបស់ one-way ANOVA មានតាមជំហានដូចខាងក្រោម៖

1. **កម្មវិធី Minitab 19**

ទី1៖ ត្រូវបញ្ចូលព័ត៌មានដែលទទួលបានពីការស្ទាបស្ទង់មតិទៅក្នុងកម្មវិធី Minitab

ទី2៖ ចុចលើពាក្យ [Stat] → ជ្រើសរើស [ANOVA] → ចុចលើ [One-Way] →រួចត្រូវជ្រើសរើសយកពាក្យ "[Response data are in a separate column for each factor level]" → បន្ទាប់មកត្រូវជ្រើសរើសទិន្នន័យរបស់ក្រុមនីមួយៗចូលក្នុងប្រអប់របស់ "Responses"→ ចុចយក "[Option]" (ប្រសិនបើយើងតេស្ត $\alpha = 0.05$ នោះកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interval) ត្រូវស្មើនឹង 95% ហើយនោះគឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសាងខាង: two-tailed test។ ដូច្នេះ តម្លៃត្រង់នេះមិនចាំបាច់ប្តូរទេ) → ចុច [OK] រួចហើយ ចុច [OK] ម្តងទៀត បន្ទាប់មកអ្នកនឹងឃើញលទ្ធផលដូចក្នុងតារាងទី12-1 ខាងលើ។

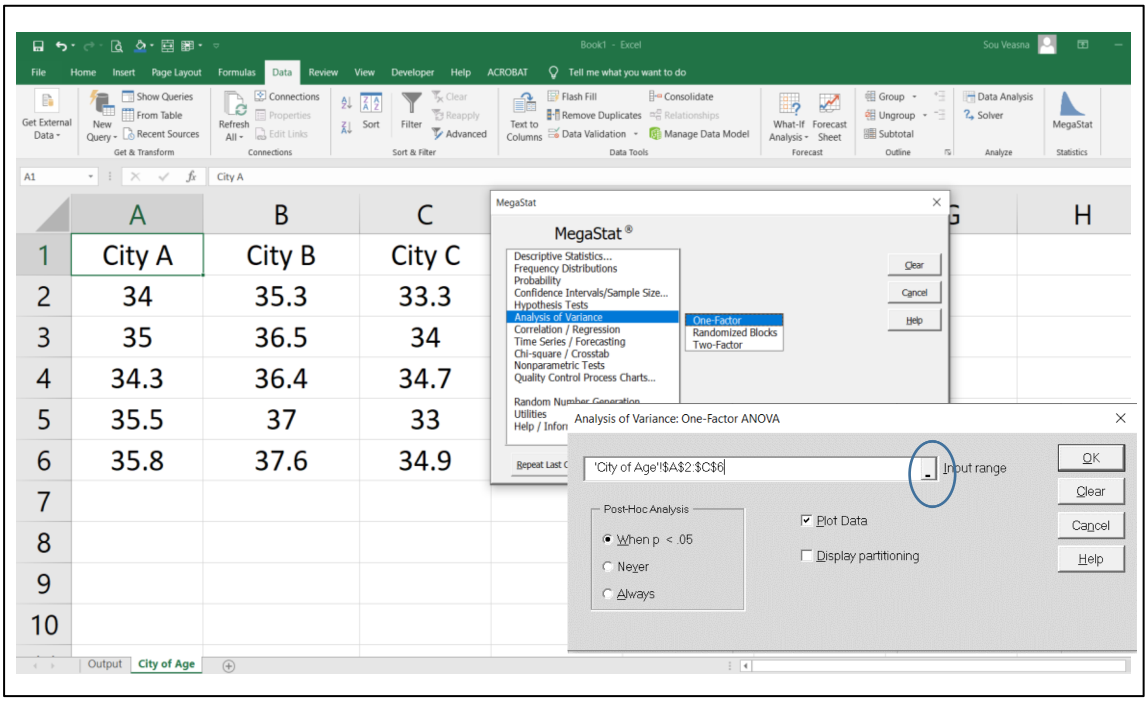


ដ្យាក្រាម១២.៣. ការបង្ហាញពីរបៀបនៃការគណនាតម្លៃរបស់ ANOVA តាមកម្មវិធី Minitab

2. **កម្មវិធី MegaSta**

ទី1៖ ត្រូវបញ្ចូលព័ត៌មានទទួលបានពីការស្ទាបស្ទង់មតិទៅក្នុងកម្មវិធីរបស់ EXCEL

ទី2៖ ចុចលើពាក្យ [Data] → ជ្រើសរើសយក [MegaSta] → កំណត់យក [Analysis of Variance] → ចុចយក [One Factor] → បន្ទាប់មកត្រូវជ្រើសរើសយកទិន្នន័យទាំងបីប្រភេទចូលទៅក្នុង [Input rage] ហើយមិនបាច់ធ្វើអ្វីទាំងអស់គ្រាន់តែចុច [OK] ជាការស្រេច។ ចំពោះលទ្ធផលនៃកម្មវិធីគឺបានបង្ហាញក្នុងតារាងទី12-2 ខាងលើ។



ដ្យាក្រាម១២.៤. ការបង្ហាញពីរបៀបនៃការគណនាតម្លៃរបស់ ANOVA តាមកម្មវិធី MegaSta

តារាង១២.៣A. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.005)

TABLE H The *F* Distribution

d.f.D.: degrees of freedom, denominator	$\alpha = 0.005$																
	d.f.N.: degrees of freedom, numerator																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60
1	16,211	20,000	21,615	22,500	23,056	23,437	23,715	23,925	24,091	24,224	24,426	24,630	24,836	24,940	25,044	25,148	25,253
2	198.5	199.0	199.2	199.2	199.3	199.3	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.5	199.5	199.5	199.5
3	55.55	49.80	47.47	46.19	45.39	44.84	44.43	44.13	43.88	43.69	43.39	43.08	42.78	42.62	42.47	42.31	42.15
4	31.33	26.28	24.26	23.15	22.46	21.97	21.62	21.35	21.14	20.97	20.70	20.44	20.17	20.03	19.89	19.75	19.61
5	22.78	18.31	16.53	15.56	14.94	14.51	14.20	13.96	13.77	13.62	13.38	13.15	12.90	12.78	12.66	12.53	12.40
6	18.63	14.54	12.92	12.03	11.46	11.07	10.79	10.57	10.39	10.25	10.03	9.81	9.59	9.47	9.36	9.24	9.12
7	16.24	12.40	10.88	10.05	9.52	9.16	8.89	8.68	8.51	8.38	8.18	7.97	7.75	7.65	7.53	7.42	7.31
8	14.69	11.04	9.60	8.81	8.30	7.95	7.69	7.50	7.34	7.21	7.01	6.81	6.61	6.50	6.40	6.29	6.18
9	13.61	10.11	8.72	7.96	7.47	7.13	6.88	6.69	6.54	6.42	6.23	6.03	5.83	5.73	5.62	5.52	5.41
10	12.83	9.43	8.08	7.34	6.87	6.54	6.30	6.12	5.97	5.85	5.66	5.47	5.27	5.17	5.07	4.97	4.86
11	12.23	8.91	7.60	6.88	6.42	6.10	5.86	5.68	5.54	5.42	5.24	5.05	4.86	4.76	4.65	4.55	4.44
12	11.75	8.51	7.23	6.52	6.07	5.76	5.52	5.35	5.20	5.09	4.91	4.72	4.53	4.43	4.33	4.23	4.12
13	11.37	8.19	6.93	6.23	5.79	5.48	5.25	5.08	4.94	4.82	4.64	4.46	4.27	4.17	4.07	3.97	3.87
14	11.06	7.92	6.68	6.00	5.56	5.26	5.03	4.86	4.72	4.60	4.43	4.25	4.06	3.96	3.86	3.76	3.66
15	10.80	7.70	6.48	5.80	5.37	5.07	4.85	4.67	4.54	4.42	4.25	4.07	3.88	3.79	3.69	3.58	3.48
16	10.58	7.51	6.30	5.64	5.21	4.91	4.69	4.52	4.38	4.27	4.10	3.92	3.73	3.64	3.54	3.44	3.33
17	10.38	7.35	6.16	5.50	5.07	4.78	4.56	4.39	4.25	4.14	3.97	3.79	3.61	3.51	3.41	3.31	3.21
18	10.22	7.21	6.03	5.37	4.96	4.66	4.44	4.28	4.14	4.03	3.86	3.68	3.50	3.40	3.30	3.20	3.10
19	10.07	7.09	5.92	5.27	4.85	4.56	4.34	4.18	4.04	3.93	3.76	3.59	3.40	3.31	3.21	3.11	3.00
20	9.94	6.99	5.82	5.17	4.76	4.47	4.26	4.09	3.96	3.85	3.68	3.50	3.32	3.22	3.12	3.02	2.92
21	9.83	6.89	5.73	5.09	4.68	4.39	4.18	4.01	3.88	3.77	3.60	3.43	3.24	3.15	3.05	2.95	2.84
22	9.73	6.81	5.65	5.02	4.61	4.32	4.11	3.94	3.81	3.70	3.54	3.36	3.18	3.08	2.98	2.88	2.77
23	9.63	6.73	5.58	4.95	4.54	4.26	4.05	3.88	3.75	3.64	3.47	3.30	3.12	3.02	2.92	2.82	2.71
24	9.55	6.66	5.52	4.89	4.49	4.20	3.99	3.83	3.69	3.59	3.42	3.25	3.06	2.97	2.87	2.77	2.66
25	9.48	6.60	5.46	4.84	4.43	4.15	3.94	3.78	3.64	3.54	3.37	3.20	3.01	2.92	2.82	2.72	2.61
26	9.41	6.54	5.41	4.79	4.38	4.10	3.89	3.73	3.60	3.49	3.33	3.15	2.97	2.87	2.77	2.67	2.56
27	9.34	6.49	5.36	4.74	4.34	4.06	3.85	3.69	3.56	3.45	3.28	3.11	2.93	2.83	2.73	2.63	2.52
28	9.28	6.44	5.32	4.70	4.30	4.02	3.81	3.65	3.52	3.41	3.25	3.07	2.89	2.79	2.69	2.59	2.48
29	9.23	6.40	5.28	4.66	4.26	3.98	3.77	3.61	3.48	3.38	3.21	3.04	2.86	2.76	2.66	2.56	2.45
30	9.18	6.35	5.24	4.62	4.23	3.95	3.74	3.58	3.45	3.34	3.18	3.01	2.82	2.73	2.63	2.52	2.42
40	8.83	6.07	4.98	4.37	3.99	3.71	3.51	3.35	3.22	3.12	2.95	2.78	2.60	2.50	2.40	2.30	2.18
60	8.49	5.79	4.73	4.14	3.76	3.49	3.29	3.13	3.01	2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 783)

តារាង១២.៣B. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.01)

TABLE H *(continued)*

d.f.D.: degrees of freedom, denominator	α = 0.01																
	d.f.N.: degrees of freedom, numerator																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60
1	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 784)

តារាង១២.៣C. Critical Values of the F-Distribution (α = .025)

TABLE H *(continued)*

d.f.D.: degrees of freedom, denominator	α = 0.025																
	d.f.N.: degrees of freedom, numerator																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	1001	1006	1010
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 785)

តារាង១២.៣D. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.05)

TABLE H *(continued)*

d.f.D.: degrees of freedom, denominator	$\alpha = 0.05$																
	d.f.N.: degrees of freedom, numerator																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 786)

តារាង១២.៣E. Critical Values of the F-Distribution (α = 0.10)

TABLE H *(concluded)*

d.f.D.: degrees of freedom, denominator	α = 0.10																
	d.f.N.: degrees of freedom, numerator																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.53	62.79
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40

ប្រភព៖ Bluman (2018, p. 787)

៦. **អាណូវ៉ាទ្វេរបៀប** (Two-Way ANOVA)

អថេរចម្លើយជាច្រើនត្រូវទទួលរងនូវឥទ្ធិពលពីកត្តាច្រើនជាងមួយ។ ដោយសារតែបញ្ហានេះ យើងត្រូវធ្វើពិសោធន៍ជាញឹកញាប់ ដែលសិក្សាពីផលប៉ះពាល់នៃកត្តាជាច្រើនទៅលើអថេរចម្លើយ។ ការសិក្សាពិចារណាទៅលើផលប៉ះពាល់នៃកត្តាពីរទៅលើអថេរចម្លើយមួយត្រូវបានគេហៅថា "អាណូវ៉ាពីររបៀប (two-way ANOVA)" (B. L. Bowerman et al., 2019)។ ANOVA គឺជាការវាយតម្លៃពីសារៈសំខាន់រវាងតម្លៃរបស់មធ្យមនៃអថេរឯករាជ្យដែលមានចាប់បីក្រុមឡើងទៅ (Hair et al., 2018)។ ជាទូទៅ សម្រាប់ការធ្វើតេស្ត t-test មានប្រយោជន៍សម្រាប់ការពិនិត្យមើលភាពខុសគ្នារវាងពីរក្រុម ឬក្រុមអថេរទាំងពីរ ដោយប្រើទិន្នន័យពីគំរូចៃដន្យ ហើយសន្មតថា តម្លៃនីមួយៗមានលក្ខណៈឯករាជ្យពីគ្នា។ សម្រាប់ការសិក្សាតាមបែបវិទ្យាសាស្ត្រពិតក្តី វិទ្យាសាស្ត្រសង្គមក្តី បើអ្នកស្រាវជ្រាវអាចចង់អង្កេតភាពខុសគ្នារវាងក្រុមចាប់ពីបីក្រុមឡើងទៅក្បួន ANOVA គឺជាមធ្យោបាយល្អមួយសម្រាប់ដោះស្រាយនូវបញ្ហានេះ ព្រោះការវិភាគតាម ANOVA នេះត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់វិភាគនៅពេលដែលចំនួនក្រុមមានចាប់ពីបីឡើងទៅ។ ការវិភាគតាមអាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA) ត្រូវបានប្រើដើម្បីប៉ាន់ស្មានផលប៉ះពាល់នៃអ

ថេរឯករាជ្យពីរទៅលើអថេរតែមួយនៃអថេរចម្លើយ ឬអថេរមិនឯករាជ្យ។ សម្រាប់ការវិភាគតាមអាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA) អ្នកស្រាវជ្រាវតម្រូវឱ្យមានអថេរឯករាជ្យពីរ ដែលមានសំណុំទិន្នន័យជាថ្នាក់ (Categorial data ឬ norminal data) ដូចជា ភេទ និង ក្រុមអាយុជាដើម និងត្រូវមានអថេរមិនឯករាជ្យ (ដែលមានសំណុំទិន្នន័យជាអថេរមិនឯករាជ្យជាប់ (Continuous data) ឬជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (interval scale) (L. Cohen, Manion, & Morrison, 2018)។

ចំពោះការវិភាគទិន្នន័យប្រភេទនេះ យើងត្រូវប្រើកម្មវិធី Software ដើម្បីតេស្តសម្មតិកម្មដែលមានភាពខុសគ្នារបស់អថេរឯករជ្យពីរក្រុមទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យតែមួយ។ ក្នុងមេរៀននេះ កម្មវិធី SPSS 25 ត្រូវបានយកមកប្រើសម្រាប់គណនានូវលទ្ធផលរបស់ Two-way ANOVA។

ឧទាហរណ៍ទី2៖ ក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនាឆ្នាំ2019 មានការស្ទាបស្ទង់មតិបុគ្គលិកដែលកំពុងបម្រើការងារក្នុងស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុប្រចាំខេត្តបាត់ដំបង។ ទិន្នន័យនេះត្រូវបានប្រមូលពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរ ចំនួន 264នាក់ មកពីស្ថាប័ន្ទមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុចំនួន 8 ផ្សេងគ្នា។ គោលបំណងនៃការសិក្សានេះគឺចង់វាស់ពីគោលការណ៍នៃការគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្សដោយផ្តោតទៅលើគោលការនៃការថែរក្សាបុគ្គលិក។ ដើម្បីងាយស្រួលសម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យ ការសិក្សានេះបានកំណត់ក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវមួយដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១២-៥។ រីឯកម្រិតជឿជាក់ (Confident Interaval) នៃការតេស្តសម្មតិកម្មនេះត្រូវបានកំណត់យកត្រឹម 95%។

ជាបែបផែនការងារល្អ ការសិក្សានេះបានកំណត់នូវខ្នាតរង្វាស់របស់អថេរនីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

1. **អថេរឯរាជ្យ** (Independent variables)៖

   ការសិក្សានេះបានកំណត់អថេរឯករាជ្យពីរគឺការវាយតម្លៃលើការអនុវត្តការងារ "Performance Evaluation" និងការពេញចិត្តលើការងារ "Job Sataisfaction"។ អថេរទាំងពីរនេះត្រូវបានប្រើមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale ឬ Continuous data) ដែលមានពិន្ទុពី 0 ទាបបំផុត និងដល់ 1 ខ្ពស់បំផុត។

2. **អថេរមិនឯករាជ្យ** (Dependent variables)៖

   ការសិក្សាបានកំណត់យកអថេរមិនឯករាជ្យមួយគឺការថែរក្សាការងារ "Job Retention" ត្រូវបានកំណត់ខ្នាតរង្វាស់ពីរគឺ៖ 0 = នឹងចាកចេញពីក្រុមហ៊ុន (Left) និង 1 = នឹងត្រូវបានបន្តការងារ (Employed)។ ករណីនេះ អថេរមិនឯករាជ្យត្រូវបានប្រើប្រភេទនិន្នន័យជាថ្នាក់ (Catorical data)។

3. **អថេរត្រួតពិនិត្យ** (Control variables)៖

   តើហេតុអ្វីបានជាកាសិក្សានេះយកអថេរត្រួតពិនិត្យមកសិក្សា? ចម្លើយគឺបុគ្គលិកពេញចិត្តលើការងារ ពេញចិត្តលើការវាយតម្លៃ និងមានបំណង់បន្តការងារជាមួយក្រុមហ៊ុនណាទៅមុខទៀតគឺអាចអាស្រ័យលើកត្តាមួយចំនួនដូចខាងក្រោមដែលជះឥទ្ធិពលដល់ការសម្រេចចិត្តផងដែរ៖

   - **ភេទ** (Age)

   ចំពោះភេទគឺត្រូវបានកំណត់ទិន្នន័យជា2ថ្នាក់៖ 1 = Female និង 2= Male

- **អាយុ (Age)**

  ចំពោះអាយុគឺត្រូវបានកំណត់ទិន្នន័យជា 5 ថ្នាក់៖ 1 = [25-30], 2 = [31-35], 3 = [36-40], 4 = [41-45] និង 5 = លើ 45 ឆ្នាំ។

- **ប្រាក់បៀវត្សន៍ (Salary)**

  ចំពោះប្រាក់បៀវត្សន៍គឺទិន្នន័យត្រូវបានបែងចែកជា 3 ថ្នាក់៖ 1 = ទាប, 2 = មធ្យម, និង 3 = ខ្ពស់។

- **រយៈពេលបទពិសោធន៍ការងារ (Job Tenure)**

  បទពិសោធការងារគឺត្រូវបានប្រើជាទិន្នន័យជាប់ (Continuous data) ពីព្រោះអាស្រ័យលើបទពិសោធការងារដែលពួកគាត់បាន នឹងកំពុងបម្រើការងារដែលអាចមានចាប់ពី 1ឆ្នាំ រហូតដល់ 10ឆ្នាំ ជាដើម។

ជាទូទៅអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវចាំថា អថេរត្រួតពិនិត្យ (Control variables)គឺដើរតួនាទីជាអថេរឯករាជ្យសម្រាប់ពន្យល់ និងព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យផងដែរ។ ការប្រើអថេរត្រួតពិនិត្យ (Control variables) នេះគឺអាស្រ័យលើប្រធានបទ និងគោលបំណងជាក់ស្តែងនៃការស្រាវជ្រាវ គឺមិនមែនសុទ្ធតែចំបាច់ត្រូវតែរៀបចំនូវអថេរត្រួតពិនិត្យ (Control variables) នោះទេ។

ខាងក្រោមនេះគឺជាជំហាននៃការគណនារកលទ្ធផលតាមអាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA)៖

1. **ជំហានទី1៖ ត្រូវបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS**

   ការសិក្សានេះបានធ្វើការកូដទិន្នន័យនិងបានបញ្ចូលរួចរាល់ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី14-6។

2. **ជំហានទី2៖ អាចប្រើសាំងតាក់ (Syntax)**

```
UNIANOVA Job_Retention BY Gender Salary Age
 /METHOD=SSTYPE(3)
  /INTERCEPT=INCLUDE
  /POSTHOC=Salary(TUKEY DUNCAN)
  /PRINT ETASQ DESCRIPTIVE HOMOGENEITY
  /CRITERIA=ALPHA(.05)
  /DESIGN=Gender Salary Age Gender*Salary Gender*Age Salary*Age
Gender*Salary*Age..
```

អ្នកអាចប្រើ Syntax ជំនួសជំហានទី3 គ្រាន់តែអ្នកធ្វើតាមព័ត៌មានខាងលើដោយបង្កើតក្នុងមុខងារសាងតាក់ (Syntax) របស់ SPSS ឬអនុវត្តតាមជំហានលម្អិតនីមួយៗខាងក្រោមក៏បាន។

3. ជំហានទី3៖ ជំហានលម្អិតនីមួយៗ

អ្នកត្រូវធ្វើតាមជំហាននីមួយៗដើម្បីឱ្យទទួលបានលទ្ធផលអាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA) ស្របតាមគោលបំណងនិងក្របខណ្ឌនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវនៃការស្រាវជ្រាវផងដែរ៖

- ជ្រើសរើសពាក្យ [Analysis] → ចុចលើ [General Linear Model] → ចុចលើ [Univariate...] (មើលដ្យាក្រាមទី12-6)។
- បន្ទាប់មកត្រូវជ្រើសរើសអថេរ ទៅតាមមុខងាររបស់វាដូចជា៖ ជ្រើសរើយកអថេរមិនឯករាជ្យ "Job Retention" ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Dependent Variable] ហើយអថេររបស់ "Gender" "Age" និង "Salary" ត្រូវជ្រើសរើសបញ្ចូលក្នុងប្រអប់របស់ ["Fixed Factor(s)"] → [Post Hoc ...] → បញ្ចូល [Salary] ចូលក្នុងប្រអប់ [Post Hoc tests for:] → ចុចពាក្យ [Continue] → បន្ទាប់មកជ្រើសរើសយក [Option] → ជ្រើររើសយក [Tukey] និង [Ducan] → ចុចពាក្យ [Continue] → ហើយចុច [OK] (មើលរូបភាពទី12-7) បន្ទាប់មកលទ្ធផលបង្ហាញក្នុងជំហានទី4 និងតារាងទី12-4។

4. ជំហានទី4៖ ការបង្ហាញ និងបកស្រាយលទ្ធផល

លទ្ធផលបង្ហាញថា មានស្ត្រីចំនួន137នាក់ និងបុរសចំនួន127នាក់បានចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ។ អ្នកអាយុចាប់ពី 25-30ឆ្នាំមានចំនួន24នាក់។ អ្នកមានអាយុពី 31-35ឆ្នាំមានចំនួន71នាក់។ អ្នកមានអាយុពី 35-40ឆ្នាំមានចំនួន80នាក់។ អ្នកមានអាយុពី41-45ឆ្នាំមានចំនួន 53នាក់ និង អាយុលើសពី45ឆ្នាំមានចំនួន36នាក់។ ចំណែកឯកម្រិតប្រាក់បៀវត្សន៍វិញគឺ អ្នកទទួលបានកម្រិតប្រាប់ខែទាបមាន148នាក់ អ្នកទទួលបានប្រាក់ខែកម្រិតមធ្យមមាន100នាក់ និងអ្នកទទួលបានកម្រិតប្រាក់ខែខ្ពស់គឺមានត្រឹមតែ16នាក់ប៉ុណ្ណោះ។

តារាងរបស់ "Levene's Test of Equality Error Variance" បានបង្ហាញថា "អថេរការរក្សាការងារ (Job Rention)" គឺមានកម្រិតសារៈសំខាន់នៃតម្លៃរបស់ p-value = 0.000 (significant level of p-value = 0.000)។ នេះបានន័យថា នៅពេលដែលតម្លៃ p-value $< \alpha =$ 0.05 នោះសមតិកម្មទទេ H_0 ត្រូវបានបដិសេដ ហើយសម្មតិកម្ម H_a ត្រូវបានទទួលយក។

ចំពោះការទទួលយកសម្មតិកម្ម H_a នៅក្នុងតារាងលទ្ធផលរបស់ "Test of Between-Subject Effects" បានបង្ហាញថា ក្នុងចំណោមអថេរឯករាជ្យទាំងអស់មានតែអថេររបស់ "Salary" តែមួយទេ ដែលមានទំនាក់ទំនងពិតប្រាកដជាមួយ "Job Retention" ក្នុងកម្រិតសារៈសំខាន់ p-value = 0.030 < 0.05 និង F-value = 3.549 ផងដែរ។ ក្រៅពីអថេរនេះដូចជា "Age" និង"Gender" គឺមិនមានទំនាក់ទំនងពិតប្រាកដសម្រាប់ព្យាករលើអថេរមិនឯរាជ្យ "ការរក្សាកាងារ (Job Rention)" ឡើយ ដែលតម្លៃ p-value > 0.05។

តារាង១២.៤. លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍លើការថែរក្សាបុគ្គលិករបស់ Two-way ANOVA

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Gender	1.00	Male	127
	2.00	Female	137
Salary	1.00	Low	148
	2.00	Medium	100
	3.00	High	16
Age	1.00	[25-30 Years]	24
	2.00	[31-35 Years]	71
	3.00	[35-40 Years]	80
	4.00	[41-45 Years]	53
	5.00	Over 45 Years	36

Levene's Test of Equality of Error Variances[a,b]

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Job_Retention	Based on Mean	4.572	24	235	.000
	Based on Median	.908	24	235	.592
	Based on Median and with adjusted df	.908	24	205.841	.592
	Based on trimmed mean	4.167	24	235	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Job_Retention

b. Design: Intercept + Gender + Salary + Age + Gender * Salary + Gender * Age + Salary * Age + Gender * Salary * Age

Tests of Between-Subjects Effects

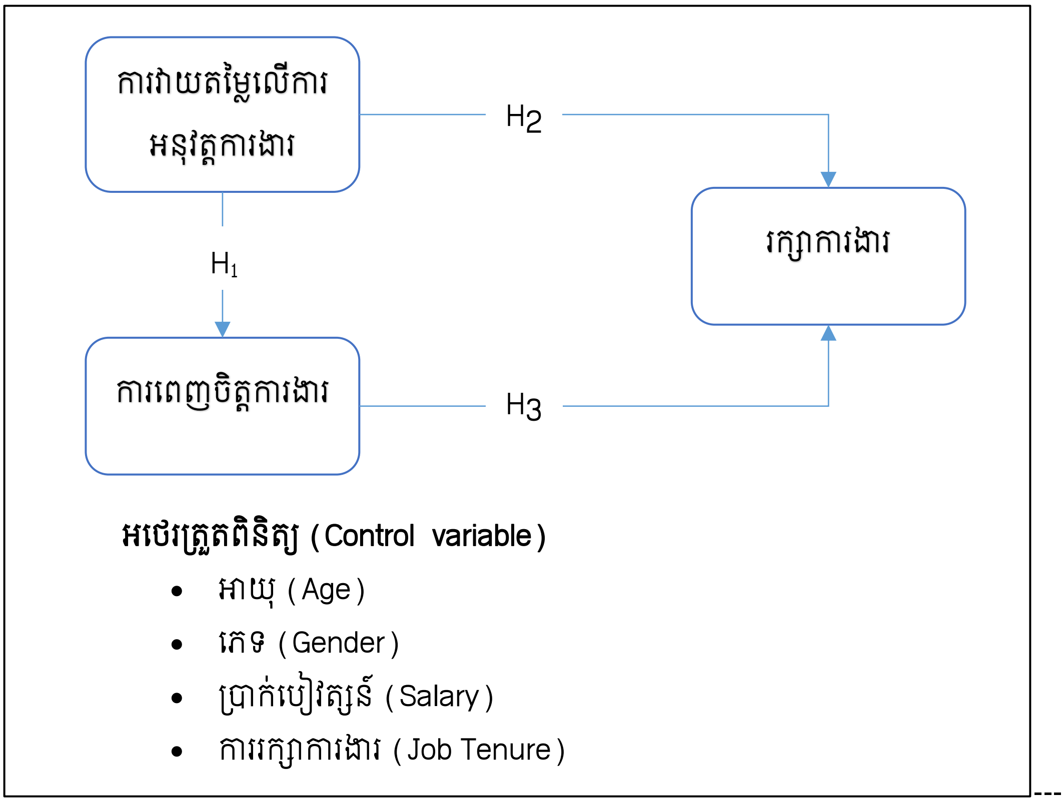
Dependent Variable: Job_Retention

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5.331[a]	28	.190	.991	.483	.106
Intercept	55.620	1	55.620	289.473	.000	.552
Gender	.170	1	.170	.886	.347	.004
Salary	1.364	2	.682	3.549	.030	.029
Age	.407	4	.102	.530	.714	.009
Gender * Salary	.038	2	.019	.099	.906	.001
Gender * Age	.488	4	.122	.635	.638	.011
Salary * Age	.278	8	.035	.181	.993	.006
Gender * Salary * Age	.358	7	.051	.267	.966	.008
Error	45.154	235	.192			
Total	196.000	264				
Corrected Total	50.485	263				

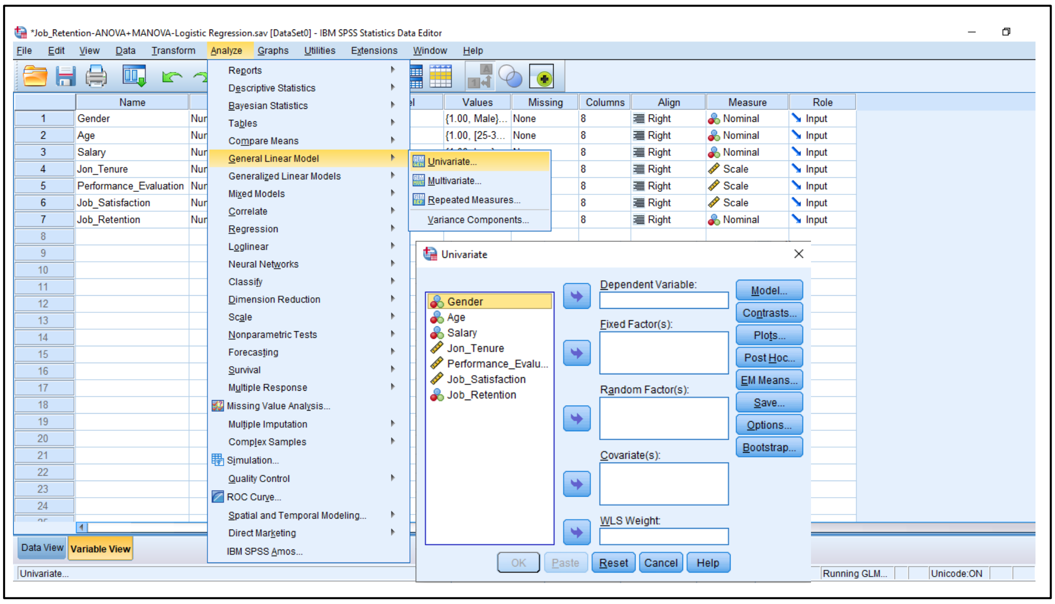
a. R Squared = .106 (Adjusted R Squared = -.001)

5. ជំហានទី5៖ ការសន្និដ្ឋាន

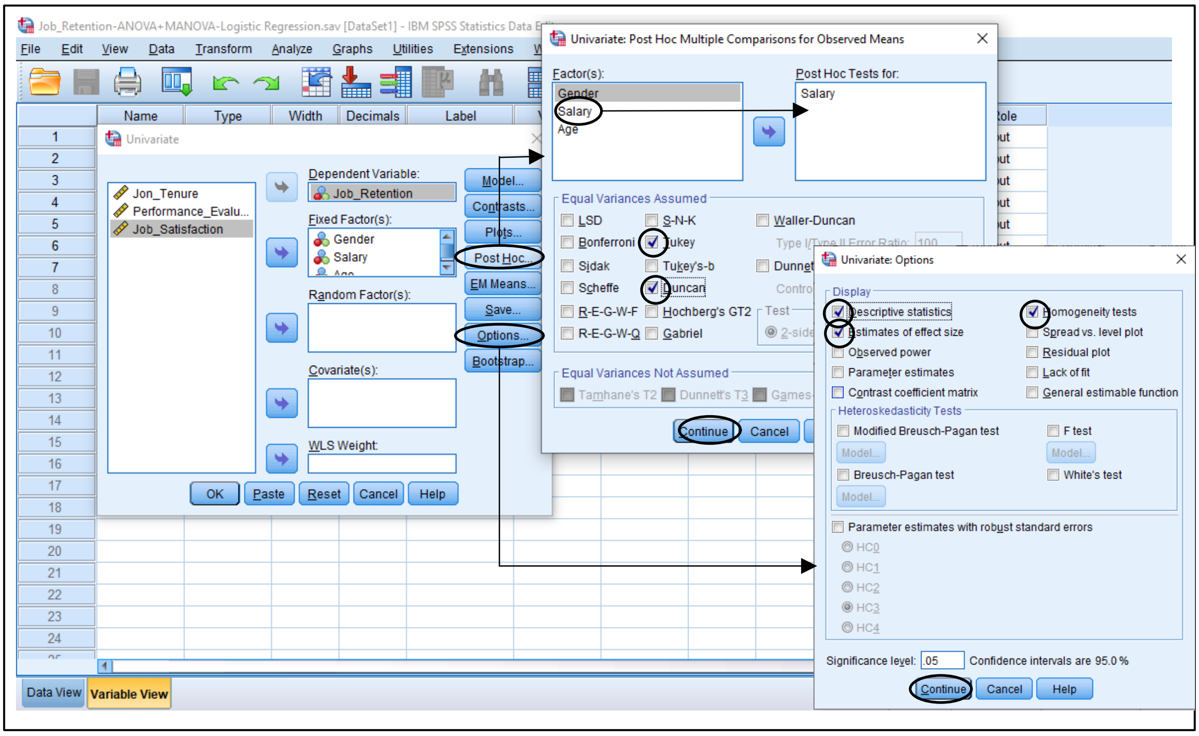
តាមនីតិវិធីនៃការវិភាគតាមអាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA) ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះចង់ដឹងថា តើអថេរ "អាយុ (Age)" "ភេទ (Gender)" និង "ប្រាក់បៀវត្សន៍ (Slary)" ពិតជាមានឥទ្ធិពលដល់ការសម្រេចចិត្តលើគោលការណ៍នៃការថែរក្សាការងារដែរឬទេ? ពីព្រោះភេទ អាយុ និងប្រាក់ខែ មានទំនាក់ទំនងទៅវិញទៅមកលើការសម្រេចចិត្តរបស់បុគ្គលិកក្នុងការបន្តការងារ ឬឈប់បម្រើការងារនៅក្នុងស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុទាំងនោះ។ ក៏ប៉ុន្តែលទ្ធផលនៃការសិក្សានេះបានបង្ហាញថា មានអថេរឯករាជ្យ "Salary" តែមួយគត់ដែលពិតជាមានផលប៉ះពាល់ដល់ការសម្រេចចាកចេញពី ឬបន្តធ្វើការជាមួយស្ថាប័នក្នុងចំណោមស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុទាំង 8 នៅខេត្តបាត់ដំបង។ ជាអនុសាសន៍ ស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុគួររៀបចំគោលនយោបាយនៃការថែរក្សាការងារ ក៏ដូចជាគោលការណ៍ថែរក្សាបុគ្គលិកឱ្យនៅធ្វើការជាមួយស្ថាប័នបានយូរអង្វែងផងដែរ។ លទ្ធផលនេះបានសង្កត់ធ្ងន់ថា ប្រើសិនបើបុគ្គលិកមានប្រាក់ខែកាន់តែខ្ពស់ ពួកគាត់នឹងមានបំណងបន្តធ្វើការជាមួយស្ថាប័នបានយូរអង្វែង។ ចំពោះអថេរ "ភេទ" និង "អាយុ" មិនមែនជាបញ្ហាចម្បងសម្រាប់ការនៅបន្តធ្វើការជាមួយស្ថាប័នតទៅទៀត ឬឈប់ពីការងារនោះទេ។



ដ្យាក្រាម១២.៥. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវនៃការថែរក្សាបុគ្គលិក



ដ្យាក្រាម១២.៦. ជំហានទីមួយរបស់អាណូវ៉ាពីរវិធី two-way ANOVA



ដ្យាក្រាម១២.៧. ជំហានទីមួយរបស់ two-way ANOVA

៧. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

សម្រាប់ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មគឺមានវិធីសាស្ត្រ និងមធ្យោបាយច្រើនយ៉ាងអាស្រ័យលើក្របខណ្ឌ និងគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវផងដែរ។ ដូច្នេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំឱ្យបានរួចរាល់នូវឧបករណ៍ និងបច្ចេកទេសសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យឱ្យបានច្បាស់លាស់ទៅតាមគោលបំណង និងក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវ។ បើមិនដូច្នោះទេ អ្នកអាចនឹងជួបបញ្ហាប្រឈមក្នុងការវិភាគទិន្នន័យក៏ដូចជាការទទួលបាននូវលទ្ធផលស្រាវជ្រាវមិនល្អ ឬគ្មានកម្រិតជឿជាក់ក៏ថាបាន។ ក្រៅពីការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ t-test, និងឆាយស្កែរ Chi-squre test, អាណូវ៉ាឯកវិធី

(one-way ANOVA) ឬ អាណូវ៉ាពីរវិធី (two-way ANOVA) គឺជាជម្រើសឧបករណ៍ស្ថិតិដ៏ល្អបំផុតក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដើម្បីអង្កេតទិន្នន័យដែលមានលក្ខណៈខុសគ្នាចាប់ពីបីក្រុមឡើងទៅ។ ជារួម មេរៀននេះផ្តោតលើការរៀនប្រើកម្មវិធីកុំព្យូទ័រ (programing learning based) ច្រើនជាងការរៀនតាមវិធីសាស្ត្របូរាណដោយគណនារកចម្លើយដោយដៃ ឬប្រើរូបមន្ត។

ការទាញរកសេចក្តីសន្និដ្ឋានសម្រាប់អាណូវ៉ា (ANOVA) តម្រូវឱ្យយើងចង្អុលបង្ហាញពីតម្លៃនៃ F, និងកម្រិតនៃភាពសេរី (degree of freedom) និងកម្រិតនៃសារៈសំខាន់គឺតម្លៃ p-value (Significant level of p-value) ដែលអាស្រ័យលើអ្នកស្រាវជ្រាវជាអ្នកកំណត់កម្រិតនៃការជឿជាក់ (Confident interval)។ កម្រិតសារៈសំខាន់នៃអាណូវ៉ា (Significant of ANOVA) គួរតែត្រូវបានអនុវត្តតាមលទ្ធផលនៃការវិភាគរបស់ Post Hoc។

មេរៀនទី១៣ ការវិភាគបម្រែបម្រួលពហុអថេរតាមម៉ាណូវ៉ា

ការវិភាគបម្រែបម្រួលពហុអថេរតាមម៉ាណូវ៉ា (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ឬ "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" គឺជាកម្មវិធីដែលពង្រីកបន្ថែមពីកម្មវិធីអាណូវ៉ា។ "ម៉ាណូវ៉ា" មានបច្ចេកទេសចម្រុះសម្រាប់ព្យាកររវាងពហុអថេរឯករាជ្យមកលើពហុអថេរមិនឯករាជ្យ។ តាមកម្មវិធីនេះ គេអាចធ្វើតេស្តយ៉ាងសំខាន់ដើម្បីឱ្យដឹងថា តើអថេរក្រុមឯករាជ្យអាចពន្យល់ជំណាលគ្នាអំពីចំនួនស្ថិតិយ៉ាងជាក់លាក់នៃអថេរមិនឯករាជ្យណាដែលប្រែប្រួល។ "ម៉ាណូវ៉ា" ត្រូវបានសន្មតថាជាប្រភេទអថេរឯករាជ្យដែលមានឥទ្ធិពលលើអថេរមិនឯករាជ្យដែលប្រើមាត្រដ្ឋានជាប់បន្តគ្នា (Continuous scale) ឬមាត្រដ្ឋានថ្នាក់ (Categorical scale)។ "ម៉ាណូវ៉ា" ត្រូវបានអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវយកមកប្រើក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមរយៈការធ្វើពិសោធ។ "ម៉ាណូវ៉ា" ត្រូវបានអ្នកស្រាវជ្រាវយកមកប្រើចំពោះប្រធានបទនិងគោលបំណងនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវដែលមានលក្ខណៈស្មុគស្មាញ និងសិក្សាប្រៀបធៀបរវាងអថេរចាប់ពីពីរក្រុមឡើងទៅ ដែលអថេរទាំងនោះជាប្រភេទថ្នាក់ឬមិនមែនជាប្រភេទមេទ្រិក។ អ្នកសិក្សាអាចធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយផ្អែកលើអថេរឯករាជ្យចាប់ពីពីរឡើងទៅ ដើម្បីព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យពីរ ឬច្រើនក្នុងពេលតែមួយដូចគ្នា។

១. សេចក្តីផ្តើម

ការវិភាគបម្រែបម្រួលពហុអថេរ (Multivariate Analysis of Variance) ហៅកាត់ថា "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)"។ ការវិភាគម៉ាណូវ៉ានេះគឺជាផ្នែកបន្ថែមនៃការវិភាគ "អាណូវ៉ា (ANOVA)" ដែលមានអថេរមិនឯករាជ្យលើសពីមួយ។ "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" គឺជាវិធីមិនឯករាជ្យសម្រាប់វាស់ភាពខុសគ្នាចំពោះអថេរមិនឯករាជ្យលើសពីមួយ ដែលសំណុំទិន្នន័យជាប្រភេទអថេរជាប់ (Continuous/metric data) ដោយផ្អែកលើក្រុមអថេរឯករាជ្យដែលជាប្រភេទថ្នាក់ ឬមិនមែនមេទ្រិក (Categorical/nonmetric) (Hair et al., 2018)។ "អាណូវ៉ា (ANOVA)" និង "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" អាចត្រូវបានបញ្ជាក់ដោយទម្រង់ទូទៅដូចខាងក្រោម៖

អាណូវ៉ា (ANOVA)	Y_1	=	$X_1 + X_2 + X_3 + \cdots + X_n$
(Analysis of Variance)	(Metric)		(Nonmetric)
ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)	$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \cdots + Y_n$	=	$X_1 + X_2 + +X_3 + \cdots + X_n$
(Multivariate Analysis of Variance)	(Metric)		(Nonmetric)

Y = អថេរមិនឯករាជ្យ ឬអថេរចម្លើយ (Dependent variables or response variables)

X = អថេរឯករាជ្យ (Independent variables)

ការវិភាគទិន្នន័យតាម "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" លុះត្រាតែសំណុំទិន្នន័យដែលជាអថេរមិនឯករាជ្យជាប្រភេទទិន្នន័យជាប់ឬមេទ្រិក (metric/continuous data) ហើយអាចត្រូវបានព្យាករចាប់ពីពីរឡើងទៅ។ រីឯអថេរឯករាជ្យគឺជាសំណុំទិន្នន័យប្រភេទថ្នាក់ឬមិនមែនមេទ្រិក (nonmetric/categorical data) ដែលជាអង្គសំខាន់

សម្រាប់ព្យាករលើអថេរមិនឯករាជ្យ។ "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" ត្រូវបានរៀបចំឡើងដើម្បីអង្កេតផលប៉ះពាល់នៃអថេរឯករាជ្យមួយលើអថេរមិនឯករាជ្យពីរ ឬច្រើនដែលជាប្រភេទទិន្នន័យជាប់ឬមេទ្រិក (L. M. Cohen, Lawrence & Morrison, 2018)។ "ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)" គឺជាឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យមួយដែលមានភាពស្មុគស្មាញខ្លាំង។ ដូច្នេះ អ្នកស្រាវជ្រាវគួរតែធ្វើការត្រួតពិនិត្យសុវត្ថិភាពដើម្បីធានាថា ទិន្នន័យដែលខ្លួនប្រមូលបានមានភាពសមស្របសម្រាប់ការវិភាគតាមវិធានស្ថិតិនេះ។ ដើម្បីឱ្យមានសុវត្ថិភាព អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពិនិត្យចំណុចមួយចំនួនដូចខាងក្រោមនេះ៖

- អថេរមិនឯករាជ្យគឺទិន្នន័យជាប៉ារ៉ាម៉ែតជាប់ (continuous parametric data for dependent variables)
- អថេរឯករាជ្យគឺទិន្នន័យជាថ្នាក់ដែលមានតម្លៃពីរឬច្រើន (independent variables are categorical, with two or more values)
- ក្រុមទិន្នន័យត្រូវមានភាពឯករាជ្យរវាងគ្នា (groups are independent of each other)
- ការជ្រើសរើសសំណាកដោយចៃដន្យ (random sampling)
- ការធ្វើបាយណ័រម៉ាល់នៃទិន្នន័យ (normal distribution of the data)
- ទិន្នន័យគ្មានភាពលំអៀង (no outliers)
- ទំនាក់ទំនង**លីនេអ៊ែរ**រវាងគូនីមួយៗនៃអថេរមិនឯករាជ្យ (a linear relationship between each pair of dependent variables)
- ភាពដូចគ្នា ឬ សមភាពនៃបម្រែបម្រួល (ទោះបីជានៅទីនេះ យើងអាចប្រើតេស្ត Levene ដើម្បីកំណត់បញ្ហា និងប្រើ SPSS ដើម្បីធ្វើតេស្តតាមលោក Brown-Forsythe និង Welch ដើម្បីជម្នះបញ្ហាទាំងអស់នេះក៏ដោយ។

២. មុខងារម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)

ការជ្រើសរើសម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) គឺអាស្រ័យលើការសម្រេចចិត្តរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវផ្ទាល់ដើម្បីវិភាគទំនាក់ទំនងរវាងអថេរមិនឯករាជ្យដែលមានភាពខុសគ្នានៃសំណុំទិន្នន័យជាអថេរតភ្ជាប់ពីរ ឬច្រើនដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយការព្យាករពីអថេរឯករាជ្យមួយឬច្រើនក្នុងពេលតែមួយ។ ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) គឺជាឧបករណ៍វិភាគដ៏មានឥទ្ធិពលមួយដែលសមស្របចំពោះសំណួរស្រាវជ្រាវជាច្រើន។ វាមានភាពបត់បែនដើម្បីឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវជ្រើសរើសតេស្តស្ថិតិដែលសមស្របបំផុតសម្រាប់សំណួរស្រាវជ្រាវដែលមានលក្ខណៈស្មុគស្មាញ។ សរុបសេចក្តីមក អ្នកស្រាវជ្រាវគួរតែវាយតម្លៃគ្រប់ផ្នែកនៃសំណួរស្រាវជ្រាវដោយយកចិត្តទុកដាក់ហើយត្រូវប្រាកដថា ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) ត្រូវបានអនុវត្តតាមរបៀបត្រឹមត្រូវ និងមានឥទ្ធិពលបំផុត។ ផ្នែកខាងក្រោមនេះដោះស្រាយបញ្ហាជាច្រើនដែលជះឥទ្ធិពលដល់សុពលភាព និងភាពត្រឹមត្រូវរបស់ ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA)។ តែទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ វាជាទំនួលខុសត្រូវរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវក្នុងការប្រើប្រាស់វិធាននេះអោយបានត្រឹមត្រូវ (Hair et al., 2018)។ ដើម្បីវិភាគទិន្នន័យសម្រាប់ការពិសោធឱ្យមានប្រសិទ្ធភាពតាមរយៈការប្រើម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវពិចារណាដល់អនុសាសន៍មួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

- ការផ្តុំទិន្នន័យជាសែល (Cell) ឬ ជាបណ្តុំ (groups) បញ្ចូលគ្នារវាងអថេរឯករាជ្យ ដែលសំណុំទិន្នន័យជាថ្នាក់ក្នុងក្រុមមួយដូចជាកម្រិតប្រាក់ខែមាន 1- ទាប (Low), 2- មធ្យម (Medium) និង 3- ខ្ពស់ (High) និងអថេរឯករាជ្យដែលសំណុំទិន្នន័យជាថ្នាក់ក្នុងក្រុមមួយទៀតដូចជា ភេទ 1- ប្រុស និង 2- ស្រី ហើយដែលបានលទ្ធផលស្មើនឹង 3 x 2 = 6 សែល (Cells) ឬបណ្តុំ (Groups)។
- ទំហំសំណាកសម្រាប់ឬ បណ្តុំនីមួយៗត្រូវមាន៖
  - ទំហំសំណាកអប្បបរមាក្នុងមួយក្រុមត្រូវតែធំជាងចំនួនអថេរមិនឯករាជ្យ។
  - ទំហំសែល (Cell) ឬបណ្តុំនីមួយៗត្រូវមានយ៉ាងតិច 20 ករណីសម្រាប់ធ្វើការសង្កេត។
  - អ្នកស្រាវជ្រាវគួរព្យាយាមជ្រើសរើសសំណាកឱ្យបានទំហំសែល (Cell) ឬបណ្តុំនីមួយៗប្រហាក់ប្រហែលគ្នា។
  - អថេរឯករាជ្យ និងអថេររារាំងគឺជាវិធីដ៏មានប្រសិទ្ធិភាពសម្រាប់គ្រប់គ្រងការជះឥទ្ធិពលពីកត្តាខាងក្រៅទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យដោយប្រយោល។
  - ចំនួនអថេរឯករាជ្យ នៅក្នុងសំណាកមួយមិនត្រូវលើសពីមួយភាគដប់នៃទំហំសំណាក (0.10 x ទំហំសំណាក)។

ការធ្វើតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) គឺជាតេស្តដែលពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរមិនឯករាជ្យលើសពីមួយ។ ត្រង់នេះមានន័យថា ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) អាចធ្វើតេស្តចម្រុះទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យទាំងអស់ក្នុងពេលតែមួយ ជាពិសេស ពេលអ្នកមានអថេរមិនឯករាជ្យច្រើនដែលទាក់ទងគ្នាទៅវិញទៅមក។ អថេរមិនឯករាជ្យនីមួយៗត្រូវបានចាត់ទុកជារបាយណ៍រម៉ាល់ និងត្រូវមានខ្នាតរង្វាស់ជាមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval scales) ឬ មាត្រដ្ឋានផលធៀប (Ratio scales)។

៣. ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមម៉ាណូវ៉ា

ចំពោះទិន្នន័យសម្រាប់ធ្វើតេស្តតាមវិធីម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) គឺត្រូវរៀបចំជាក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវតាមឧទាហរណ៍ដូចខាងក្រោម៖

1. **អថេរឯករាជ្យ (Independent Variable)៖**

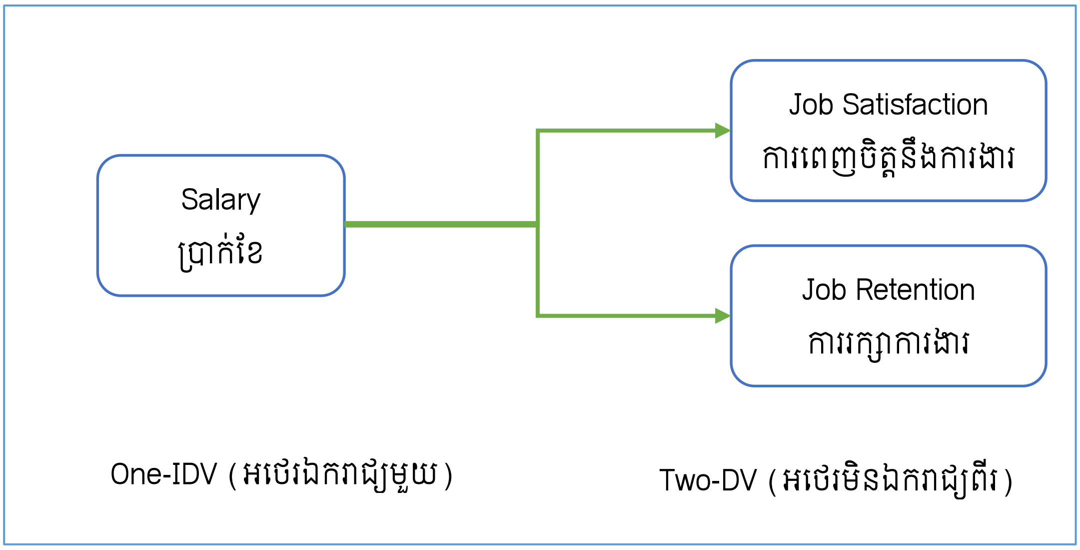
- ប្រាក់បៀវត្សន៍ (Salary)៖ ត្រូវបានកំណត់ជាអថេរឯករាជ្យ ដែលសំណុំទិន្នន័យត្រូវចែកជាបីថ្នាក់ (Categorical data/norminal data) គឺ 1- កម្រិតទាប (Low), 2- កម្រិតមធ្យម (Medium), និង 3- កម្រិតខ្ពស់(High)។
- រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)៖ ត្រូវបានកំណត់ជាអថេរឯករាជ្យដែលសំណុំទិន្នន័យត្រូវចែកជាបីថ្នាក់ (Categorical data/norminal data) គឺ 1- រយៈពេលខ្លី (1-3 Years) 2- រយៈពេលមធ្យម (4-6 years) និង 3- រយៈពេលវែង (6-10 years)។

2. **អថេរមិនឯករាជ្យ (Dependent Variables)៖**

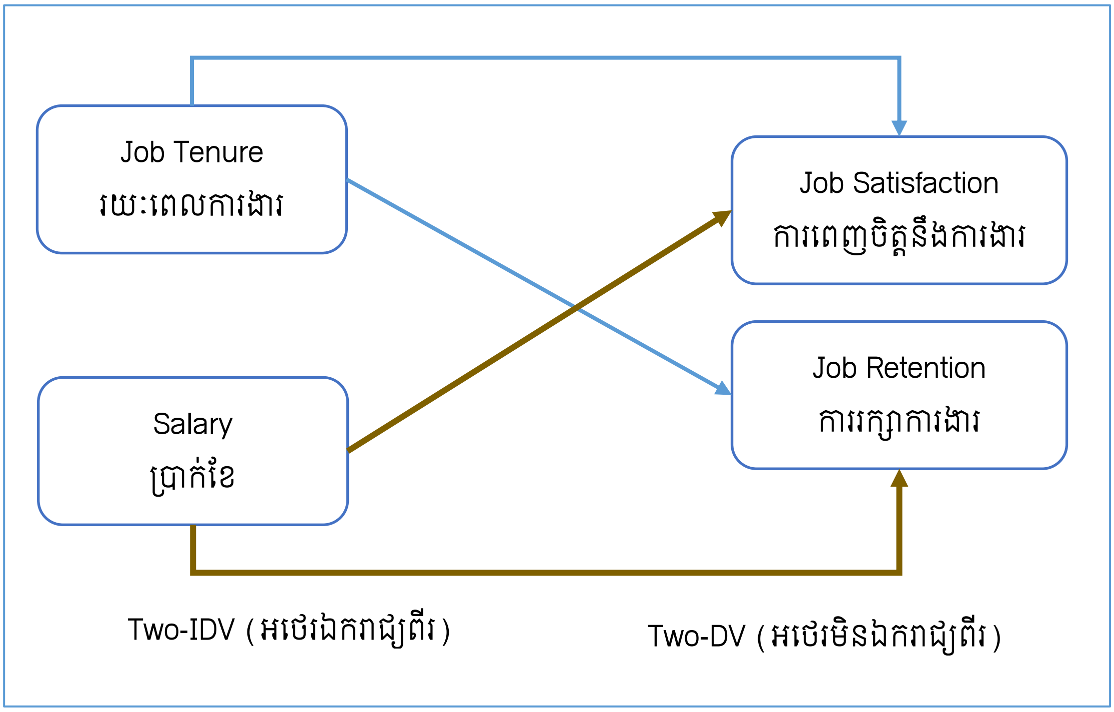
- ការសិក្សានេះបានកំណត់យកអថេរមិនឯករាជ្យចំនួនពីរគឺ ការរក្សាការងារ (Job Retention) និងការពេញចិត្តចំពោះការងារ (Job Sataisfaction)។ អថេរទាំងពីរនេះត្រូវបានវាស់ដោយប្រើមាត្រដ្ឋានចន្លោះ (Interval Scale) ដែលមានពិន្ទុពី 0 ទាបបំផុត និងដល់ 1 ខ្ពស់បំផុត។

ដូច្នេះ ការសិក្សានេះមានអថេរឯករាជ្យពីរ និងអថេរមិនឯករាជ្យពីរ ហើយអ្នកស្រាវជ្រាវមានបំណងប្រើអថេរឯករាជ្យ "ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)" និង "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)" ដើម្បីព្យាករទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យ "ការពេញចិត្តចំពោះការងារ (Job Sataisfaction)" និង "ការរក្សាការងារ (Job Retention)"។ ក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនៅឆ្នាំ2019 មានការស្ទាបស្ទង់មតិបុគ្គលិកចំនួន264នាក់ ដែលបាននិងកំពុងបម្រើការងារក្នុងស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុ ចំនួន8 ផ្សេងគ្នាប្រចាំខេត្តបាត់ដំបង។

ដើម្បីធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មសម្រាប់ការសិក្សាខាងលើនេះ យើងត្រូវបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS រួចហើយអនុវត្ត "ម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA)" និង "ម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-Way MANOVA)" ដែលនឹងត្រូវបានបង្ហាញក្នុងមេរៀននេះ។ យើងធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មទៅតាមលំនាំនៃក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវនីមួយៗដូចខាងក្រោម។



ដ្យាក្រាម១៣.១. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវតាម "ម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA)"



ដ្យាក្រាម១៣.២. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវតាម "ម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-Way MANOVA)"

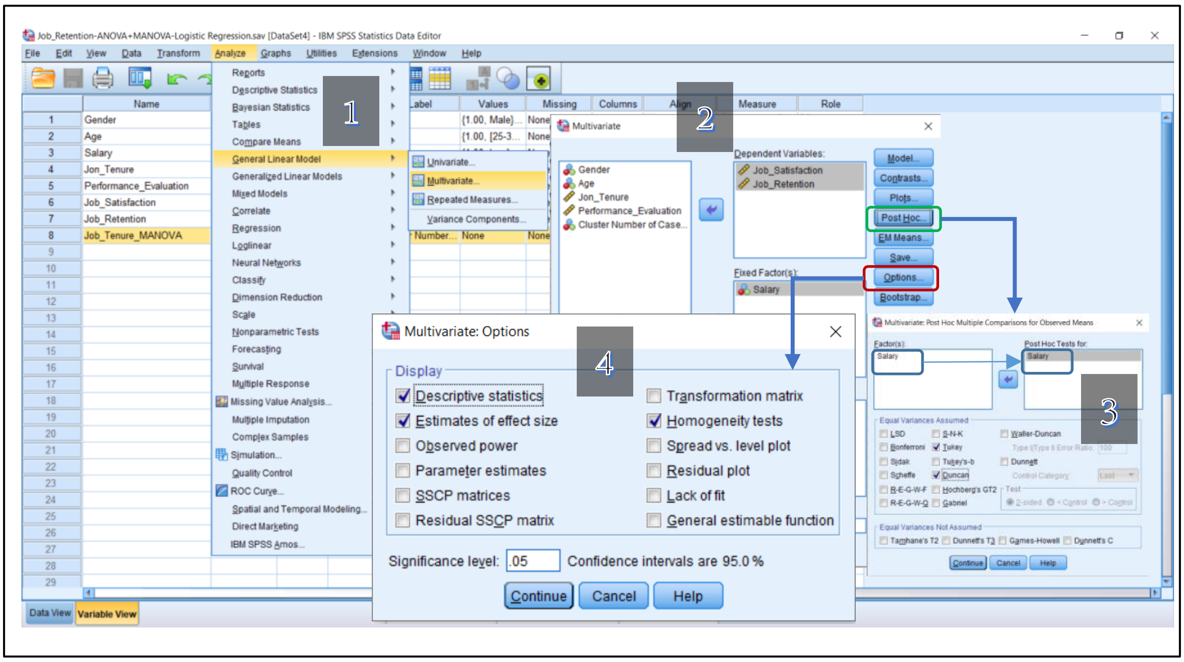
៣.១. ការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA) ចំពោះអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស"

នីតិវិធីនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនៅក្នុងដ្យាក្រាម១៣-១ គឺមានជំហានដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1- បញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS

ជំហានទី2- ជំហានលំអិតនីមួយៗ៖

1. ជ្រើសរើសពាក្យ [Analysis] → ចុចយក [General Linear Model] → ជ្រើសរើសយក [Multivariate...] (បន្ទមកទី2)
2. លើផ្ទាំង Multivariates នៅខាងឆ្វេងដៃគឺទិន្នន័យដើម រីឯខាងស្តាំមានប្រអប់អថេរមិនឯករាជ្យ [Dependent variables] និង [Fixed Factor(s)]។ ករណីនេះ អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកអថេរ "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" និងអថេរ "ការរក្សាការងារ (Job Retention)" ដាក់ទៅក្នុងប្រអប់អថេរមិនឯករាជ្យ [Dependent variables] ហើយអថេរ [Salary] ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Fixed Factor(s)]។
3. បន្ទាប់មកចុចលើពាក្យ [Post Hoc...] → រួចហើយយកអថេរ [Salary] បញ្ចូលទៅក្នុងប្រអប់ [Post Hoc Tests for:] → ត្រូវជ្រើសរើសយកតេស្ត [Tukey] និង [Duncan] → រួចចុច [Continue]។
4. ជ្រើសរើសយក [Option] → ចុចយក [Descriptive statistics] → ចុចយក [Estimate of effect size] → ចុចយក [Homogeneity tests] → ចុចលើ [Continue] → [OK] អ្នកនឹងបានឃើញលទ្ធផលរបស់ម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-way MANOVA) (ដ្យាក្រាមទី 13-3)។



ដ្យាក្រាម១៣.៣. ជំហាននៃម៉ាណូវ៉ា (One-Way MANOVA)សម្រាប់អថេរប្រាក់បៀវត្ស (Salary)

ជំហានទី3- ការបកស្រាយលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ៖

លទ្ធផល (តារាងទី13-1) នៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (ក្នុងដ្យាក្រាម13—) ខាងលើនេះបានបង្ហាញថា អថេរ "ប្រាក់បៀតវត្ស (Salary)" ពិតជាមានឥទ្ធិផលវិជ្ជាមានដល់អថេរ "ការថែរក្សាការងារ (Job Rentention)" ដោយតម្លៃរបស់ Wilks'Lambda (4, 520) = 0.956, p = 0.018 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Multivariate Tests") និងតម្លៃតេស្ត F-value (2, 261) = 5.530, p = 0.004 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Tests of Between-Subjects Effects")។ យើងអាចបកស្រាយបន្ថែមលើសពីនេះទៀតថា៖ "ការថែរក្សាការងារ (Job Retention)" ត្រូវបានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងគួរឱ្យកត់សម្គាល់តាមរយៈការផ្តល់ប្រាក់បៀវត្សដល់បុគ្គលិកឱ្យបានកាន់តែច្រើន។ ត្រង់នេះយើងឃើញថា បុគ្គលិកដែលទទួលបានប្រាក់ខែពីកម្រិតទាបទៅមធ្យមមានរហូតដល់ 248 នាក់ (តាមទិន្នន័យបង្ហាញគឺ ទាប (Low) = 148, មធ្យម (Medium) = 100, និង ខ្ពស់ (High) = 16) ហើយបុគ្គលិកដែលទទួលបានប្រាក់បៀវត្សខ្ពស់ មានចំនួនតែ 16នាក់ ប៉ុណ្ណោះ ប៉ុន្តែ បុគ្គលិកទាំងនោះនៅតែមានបំណងធ្វើការងារជាមួយស្ថាប័នមីក្រូហិរញ្ញវត្ថុទាំងនោះជាបន្តទៀត។ ប្រការនេះអាចបណ្តាលមកពីទីផ្សារការងារតូចចង្អៀតសម្រាប់ពួកគាត់ក្នុងការស្វែងរកការងារថ្មី។

ផ្ទុយទៅវិញ អថេរ "ការពេញចិត្តលើការងារ (Job Satisfaction)" និងអថេរ "ប្រាក់បៀវត្ស" គ្មានទំនាក់ទំនងគ្នាអ្វីបន្តិចសោះ ព្រោះលទ្ធផលបានបង្ហាញថា Wilks'Lambda (4, 520) = 0.956, p = 0.018 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាងរបស់ "Multivariate Tests") និងតម្លៃតេស្ត F-value (2, 261) = 1.630, p = 0.198 > 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Tests of Between-Subjects Effects")។ ករណីនេះ សម្មតិកម្មរវាង "ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)" និង "ការពេញចិត្តលើការងារ (Job Satisfaction)" ត្រូវបានបដិសេធចោល (Rejeted)។ ដូច្នេះ គេអាចបញ្ជាក់បានថា បុគ្គលិកមិនពេញចិត្តលើការងាររបស់ខ្លួនទេ ពីព្រោះបុគ្គលិកដែលទទួលបានប្រាក់ខែកម្រិតទាបនិងមធ្យមមានរហូតដល់ 248 នាក់ (តាមទិន្នន័យបង្ហាញគឺ ទាប (Low) = 148, មធ្យម (Medium) = 100, និង ខ្ពស់ (High) = 16) ហើយបុគ្គលិក ដែលទទួលបានប្រាក់បៀវត្សខ្ពស់ មានចំនួនតែ 16នាក់ ប៉ុណ្ណោះ។ ដូច្នេះ ប្រាក់បៀវត្សទាបអាចបណ្តាលឱ្យបុគ្គលិកមិនពេញចិត្តលើការងាររបស់ខ្លួន។

ចំណាំ៖ ចំពោះតម្លៃ F-value (2, 261) គឺសំគាល់លើការកំណត់លក្ខខណ្ឌសិក្សា (treatments) របស់ប្រាក់បៀវត្សមាន3កម្រិត (ឧទាហរណ៍៖ Low, Medium, High) ដែលត្រូវបានតាងដោយ $p = 3$ និងមាន "កម្រិតនៃភាពសេរីជាភាគយក (Numerator degree of freedom)" $p - 1 = 3 - 1 = 2$។ ហើយតម្លៃ 261 គឺជា "កម្រិតនៃភាពសេរីជាភាគបែង (Denominator degrees of freedom)" $n - p = 264 - 3 = 261$ ($n = 264$ ទំហំសំណាក)។ ព័ត៌មាននេះមាននៅក្នុងមេរៀនទី12 "ការវិភាគបម្រែបម្រួលតាមអាណូវ៉ា (ANOVA)"។

តារាង១៣.១. លទ្ធផលតេស្តរបស់ One-way MANOVA (Salary)

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Salary	1.00	Low	148
	2.00	Medium	100
	3.00	High	16

Descriptive Statistics

	Salary	Mean	Std. Deviation	N
Job_Satisfaction	Low	.5905	.24377	148
	Medium	.6035	.25735	100
	High	.7077	.19816	16
	Total	.6025	.24726	264
Job_Retention	Low	.6757	.46971	148
	Medium	.8000	.40202	100
	High	1.0000	.00000	16
	Total	.7424	.43813	264

Multivariate Tests[a]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	.771	437.744[b]	2.000	260.000	.000	.771
	Wilks' Lambda	.229	437.744[b]	2.000	260.000	.000	.771
	Hotelling's Trace	3.367	437.744[b]	2.000	260.000	.000	.771
	Roy's Largest Root	3.367	437.744[b]	2.000	260.000	.000	.771
Salary	Pillai's Trace	.045	2.979	4.000	522.000	.019	.022
	Wilks' Lambda	.956	2.993[b]	4.000	520.000	.018	.023
	Hotelling's Trace	.046	3.006	4.000	518.000	.018	.023
	Roy's Largest Root	.043	5.623[c]	2.000	261.000	.004	.041

a. Design: Intercept + Salary

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Job_Satisfaction	.198[a]	2	.099	1.630	.198	.012
	Job_Retention	2.052[b]	2	1.026	5.530	.004	.041
Intercept	Job_Satisfaction	45.628	1	45.628	749.868	.000	.742
	Job_Retention	77.331	1	77.331	416.731	.000	.615
Salary	Job_Satisfaction	.198	2	.099	1.630	.198	.012
	Job_Retention	2.052	2	1.026	5.530	.004	.041
Error	Job_Satisfaction	15.881	261	.061			
	Job_Retention	48.432	261	.186			
Total	Job_Satisfaction	111.921	264				
	Job_Retention	196.000	264				
Corrected Total	Job_Satisfaction	16.080	263				
	Job_Retention	50.485	263				

a. R Squared = .012 (Adjusted R Squared = .005)

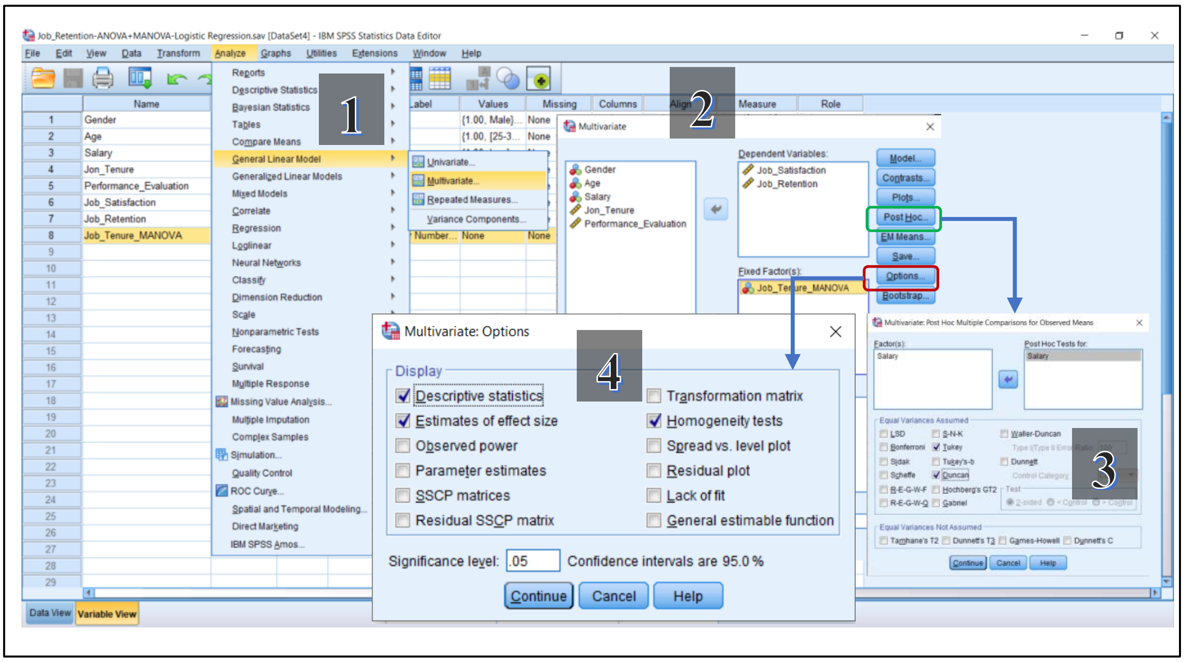
៣.២. ការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-Way MANOVA) ចំពោះអថេរ "រយៈពេលការងារ (Job Tenure)"

នីតិវិធីនៃការតេស្តសម្មតិកម្មនៅក្នុងដ្យាក្រាមទី13-2គឺមានជំហានដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1- បញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS

ជំហានទី2- ជំហានលំអិតនីមួយៗ៖

1. ជ្រើសរើសពាក្យ [Analysis] → ចុចយក [General Linear Model] → ជ្រើសរើសយក [Multivariate...] (បន្ថមកទី2)
2. លើផ្ទាំងរបស់ Multivariates នៅខាងឆ្វេងដៃគឺទិន្នន័យដើម រីឯខាងស្តាំគឺមានប្រអប់របស់ [Dependent variables] និង [Fixed Factor(s)]។ ករណីនេះ អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកអថេរ "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" និង "ការរក្សាការងារ (Job Retention)" ដាក់ទៅក្នុងប្រអប់អថេរមិនេកពជ្យ [Dependent variables] ហើយអថេរ [រយៈពេលធ្វើការ (Job Tenure)] ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Fixed Factor(s)]។
3. បន្ទាប់មកចុចលើពាក្យ [Post Hoc...] → រួចហើយយកអថេរប្រាក់បៀវត្សន៍ [Salary] បញ្ចូលទៅក្នុងប្រអប់ [Post Hoc Tests for:] → ត្រូវជ្រើសរើសយក តេស្ត [Tukey] និង [Duncan] → រួចចុច [Continue]។
4. ជ្រើសរើសយក [Option] → ចុចយក [Descriptive statistics] → ចុចយក [Estimate of effect size] → ចុចយក [Homogeneity tests] → ចុចលើ [Continue] → [OK] អ្នកនឹងបានឃើញលទ្ធផលរបស់ម៉ាណូវ៉ាឯកវិធី (One-way MANOVA) (ដ្យាក្រាម១៣-៤)។



ដ្យាក្រាម១៣.៤. ជំហាននៃ One-Way MANOVA (Job Tenure)

ជំហានទី3- ការបកស្រាយលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ៖

លទ្ធផល (តារាង១៣-២) នៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម (ដ្យាក្រាម១៣-២) ខាងលើនេះបានបង្ហាញថា រយៈពេលការងារ "Job Tenure" ពិតជាមានឥទ្ធិពលវិជ្ជមានដល់ការថែរក្សាការងារ "Job Retention" ដោយតម្លៃរបស់ Wilks'Lambda (4, 520) = 0.905, p = 0.000 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Multivariate Tests") ហើយតម្លៃតេស្ត F-value (2, 261) = 12.714, p = 0.000 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Tests of Between-Subjects Effects")។ យើងអាចបកស្រាយបន្ថែមលើសពីនេះទៀតថា៖ "ការថែរក្សាការងារ (Job Retention)" ត្រូវបានធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងគួរឱ្យកត់សម្គាល់តាមរយៈបុគ្គលិកមានបទពិសោធន៍ការងារច្រើនឆ្នាំ (ដូចទិន្នន័យបានបង្ហាញ៖ បុគ្គលិកដែលមានបទពិសោធន៍បម្រើការងារចាប់ពី 4-6 ឆ្នាំ មានចំនួនច្រើនជាងគេរហូតដល់ 165នាក់)។

លទ្ធផលបានបង្ហាញទៀតថា ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ "ការពេញចិត្តលើការងារ (Job Satisfaction)" និង រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)" គឺទំនាក់ទំនងគ្នាផងដែរដោយតម្លៃ Wilks'Lambda (4, 520) = 0.905, p = 0.000 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Multivariate Tests") និងតម្លៃ F-value (2, 261) = 4.011, p = 0.019 < 0.05 (សូមមើលតម្លៃក្នុងតារាង "Tests of Between-Subjects Effects")។ ករណីនេះ សម្មតិកម្មរវាងអថេរ "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)" និង "ការពេញចិត្តលើការងារ (Job Satisfaction)" ត្រូវបានទទួលយក (Accepted)។ នេះបានន័យថា បុគ្គលិកពេញចិត្តលើការងាររបស់ខ្លួនពីព្រោះបុគ្គលិកបុគ្គលិកមានបទពិសោធន៍ការងារច្រើនឆ្នាំ (ដូចទិន្នន័យបានបង្ហាញ៖ បុគ្គលិកដែលមានបទពិសោធន៍បម្រើការងារចាប់ពី 4-6 ឆ្នាំ មានចំនួនច្រើនជាងគេរហូតដល់ 165នាក់)។

តារាង១៣.២. លទ្ធផលតេស្តរបស់ One-way MANOVA (Job Tenure)

Between-Subjects Factors

			N
Job Tenure	1	[1-3 Years]	90
	2	[4-6 Years]	165
	3	[7-10 Years]	9

Descriptive Statistics

	Job Tenure	Mean	Std. Deviation	N
Job Satisfaction	1	.5433	.31513	90
	2	.6336	.19593	165
	3	.6257	.24140	9
	Total	.6025	.24726	264
Job Retention	1	.5667	.49831	90
	2	.8242	.38177	165
	3	1.0000	.00000	9
	Total	.7424	.43813	264

Multivariate Tests[a]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	.663	255.841[b]	2.000	260.000	.000	.663
	Wilks' Lambda	.337	255.841[b]	2.000	260.000	.000	.663
	Hotelling's Trace	1.968	255.841[b]	2.000	260.000	.000	.663
	Roy's Largest Root	1.968	255.841[b]	2.000	260.000	.000	.663
Job Tenure	Pillai's Trace	.095	6.511	4.000	522.000	.000	.048
	Wilks' Lambda	**.905**	**6.639[b]**	**4.000**	**520.000**	**.000**	**.049**
	Hotelling's Trace	.104	6.766	4.000	518.000	.000	.050
	Roy's Largest Root	.102	13.309[c]	2.000	261.000	.000	.093

a. Design: Intercept + Job Tenure

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Job Satisfaction	.479[a]	2	.240	4.011	.019	.030
	Job Retention	4.482[b]	2	2.241	12.714	.000	.089
Intercept	Job Satisfaction	25.328	1	25.328	423.745	.000	.619
	Job Retention	44.561	1	44.561	252.820	.000	.492
Job Tenure	**Job Satisfaction**	**.479**	**2**	**.240**	**4.011**	**.019**	**.030**
	Job Retention	**4.482**	**2**	**2.241**	**12.714**	**.000**	**.089**
Error	Job Satisfaction	15.600	**261**	.060			
	Job Retention	46.003	**261**	.176			
Total	Job Satisfaction	111.921	264				
	Job Retention	196.000	264				
Corrected Total	Job Satisfaction	16.080	263				
	Job Retention	50.485	263				

a. R Squared = .030 (Adjusted R Squared = .022)

b. R Squared = .089 (Adjusted R Squared = .082)

៣.៣. Two-Way MANOVA របស់ "Salary" និង "Job Tenure"

នីតិវិធីនៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មនៅក្នុងដ្យាក្រាមទី13-3 គឺមានជំហានដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1- បញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS

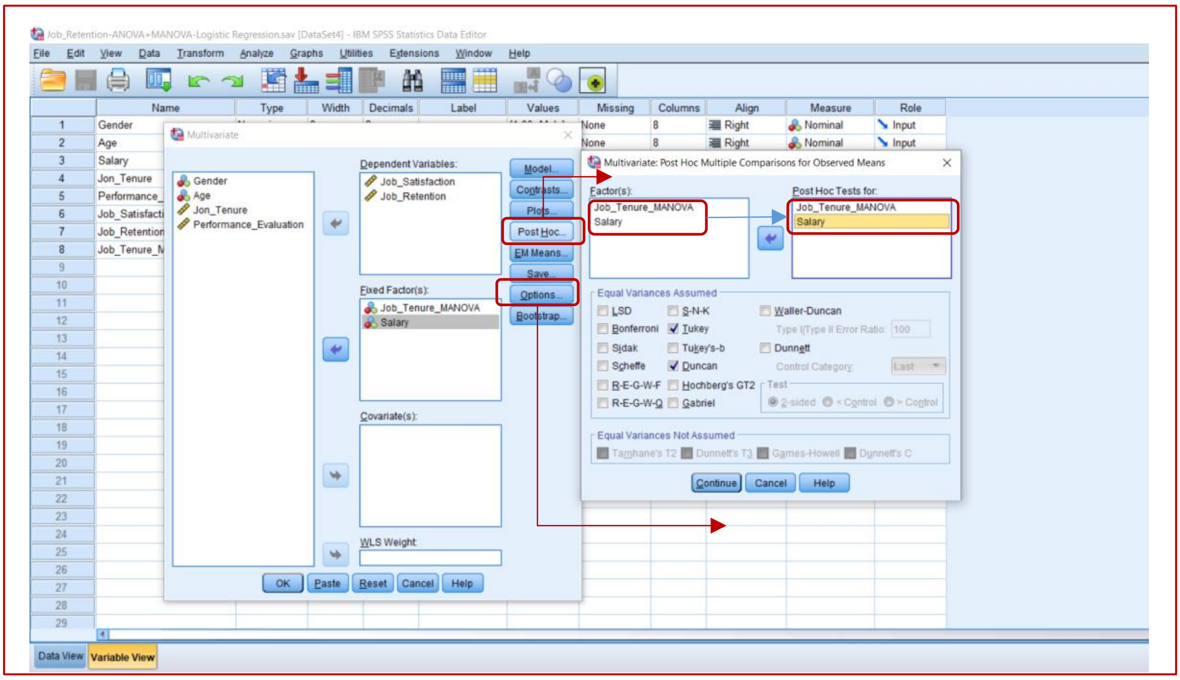
ជំហានទី2- ជំហានលំអិតនីមួយៗ៖

1. ជ្រើសរើសពាក្យ [Analysis] → ចុចយក [General Linear Model] → ជ្រើសរើសយក [Multivariate...] (បន្ទមកទី2)

2. លើផ្ទាំង Multivariates នៅខាងឆ្វេងដៃគឺទិន្នន័យដើម រីឯខាងស្តាំមានប្រអប់អថេរមិនឯករាជ្យ [Dependent variables] និង [Fixed Factor(s)]។ ករណីនេះ អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកអថេរ "ការពេញចិត្តលើការងារ (Job Satisfaction)" និង អថេរ "ការរក្សាការងារ (Job Retention)" ដាក់ទៅក្នុងប្រអប់អថេរមិនឯករាជ្យ [Dependent variables] ហើយអថេរ "រយៈពេលបម្រើការងារ [Job Tenure]" និង អថេរ "ប្រាក់បៀវត្សន៍ [Salray]" ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Fixed Factor(s)]។

3. បន្ទាប់មកចុចលើពាក្យ [Post Hoc...] → រួចហើយយកអថេរ "ប្រាក់បៀវត្សន៍ [Salary]" និង អថេរ "រយៈពេលបម្រើការងារ [Job Tenure]" បញ្ចូលទៅក្នុងប្រអប់ [Post Hoc Tests for:] → ត្រូវជ្រើសរើសយក តេស្ត [Tukey] និង [Duncan] → រួចចុច [Continue]។

4. ជ្រើសរើសយក [Option] → ចុចយក [Descriptive statistics] → ចុចយក [Estimate of effect size] → ចុចយក [Homogeneity tests] → ចុចលើ [Continue] → [OK] អ្នកនឹងបានឃើញលទ្ធផលនៃការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-Way MANOVA) (ដ្យាក្រាម១៣-៥)។



ដ្យាក្រាម១៣.៥. ដំហាននៃ Two-Way MANOVA (Salary និង Job Tenure)

លទ្ធផលរបស់ Two-Way MANOVA ក្នុងតារាងសង្ខេបទី13-3A និង ទី13-3B ពីតារាងទី13-4 បានបង្ហាញថា នៅពេលដែលមានការព្យាករណ៍ព្រមគ្នាទៅលើអថេរមិនឯករាជ្យ ដូចជា "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" និង "ការរក្សាការងារ (Job Retention)" ដោយផ្អែកលើអថេរឯករាជ្យដូចជា "ប្រាក់បៀវត្សន៍ (Salary)" និង "រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)" នោះសម្មតិកម្មទាំងអស់ក្នុងដ្យាក្រាមទី13-2គឺត្រូវបានបដិសេធទាំងអស់ដោយតម្លៃ F-value < 4.0 និង p-value > 0.05។ តាមការវាយការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមវិធីម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) និងអាណូវ៉ា (ANOVA) ដែលមានតម្លៃ F-value ≥ 4.0, p-value < 0.05 ឬ p-value < 0.01 នោះសម្មតិកម្មមិនទទេ H_a ដែលជាជម្រើសផ្សេងត្រូវបានទទួលយក (Alternative Hypothesis is accepted) (Chang & Wu, 2012; J. F. Hair-Jr et al., 2019)។ តារាងសង្ខេបទី13-3A និងទី 13-3B គឺជាទម្រង់ដ៏ពេញនិយមមួយសម្រាប់អ្នកស្រាវជ្រាវដែលមានបំណងធ្វើការបោះពុម្ពស្នាដៃស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិល្បីៗផងដែរ (ឧទាហរណ៍៖ Chang & Wu, 2012; Mohajerani & Miremadi, 2012; Shi, Tang, Zhang, Gao, & Zhu, 2016; Wilkins, 2010; Yoon, Han, & Kim, 2014)។

តារាង១៣.៣A. តារាងលទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ “ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)” និង “រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)”

Research Variables	Salary			F-value	p-value	**Ducan**
	Cluster 1	**Cluster 2**	**Cluster 3**			
	Low	**Medium**	**High**			
	148	100	16			
Job Satisfaction	0.5905	0.6035	.7077	1.344	0.263	(1,2,3)
Job Retention	0.6757	0.8000	1.000	0.813	0.445	(1,2,3)

ចំណាំ៖ ការសិក្សានេះគឺកំណត់យករបៀបធ្វើតេស្តរបស់លោក Tukey និង Duncan

តារាងទី ១៣.៣B. តារាងលទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ “ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)” និង “រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)”

Research Variables	Job Tenure			F-value	p-value	**Ducan**
	Cluster 1	**Cluster 2**	**Cluster 3**			
	[1-3 Years]	[4-6 Years]	[7-10 Years]			
	90	165	9			
Job Satisfaction	0.5433	0.6336	0.6257	0.057	0.944	(1,2,3)
Job Retention	0.5667	0.8242	1.000	1.061	0.348	(1,2,3)

ចំណាំ៖ ការសិក្សានេះគឺកំណត់យកតេស្តរបស់លោក Tukey និង Duncan

តារាង១៣.៤. លទ្ធផលតេស្តតាមម៉ាណូវ៉ាទ្វេវិធី (Two-way MANOVA) ចំពោះអថេរ “ប្រាក់បៀវត្ស (Salary)” និង “រយៈពេលបម្រើការងារ (Job Tenure)”

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Job Satisfaction	.832[a]	8	.104	1.739	.090	.052
	Job Retention	6.260[b]	8	.783	4.512	.000	.124
Intercept	Job Satisfaction	15.525	1	15.525	259.630	.000	.504
	Job Retention	27.163	1	27.163	156.622	.000	.380
Job Tenure	**Job Satisfaction**	**.007**	**2**	**.003**	**.057**	**.944**	**.000**
	Job Retention	**.368**	**2**	**.184**	**1.061**	**.348**	**.008**
Salary	**Job Satisfaction**	**.161**	**2**	**.080**	**1.344**	**.263**	**.010**

	Job Retention	.282	2	.141	.813	.445	.006
Job Tenure * Salary	Job Satisfaction	.224	4	.056	.936	.443	.014
	Job Retention	.320	4	.080	.461	.765	.007
Error	Job Satisfaction	15.248	255	.060			
	Job Retention	44.225	255	.173			
Total	Job Satisfaction	111.921	264				
	Job Retention	196.000	264				
Corrected Total	Job Satisfaction	16.080	263				
	Job Retention	50.485	263				

a. R Squared = .052 (Adjusted R Squared = .022)

b. R Squared = .124 (Adjusted R Squared = .097)

ការពេញចិត្ត និង ប្រាក់បៀវត្ស

(Job Satisfaction vs Salary)

Tests	Salary	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD[a,b,c]	Low	148	.5905	
	Medium	100	.6035	
	High	16	.7077	
	Sig.		.095	
Duncan[a,b,c]	Low	**148**	**.5905**	
	Medium	**100**	**.6035**	**.6035**
	High	**16**		**.7077**
	Sig.		.818	**.065**

ការរក្សាការងារ និង ប្រាក់បៀវត្ស

(Job Retention vs Salary)

Test	Salary	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD[a,b,c]	Low	148	.6757	
	Medium	100	.8000	.8000
	High	16		1.0000
	Sig.		.397	.094
Duncan[a,b,c]	Low	**148**	**.6757**	
	Medium	**100**	**.8000**	
	High	**16**		**1.0000**
	Sig.		.195	1.000

ការពេញចិត្តនឹងការងារ និង រយៈពេលបម្រើការងារ

(Job Satisfaction vs Job Tenure)

Test	Job Tenure		N	Subset
				1
Tukey HSD[a,b,c]	1	[1-3 Years]	90	.5433
	3	[4-6 Years]	9	.6257
	2	[7-10 Years]	165	.6336
	Sig.			.418
Duncan[a,b,c]	1	[1-3 Years]	**90**	**.5433**
	3	[4-6 Years]	**9**	**.6257**
	2	[7-10 Years]	**165**	**.6336**
	Sig.			.237

ការរក្សាការងារ និង រយៈពេលបម្រើការងារ

(Job Retention vs Job Tenure)

Test	Job Tenure		N	Subset	
				1	2
Tukey HSD[a,b,c]	1	[1-3 Years]	90	.5667	
	2	[4-6 Years]	165	.8242	.8242
	3	[7-10 Years]	9		1.0000
	Sig.			.089	.320
Duncan[a,b,c]	1	[1-3 Years]	**90**	**.5667**	
	2	[4-6 Years]	**165**		**.8242**
	3	[7-10 Years]	**9**		**1.0000**
	Sig.			1.000	.150

៤.សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

យើងបានពិភាក្សាលើលក្ខណៈដ៏សមស្របនិងមានសារៈសំខាន់ៗរបស់ម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) ក្នុងការដោះស្រាយការវិភាគពហុអថេរមិនឯករាជ្យ។ ទោះបីជាអត្ថប្រយោជន៍ច្រើនសន្ធឹកសន្ធាប់បានមកពីការប្រើប្រាស់របស់វាយ៉ាងណាក៏ដោយ ក៏អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវតែអនុវត្តម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) យ៉ាងប្រុងប្រយ័ត្ននិងសមស្របទៅតាមគោលបំណងនិងសំណួរស្រាវជ្រាវផងដែរ។ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈម៉ាណូវ៉ា ទាំងឯកវិធី (One-Way MANOVA) និងទាំងទ្វេរវិធី (Two-Way MANOVA) គឺមានសភាពស្មុគ្រស្មាញយ៉ាងខ្លាំង ជាពិសេស ម៉ាណូវ៉ាទ្វេរវិធី (Two-Way MANOVA)។ ដូច្នេះ អ្នកសិក្សាត្រូវកំណត់នូវគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវឱ្យបានច្បាស់លាស់ និងជ្រើសរើសសំណាកឱ្យសុក្រិតក្នុងអំឡុងពេលដែលរៀបចំពិសោធន៍ផងដែរ។ មេរៀនេះពឹងផ្អែកលើការរៀនតាមរយៈការប្រើម៉ាស៊ីនកុំព្យូទ័រ(Machine Learning Process) សម្រាប់គណនារកលទ្ធផលនៃការវិភាគតាមម៉ាណូវ៉ា (MANOVA) ដោយជ្រើសរើសយកកម្មវិធី Software មួយចំនួនដូចជា៖ Minitab 19, STATA, SAS, R programing និង SPSS ជាដើម។

មេរៀនទី១៤ ការវិភាគរួម

ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺជាពហុបច្ចេកទេស ដែលត្រូវបានបង្កើតជាពិសេសដើម្បីសិក្សាស្វែងយល់ពីឥរិយាបទរបស់អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមរយៈការពេញចិត្តចំពោះទំនិញអ្វីម្យ៉ាងដូចជាផលិតផលកសិកម្ម ឧស្សាហកម្ម សេវាកម្ម ឬទស្សនៈអ្វីមួយក្រោយពីការទទួលបាននូវបទពិសោធន៍ពីការប្រើប្រាស់នូវទំនិញ ឬសេវាកម្មអ្វីម្យ៉ាងពីក្រុមហ៊ុនណាមួយ។ ការវិភាគរួមត្រូវបានធ្វើឡើងដោយផ្អែកលើការសន្និដ្ឋានរួមយ៉ាងសាមញ្ញមួយ ដែលក្នុងនោះ អតិថិជនបានធ្វើការវាយតម្លៃទៅលើមុខទំនិញមួយប្រភេទ ដោយពិនិត្យទៅលើសូចនាករមួយចំនួន ដូចជា៖ តម្លៃរបស់ផលិតផល គុណភាព សេវាថែទាំ និងម៉ាកយីហោនៃផលិតផលជាដើម។ លើសពីនេះទៅទៀត អតិថិជនអាចធ្វើការប៉ាន់ស្មានបានល្អបំផុតទៅលើចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់ខ្លួនចំពោះផលិតផលដែលខ្លួនធ្លាប់ប្រើ ដោយផ្អែកលើបន្សំនៃគុណលក្ខណៈរបស់វា។ ការវិភាគរួមត្រូវបានយកមកប្រើក្នុងការវាស់ស្ទង់ឥរិយាបទរបស់អតិថិជនដើម្បីឱ្យដឹងថា តើហេតុអ្វីបានជាអតិថិជនចូលចិត្តនិងសម្រេចចិត្តប្រើប្រាស់នូវម៉ាកផលិតផល ឬសេវាកម្មអ្វីមួយក្នុងចំណោមម៉ាកផលិតផល ឬសេវាកម្មដទៃទៀត។

១. សេចក្តីផ្តើម

ចាប់តាំងពីដើមទសវត្សឆ្នាំ 1970 ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ទទួលការយកចិត្តទុកដាក់យ៉ាងខ្លាំងខាងការសិក្សានិងឧស្សាហកម្ម។ វាជារបៀបវិភាគដ៏សំខាន់មួយបែបទៀតសម្រាប់វាស់ស្ទង់ការធ្វើពាណិជ្ជកម្មរបស់អ្នកទិញក្នុងចំណោមផលិតផលនិងសេវាកម្មច្រើនមុខ ច្រើនប្រភេទ។ មេរៀននេះនឹងបង្ហាញពីគំរូនៃការសិក្សាតាមរបៀបវិភាគរួមដែលជាស្នាដៃរបស់លោក Green and Srinivasan (1978)។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ការស្ទាបស្ទង់ចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់អតិថិជនចំពោះផលិតផលឬមុខទំនិញ ដែលមានជម្រើសម៉ាកយីហោផ្សេងៗគ្នា គឺជាសកម្មភាពសំខាន់មួយក្នុងការស្រាវជ្រាវអំពីឥរិយាបទរបស់អតិថិជនយ៉ាងហោចណាស់ជាងមួយទសវត្សមកហើយ។ តែទោះយ៉ាងណាក៏ដោយ ការវិភាគបូកសរុបថ្មីៗបន្ថែមទៀតបង្ហាញពីវិធីសាស្រ្តជាក់ស្តែងសម្រាប់ព្យាករចំណង់ចំណូលចិត្តអតិថិជនសម្រាប់ជម្រើសពហុផលិតផលនៅក្នុងបរិបទផលិតផលនិងសេវាកម្មថ្មីៗ។ គោលបំណងនៃមេរៀននេះគឺដើម្បីតាមដានការបង្កើតរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis) និងភ្ជាប់ទាក់ទងរវាងរបៀបនៃការវិភាគរួមនេះទៅនឹងប្រធានបទដែលពាក់ព័ន្ធនឹងផ្នែកចិត្តវិទ្យា ការអនុវត្តទ្រឹស្តី និងការសម្រេចចិត្ត ព្រមទាំងផ្នែកសេដ្ឋកិច្ចផងដែរ (Green & Srinivasan, 1978)។ ដោយសារតែមានការប្រែប្រួលដ៏សម្បើមនៃចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់អតិថិជន ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ត្រូវបានគេយកទៅអនុវត្តក្នុងការវាស់វែងកម្រិតបុគ្គល។ ផ្ទុយទៅវិញ យើងប្រើគម្រោងសិក្សាសង្ខេបដែលផ្តោតលើសំណុំរងនៃគុណលក្ខណៈដែលអាចធ្វើបានទាំងអស់។ ផែនការសិក្សាសង្ខេបដែលអាចត្រូវបានរកឃើញនៅក្នុងមេរៀនេះ និងឯកសារយោងត្រូវបានបង្កើតដោយកម្មវិធីកុំព្យូទ័រផងដែរ។

២. សារៈសំខាន់នៃការវិភាគរួម (The Importance of Conjoint Analysis)

របៀបនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) បានក្លាយជាឧបករណ៍ស្រាវជ្រាវទីផ្សារមួយបែប ដែលគេប្រើជាទូទៅបំផុតសម្រាប់ការរៀបចំនិងកំណត់តម្លៃផលិតផលនិងសេវាកម្ម។ ការស្រាវជ្រាវទីផ្សារយ៉ាងច្រើនដែលត្រូវបានសិក្សានៅពេលបច្ចុប្បន្ន គឺជាការពិពណ៌នាដោយផ្អែកលើសេចក្តីពិតបែបធម្មជាតិ ជាជាងការទស្សទាយ។

ព័ត៌មានដែលបានពណ៌នាមានប្រយោជន៍សម្រាប់កំណត់លក្ខណៈប្រជាសាស្ត្រ លំនាំការប្រើប្រាស់ និងឥរិយាបថបុគ្គលម្នាក់ៗ។ លើសពីព័ត៌មានដែលបានពិពណ៌នានោះទៅទៀត អ្នកគ្រប់គ្រងបានយកចិត្តទុកដាក់លើឧបករណ៍ស្ទង់មតិដែលអាចព្យាករបានថា អតិថិជននឹងទិញអ្វីនៅពេលប្រឈមនឹងម៉ាកច្រើនប្រភេទ និងលក្ខណៈផលិតផលជាច្រើន។ មនុស្សជាតិផ្តល់នូវភាពប្លែកៗគ្នានៅពេលវាយតម្លៃជម្រើសផលិតផលនិងការជ្រើសរើសនៅលើទីផ្សារ។ ផលិតផលជាច្រើនដូចជា កុំព្យូទ័រ កម្មវិធីទូរស័ព្ទចល័ត គោលនយោបាយធានារ៉ាប់រង និងឧបករណ៍ផលិតកម្មជាដើម ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយមានលក្ខណៈប្លែកៗទៅតាមចំណង់ចំណូលចិត្ត និងតម្រូវការរបស់អតិថិជន ហើយផលិតផល ឬសេវាកម្មទាំងនោះទៀតសោតត្រូវបានបែងចែកជាចម្បងទៅតាម ម៉ាកយីហោ ការវេចខ្ចប់ និងតម្លៃជាដើម។ អ្នកចាត់ការត្រូវសម្រេចចិត្តថា តើគេត្រូវវេចខ្ចប់ផលិតផលរបៀបណា ត្រូវជ្រើសរើសម៉ាកយីហោផលិតផលអ្វីខ្លះ ឬត្រូវដាក់តម្លៃប៉ុណ្ណា ដើម្បីទទួលបានប្រាក់ចំណេញច្រើនបំផុត ហើយតើអតិថិជនវាយតម្លៃយ៉ាងដូចម្តេចចំពោះការផ្តល់ជូននូវជម្រើសផ្សេងទៀតនៅក្នុងទីផ្សារ។ អតិថិជនត្រូវបានបង្ហាញគំនិតផលិតផលនិងសួរសំណួរទាក់ទងនឹងចំណាប់អារម្មណ៍នៃការទិញ ឬផលិតផលថ្មីត្រូវបានដាក់នៅក្នុងទីផ្សារជាការសាកល្បង ឬការធ្វើតេស្តទាំងនេះអាចមានតម្លៃថ្លៃ និងចំណាយពេលច្រើន ហើយជាទូទៅ គេធ្វើការអង្កេតបម្រែបម្រួលតែមួយ ឬពីរ ឬបីនៃផលិតផលថ្មីដែលគេគ្រោងបង្កើតឡើង។ នៅក្នុងការស្ទង់មតិមួយចំនួន អ្នកឆ្លើយសំណួរស្រាវជ្រាវត្រូវបានស្នើសុំឱ្យវាយតម្លៃលើម៉ាកយីហោនិងផលិតផល ឬពិនិត្យមើលម៉ាកយីហោណាមួយ និងលក្ខណៈពិសេសនៃផលិតផលដែលពួកគេចូលចិត្ត។ ដូច្នេះ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ប្រើជាតុផ្សំល្អបំផុតនៃតិចនិកទាំងនេះនៅក្នុងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវស្ទង់មតិដែលចំណាយតម្លៃទាប ហើយមានប្រសិទ្ធិភាពសម្រាប់ការវាស់ស្ទង់ចំណង់ចំណូលចិត្ត ឬឥរិយាបទរបស់អតិថិជន (Orme, 2010)។

នៅដើមទសវត្សឆ្នាំ 1970 អ្នកសិក្សាផ្នែកទីផ្សារ (Green & Rao, 1971) បានអនុវត្តការយល់ឃើញនៃការវាស់វែងតាមរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ដែលត្រូវបានស្នើឡើងដោយអ្នកចិត្តវិទ្យា និង អ្នកគណិតវិទ្យា (Luce & Tukey, 1964) ដើម្បីដោះស្រាយបញ្ហាស្មុគស្មាញទាំងនេះ។ គំនិតទូទៅគឺថា មនុស្សវាយតម្លៃពីតម្រូវការទូទៅនៃផលិតផល ឬសេវាកម្មស្មុគស្មាញដោយផ្អែកលើមុខងារនៃតម្លៃដាច់ដោយឡែកៗពីគ្នា (មិនទាន់រួមបញ្ចូលគ្នានៅឡើយ)។ ឧទាហរណ៍៖ អតិថិជនមានការពិចារណាទិញកុំព្យូទ័រ ហើយពួកគាត់ប្រើប្រាស់អ៊ីនធឺណែតក្នុងការស្វែងរកនូវព័ត៌មានដោយមានជម្រើសដូចខាងក្រោម៖

Model (ម៉ូដែល)	: Lenovo ThinkPad X1 Carbon 9th
Brand (ម៉ាកយីហោ)	: Lenovo
Processor (ល្បឿន)	: 11th Generation Intel (2.40 GHz, up to 4.20 GHz)
Operating System (ប្រព័ន្ធដំណើរការ)	: Windows 10 Pro
Hard Disk (ទំហំផ្ទុកទិន្នន័យ)	: 256 GB SSD
Memory (RAM) (អង្គចងចាំ)	: 8 GB LPDDR4X 4266MHz
Screen Display (ទំហំកញ្ចក់)	: 14˝ (14 Inches)
Price (តម្លៃ)	: $1,457.40

Warranty (ការធានា) : 1-year Depot or Carry-in

សន្មតថា អ្នកប្រើប្រាស់នេះប្រើប្រាស់មិនដឹងខ្លួនចំពោះវាយតម្លៃភាពទាក់ទាញជាទូទៅនៃការផ្តល់ជូនពិន្ទុ ដែលត្រូវបានគេហៅថាគុណតម្លៃតាមដោយផ្នែក (called part-worths) សម្រាប់គុណលក្ខណៈនៃផលិតផលនេះ សម្រាប់អ្នកទិញដែលជាធ្វើការសម្រេចចិត្តក្នុងការជ្រើសរើសផលិតផលខាងលើ។

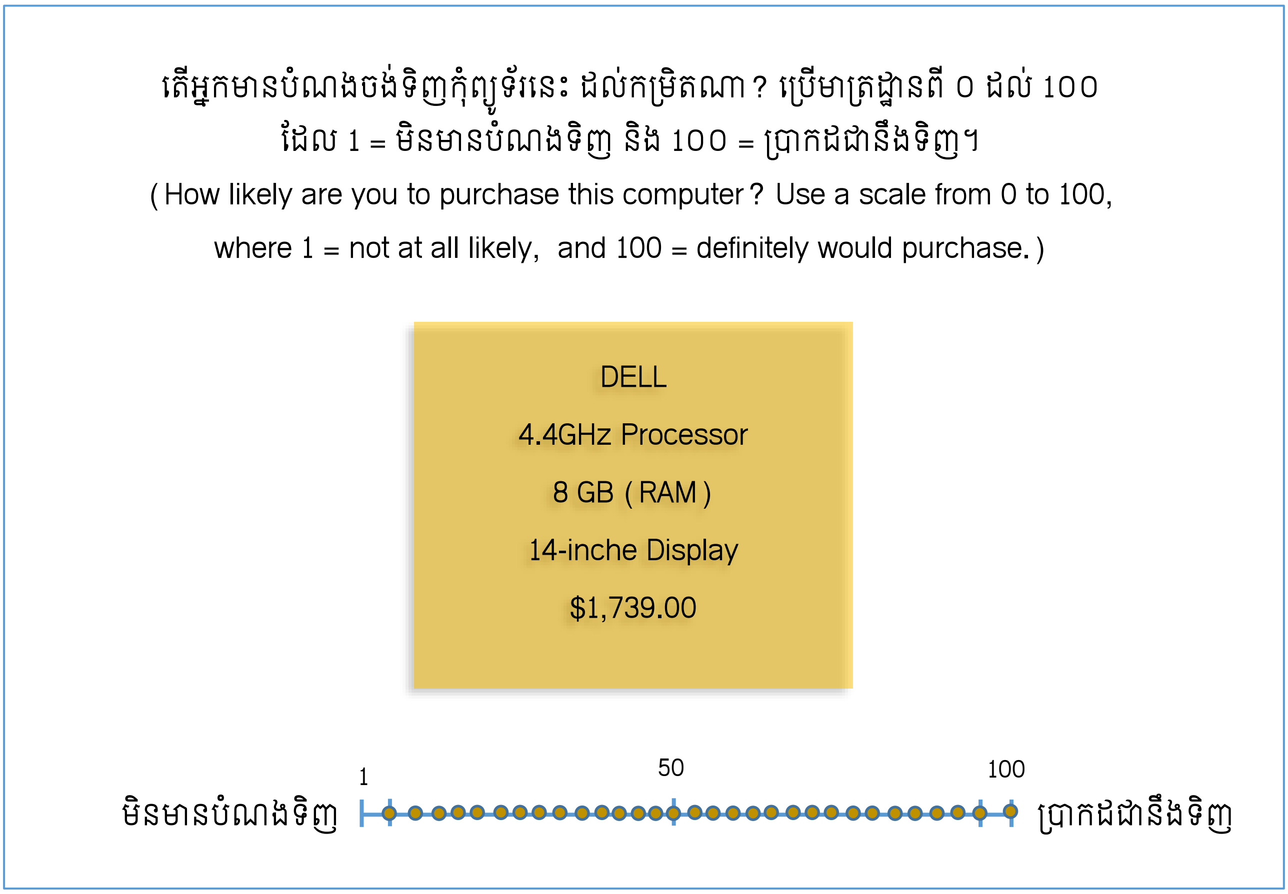
Attributes (គុណលក្ខណៈ)	**Path-woth (អត្ថប្រយោន៍ ឬគុណតម្លៃ)/ (ពិន្ទុ)**
Lenovo	20
4.20 GHz	50
8 GB RAM	5
14 inches′ display	15
$1,457.40	30
1-Year warranty	5
អត្ថប្រយោជន៍សរុប (Totall Utility)	**125**

ឧបករណ៍ប្រើប្រាស់ទូទៅដែលត្រូវបានប៉ាន់ប្រមាណ ឬការចង់បានរបស់ផលិតផលនេះគឺស្មើនឹងផលបូកនៃអត្ថប្រយោជន៍សរុបដែលមានពិន្ទុ 125 ដែលទទួលបានពីបុគ្គលម្នាក់ៗសម្រាប់ភាពខុសគ្នានៃគុណលក្ខណៈដែលយើងអាចរាប់បញ្ចូលក្នុងផលិតផល ឬដៃគូប្រកួតប្រជែងរបស់យើងអាចនឹងរាប់បញ្ចូល។ ដើម្បីធ្វើដូចនេះប្រកបដោយភាពជឿជាក់ ដំបូងគេបង្កើតបញ្ជីគុណលក្ខណៈនិងកម្រិត ឬដឺក្រេជាច្រើនក្នុងមួយៗ (ឧទាហរណ៍៖ ការរៀបចំស្ទាបស្ទង់មតិលើចេតនានៃការទិញកុំព្យូទ័រក្នុងឆ្នាំ2021 លើម៉ាកកុំព្យូទ័រយួដែលល្បីៗសម្រាប់អ្នកជំនួញមួយចំនួនដូចខាងក្រោម)៖

ម៉ាកយីហោ (Brand)	**កំលាំងដំណើរការ (Processor)**	**អង់ចងចាំ (RAM)**	**ទំហំអេក្រង (Display)**	**តម្លៃ (Price)**
MacBook Pro	2.6GHz	16GB	16-inche	$1,999.00
Dell (Latitude 7420)	4.4GHz	8 GB	14-inche	$1,739.00
Lenovo	4.20GHz	8 GB	14-inche	$1,457.40
HP Elite Folio	3.0 GHz	16 GB	13.5-inche	$1,889.00

គេអាចមើលឃើញយ៉ាងងាយថា មានជាគុបន្សំជាច្រើនដែលអាចផ្គុំបានជាកម្រិតគុណលក្ខណៈទាំងនេះ។ នៅពេលបច្ចុប្បន្ននេះ ការសិក្សាលើឥរិយាបទរបស់អតិថិជនបានក្លាយជាការពេញនិយមក្នុងការបោះពុម្ពទម្រង់

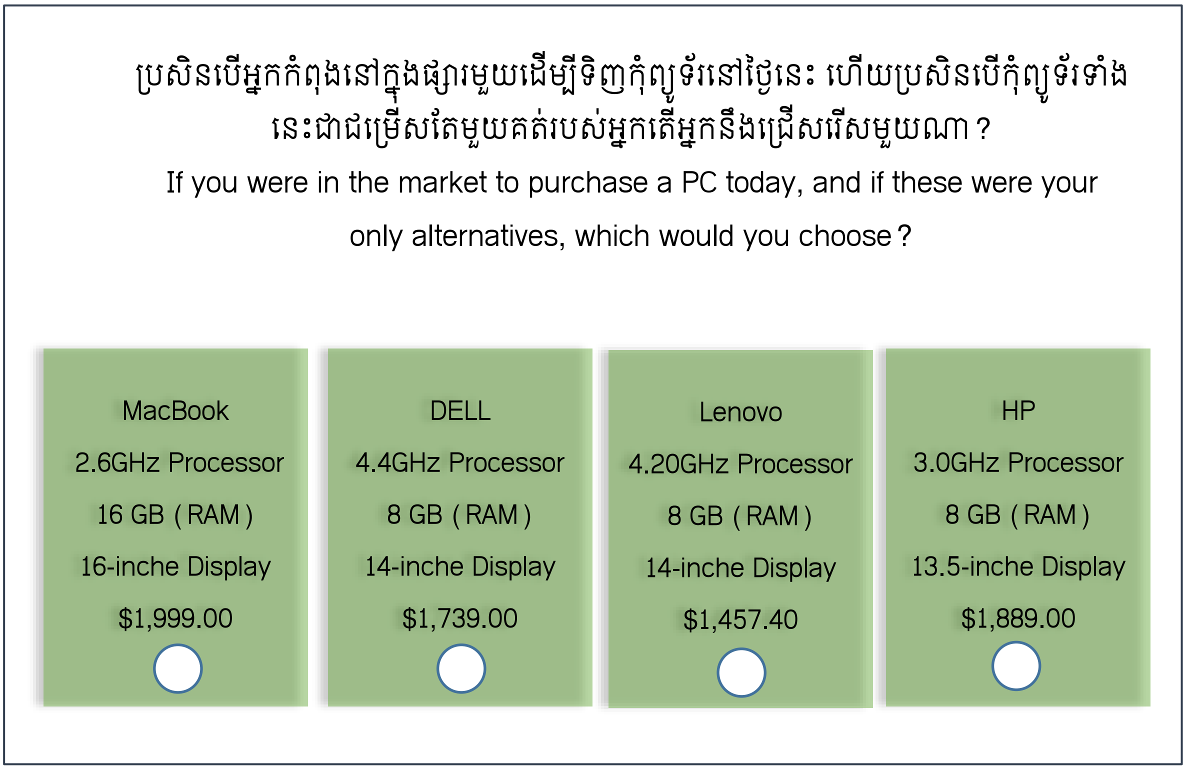
ផលិតផលនីមួយៗដើម្បីធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិ និងសួរអ្នកចូលរួមឆ្លើយឱ្យវាយតម្លៃនូវព័ត៌មានរបស់ផលិតដោយផ្តល់យោបល់តាមរយៈការធ្វើចំណាត់ថ្នាក់ (ranking)។ ការពិចារណាលើសំណួរសម្រាប់ការស្ទាបស្ទង់មតិដើម្បីវាយតម្លៃផលិតផលមានបង្ហាញដូចក្នុងតារាងទី១៤-១ ខាងក្រោម៖



ដ្យាក្រាម១៤.១. សំណួរវាយតម្លៃជារួម (Conjoint rating question)

តាមរយៈការផ្លាស់ប្តូរលក្ខណៈពិសេសនៃផលិតផលនិងលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធ ដោយសង្កេតឃើញថា តើអ្នកឆ្លើយសំណួរមានប្រតិកម្មយ៉ាងដូចម្តេចចំពោះទម្រង់ផលិតផល។ ចំពោះលទ្ធផល គេអាចគណនាតាមក្បួនស្ថិតិបានជាធម្មតា ដោយប្រើរីក្រេសសិន**លីនេអ៊ែរ**។ ផ្ទុយពីការឆ្លើយសំណួរផ្ទាល់អំពីលក្ខណៈពិសេសនៃផលិតផលនីមួយៗ អ្នកឆ្លើយសំណួរស្ទង់មតិមិនអាចនិយាយបានថា លក្ខណៈពិសេសទាំងអស់មានសារៈសំខាន់នោះទេ ពួកគេត្រូវតែប្រៀបធៀបរវាងផលិតផលផ្សេងៗគ្នា ដោយធ្វើការថ្លឹងថ្លែងនូវជម្រើសដែលមានគុណសម្បត្តិ ដែលស្ថិតលើការសម្រេចចិត្តចង់បានខ្លាំង ឬចង់បានតិចតួច និងមិនសូវចង់បានផលិតផលនោះ។ ដោយប្រើបញ្ជីគុណលក្ខណៈដែលបានបង្កើតទុកជាមុនស្មើ 4 x 4 x 4 x 4 x 4 ឬ 1,024 ទម្រង់ផលិតផលដែលត្រូវបានពិចារណាក្នុងការសម្រេចចិត្តទិញ។ ប៉ុន្តែអ្វីដែលធ្វើឱ្យការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) មានដំណើរការល្អដូច្នេះគឺ អ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ៗមិនចាំបាច់វាយតម្លៃទម្រង់ផលិតផលដែលអាចធ្វើបានទាំងអស់។ ប្រសិនបើយើងមានធន្ទៈក្នុងការសន្មតគំរូបន្ថែមសាមញ្ញ (ដែលមាននិន្នាការធ្វើការបានល្អ) អ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ៗត្រូវវាយតម្លៃតែផ្នែកមួយនៃជាគុបន្សំសរុបប៉ុណ្ណោះ។ ជាមួយឧទាហរណ៍របស់យើង មានតែគំនិតផលិតផលប៉ុណ្ណោះ ដែលត្រូវបានជ្រើសរើសយ៉ាងប្រុងប្រយ័ត្ន ដោយប្រើគោលការណ៍នៃការពិសោធឯករាជ្យ ហើយចាំបាច់ត្រូវធ្វើការវាយតម្លៃដើម្បីផ្តល់ពិន្ទុពេញលេញសម្រាប់អ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ៗនូវកម្រិតគុណលក្ខណៈទាំង20 ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១។

ពិន្ទុដែលមានគុណតម្លៃជាផ្នែកមានប្រយោជន៍សម្រាប់កំណត់ថា តើកម្រិតណាដែលត្រូវពេញចិត្តនិងសារៈសំខាន់ទាក់ទងនឹងគុណលក្ខណៈនៃផលិតផលនីមួយៗ។ នៅពេលដែលយើងដឹងពិន្ទុទាំងនេះហើយ យើងអាចបូកបញ្ចូលពិន្ទុទាំងនោះដើម្បីទស្សទាយថា តើអ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ៗនឹងមានប្រតិកម្មដូចម្ដេចចំពោះទម្រង់ផលិតផលដែលអាចកើតមានចំនួន 1,024។ ទោះបីជាពិន្ទុស្ដីពីកម្រិតគុណលក្ខណៈផ្ដល់នូវតម្លៃគួរឱ្យកត់សម្គាល់នៅក្នុងខ្លួនបុគ្គលអ្នកប្រើប្រាស់ម្នាក់ៗក៏ដោយ ជាញឹកញាប់ នៅក្នុងការរៀបចំបញ្ជីសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យ។ យើងអាចធ្វើការព្យាករពីការចង់បានជាទូទៅសម្រាប់បន្សំទម្រង់ផលិតផល (product attributes) ដែលអាចធ្វើបានដោយកំណត់កម្រិតគុណលក្ខណៈដែលយើងបានវាស់ ហើយក៏អាចព្យាករពីរបៀបដែលអ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ៗអាចជ្រើសរើសប្រសិនបើប្រឈមនឹងផលិតផលដែលមានជម្រើសមួយក្នុងចំណោមពីរ ឬច្រើនទម្រង់ដែលមានព័ត៌មានផ្សេងគ្នា។ ឧទាហរណ៍៖ អ្នកស្រាវជ្រាវទីផ្សារមានបំណងចង់ដឹងអំពីចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់អតិថិជនក្នុងការសម្រេចចិត្តទិញផលិតផលកុំព្យូទ័រដែលមានសំណួរមួយចំនួនដូចខាងក្រោម (តារាង១៤-២)៖



ដ្យាក្រាម១៤.២. សំណួររួមផ្អែកលើជម្រើស (Choice-based conjoint question)

ឧទាហរណ៍ដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១ និង១៤-២ គឺជាជំហានដំបូងនៃការរៀបចំកម្រងសំណួរសម្រាប់ស្ទាបស្ទង់មតិអំពីការសម្រេចចិត្តទិញនូវម៉ាកផលិតផលមួយរបស់អតិថិជនដោយផ្អែកលើកត្តា ឬលក្ខណៈសម្បត្តិ (Attribute) និងគុណតម្លៃ ឬអត្ថប្រយោជន៍ (Path-word) អ្វីខ្លះរបស់ផលិតផល។ ជាធម្មតា នៅពេលជ្រើសរើស អតិថិជនតែងធ្វើការផ្លូវផ្ដង ឬថ្លឹងថ្លែង (trade-offs) ដោយប្រៀបធៀបអត្ថប្រយោជន៍ក្នុងចំណោមគុណលក្ខណៈនៃផលិតផល ឬសេវាកម្ម។ របៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺជាសំណុំនៃវិធានសមស្របសម្រាប់ការសិក្សាដំណើរការជ្រើសរើសរបស់អតិថិជននិងកំណត់នូវអត្ថប្រយោជន៍ប្រៀបធៀប (trade-offs)។ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) អាចជាការអភិវឌ្ឍដ៏សំខាន់បំផុតនៅក្នុងការស្រាវជ្រាវទីផ្សាររយៈពេល 30 ឆ្នាំចុងក្រោយនេះ (Rao, 2014)។ របៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺជារបៀបទាក់ទាញគំនិតដើម្បីឱ្យតម្លៃដល់សមាគមម៉ាកយីហោ (brand communities) ដោយសិក្សាផ្ដោតលើ "ការថ្លឹងថ្លែងដោយប្រៀបធៀប" រវាងវត្ថុមាន ឬ

អវត្តមាននៃសមាគមម៉ាកយីហោផលិតផល ធៀបនឹងកម្រិតនៃគុណលក្ខណៈផលិតផលឯទៀត។ ដំណើរការនៃ "ការថ្លឹងថ្លែងដោយប្រៀបធៀប" នេះត្រូវបានគេជឿថាប្រហាក់ប្រហែលនឹងដំណើរការពិចារណា ដែលអ្នកប្រើប្រាស់សម្រេចចិត្តទិញផលិតផលជាក់ស្តែងមួយដែរ។ ដូច្នេះ ការវាយតម្លៃនៃសមាគមម៉ាកយីហោដែលមានសក្តានុពលតាមរយៈការវិភាគរួម អាចផ្តល់នូវការយល់ឃើញកាន់តែច្បាស់អំពីតម្លៃរបស់សមាគមម៉ាកយីហោផលិតផលជាជាងការបង្ហាញសំណួរដល់អតិថិជននៅក្នុងបរិបទផ្សេងទៀត (Hal Dean, 2004)។ ការវិភាគរួមនេះគឺជាសំណុំតិចនិកចម្រុះដែលត្រូវបានប្រើដើម្បីយល់ពីរបៀបដែលអតិថិជនអភិវឌ្ឍចំណង់ចំណូលចិត្តចំពោះការសម្រេចចិត្តប្រើប្រាស់ទំនិញ ឬសេវាកម្មមួយ (Hair et al., 2018)។

ការវិភាគរួមអាចជួយឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវយល់ពីរបៀបដែលអ្នកប្រើប្រាស់មានជម្រើសច្រើនក្នុងការសម្រេចចិត្តទិញផលិតផល ឬសេវាកម្មពីគូប្រជែងផ្សេងៗគ្នា។ ការវិភាគរួមភ្ជាប់ចម្លើយទៅនឹងជំហរវិនិច្ឆ័យជាក់ស្តែងជាជាងវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវជាច្រើនទៀត ដែលអាចព្យាករពីចំណូលចិត្តទូទៅដោយការបូកសរុបពិន្ទុចំណង់ចំណូលចិត្តនៃគុណវុឌ្ឍិបុគ្គលផ្សេងៗ ដែលមាននៅក្នុងការសិក្សាឥរិយាបទរបស់អតិថិជន (Levy, 1995)។ វាបានក្លាយជាវិធីសាស្ត្រដ៏មានប្រជាប្រិយមួយដើម្បីកំណត់និងយល់ពីផលប៉ះពាល់រួមនៃបណ្តុំនៃគុណលក្ខណៈដែលពាក់ព័ន្ធនឹងចំណង់ចំណូលចិត្ត ឬជម្រើសរបស់អតិថិជន (Hobbs, 1996)។ ដូច្នេះ ផ្នែកដំបូងនៃការសិក្សានាពេលបច្ចុប្បន្ននេះបានស្វែងរកការបង្កើតបញ្ជីវិភាគបឋមនៃអថេរសំខាន់ៗ ដែលជំរុញឱ្យមានការសម្រេចចិត្តរបស់អតិថិជនក្នុងការទិញនូវម៉ាកផលិត ឬសេវាកម្មណាមួយ (Chiam, Soutar, & Yeo, 2008)។ របៀបវិភាគរួមគណនាផ្នែកឧបករណ៍ប្រើប្រាស់ ឬចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់របស់អតិថិជនដោយផ្អែកលើគុណលក្ខណៈ (Attributes) និង គុណតម្លៃ ឬអត្ថប្រយោជន៍ (Path-worth) នៃម៉ាក មុខងារ និងរួមទាំងតម្លៃរបស់ផលិតផងដែរ (Meyer-Waarden, 2015)។

៣. ការស្វែងយល់ពីគុណតម្លៃនៃការវិភាគរួម (Understanding the Value of Conjoint Analysis)

ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) បានក្លាយជាឧបករណ៍ស្រាវជ្រាវទីផ្សារមួយដែលត្រូវបានប្រើជាទូទៅបំផុតសម្រាប់ការរៀបចំនិងកំណត់តម្លៃផលិតផលនិងសេវាកម្ម។ មេរៀននេះត្រូវបានចងក្រងឡើងដើម្បីផ្តល់ឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវមានការយល់ដឹងខ្លះៗអំពីរបៀបធ្វើការវិភាគតាមវិធីវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។ ការបរាជ័យលើចំណុចណាមួយគឺមានគ្រោះថ្នាក់ដល់ការរស់រានរបស់ក្រុមហ៊ុន។ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ផ្តល់លទ្ធផលដ៏មានសារប្រយោជន៍ ព្រោះវាងាយស្រួលសម្រាប់អ្នកគ្រប់គ្រង និងជាបច្ចេកទេសស្រាវជ្រាវទីផ្សារដែលត្រូវបានគេប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយនាពេលបច្ចុប្បន្ននេះ (Orme, 2010)។ ឧបមាថា យើងកំពុងធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវអំពីកុំព្យូទ័រយួរដៃហើយប្រើការស្ទង់មតិដូចនៅក្នុងដ្យាក្រាមទី14-3។ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ផ្តល់នូវភាពប្រាកដនិយមកាន់តែច្រើននិងពង្រីកគំនិតនៃការប្រៀបធៀបគ្នាតាមជំហាននីមួយៗដោយប្រើវិធីមួយគឺ ការវិភាគរួមដោយយកការជ្រើសរើសជាមូលដ្ឋាន (Choice-Based Conjoint Analysis) (Louviere & Woodworth, 1983)។ សំណួរជ្រើសរើសសម្រាប់ការវិភាគរួមដោយយកការជ្រើសរើសជាមូលដ្ឋាន (Choice-Based Conjoint Analysis) អំពីកុំព្យូទ័រយួរដៃគឺបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី14-2 ខាងលើ។ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវយកចិត្តទុកដាក់ខ្ពស់បំផុតក្នុងការរៀបចំកម្រងសំណួរ និងការប្រើប្រាស់មាត្រដ្ឋានវង្វាស់សម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យតាមរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។ ទម្រង់នៃការរៀបចំកម្រងសំណួរដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទាំងនេះ (ដ្យាក្រាម១៤-១ ដល់ដ្យាក្រាម១៤-៤) គឺសម្រាប់រៀបចំឱ្យត្រូវទម្រង់នៃការវិភាគតាមតាមរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។

តើកុំព្យូទ័រយួរដៃមួយណាដែលអ្នកចង់ទិញ?
Which laptop computer would you rather purchase?

Processor មានល្បឿន 2GHz 7-hour battery life (ថ្មប្រើបាន7ម៉ោង) $1,250 (តម្លៃ)						Processor មានល្បឿន 3GHz 5-hour battery life (ថ្មប្រើបាន5ម៉ោង) $1,750 (តម្លៃ)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ចូលចិត្តកុំព្យូទ័រខាងឆ្វេងខ្លាំង Strongly Prefer Left			មិនចាប់អារម្មណ៍ Indifferent			ចូលចិត្តកុំព្យូទ័រខាងស្តាំខ្លាំង Strongly Prefer Right		

ដ្យាក្រាម១៤.៣. សំណួរស្ទង់មតិសារៈសំខាន់ (Importance survey questions)

តើកុំព្យូទ័រយួរដៃមួយណាដែលអ្នកចង់ទិញ?
Which laptop computer would you rather purchase?

Processor មានល្បឿន 2GHz 7-hour battery life (ថ្មប្រើបាន7ម៉ោង) $1,250 (តម្លៃ)						Processor មានល្បឿន 3GHz 5-hour battery life (ថ្មប្រើបាន5ម៉ោង) $1,750 (តម្លៃ)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ចូលចិត្តកុំព្យូទ័រខាងឆ្វេងខ្លាំង Strongly Prefer Left			មិនចាប់អារម្មណ៍ Indifferent			ចូលចិត្តកុំព្យូទ័រខាងស្តាំខ្លាំង Strongly Prefer Right		

ដ្យាក្រាម១៤.៤. សំណួរថ្លឹងថ្លែងប្រៀបធៀបជាគូ (Pairwise trade-off question)

ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺជាវិធីវិភាគដោយយកជម្រើសជាមូលដ្ឋាន (Choice-based conjoint) ហៅកាត់ថា CBC។ វិធីនេះត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយអ្នកចិត្តវិទ្យា គណិតវិទ្យា និងស្ថិតិស្ថិតិចាប់តាំងពីទសវត្សរ៍ទី60 (Luce & Tukey, 1964) ហើយការប្រើរបៀបវិភាគដោយយកជម្រើសជាមូលដ្ឋាន (Choice-based conjoint) នេះគឺស្តែងចេញពីស្នាដៃរបស់ McFadden (1974)។ សរុបមក មេរៀននេះនឹងបង្ហាញពីតិចនិកនានាដែលមាននៅក្នុងរបៀបវិភាគរួមដោយយកជម្រើសជាមូលដ្ឋាន (CBC) សម្រាប់ជួយដល់អ្នកស្រាវជ្រាវទីផ្សារក្នុងការអភិវឌ្ឍផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ខ្លួនឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង។ លក្ខណៈសំខាន់នៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺអ្នកឆ្លើយសំណួរវាយតម្លៃទម្រង់ផលិតផលដែលផ្សំឡើងដោយព័ត៌មានអំពីជាតុពាក់ព័ន្ធនានាជាច្រើនដូចជាគុណលក្ខណៈ ឬលក្ខណៈពិសេស (attributes or features) របស់ផលិតផល ឬសេវាកម្ម។ ដោយផ្អែកលើរបៀបឆ្លើយសំណួរវាយតម្លៃលើលក្ខណៈពិសេសនានានៃផលិតផលនីមួយៗ យើងរៀបចំពិន្ទុចំណង់ចំណូលចិត្ត

ដែលអ្នកឆ្លើយសំណួរបានផ្តល់ឱ្យតាមរយៈលក្ខណៈពិសេសនីមួយៗនៃផលិតផល ដែលនឹងនាំឱ្យមានការវាយតម្លៃរួម (Orme, 2010)។ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) បានក្លាយជាផ្នែកមួយនៃឧបករណ៍វិភាគសម្រាប់ការសិក្សាតាមបែបបរិមាណវិស័យ ដែលត្រូវបានប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយនៅក្នុងការស្រាវជ្រាវទីផ្សារ។ បើយើងអនុវត្តវិធីនេះបានត្រឹមត្រូវ យើងនឹងទទួលបានលទ្ធផលគួរជាទីទុកចិត្តនិងមានប្រយោជន៍។ បច្ចុប្បន្ននេះ មានកម្មវិធីកុំព្យូទ័រសម្រាប់ប្រើប្រាស់ជាជំនួយក្នុងការវិភាគរួមដោយយកជម្រើសជាមូលដ្ឋាន (CBC)។ កម្មវិធីនេះគឺជាឧបករណ៍ជំនួយដល់អ្នកស្រាវជ្រាវទីផ្សារក្នុងការរៀបចំការស្រាវជ្រាវពីឥរិយាបទអតិថិជនក្នុងការសម្រេចចិត្តទិញផលិតផលថ្មីមួយ (Sawtooth Software, 2008)។ កម្មវិធីកុំព្យូទ័រ (Software) ខ្លះទៀតដូចជា SPSS និង SAS ក៏ផ្តល់ជូនផងដែរនូវរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមរបៀបចាស់សម្រាប់ជាឧបករណ៍ជំនួយដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវក្នុងការវិភាគទិន្នន័យ។

៤. ការបង្កើតគុណលក្ខណៈនិងកម្រិតក្នុងការវិភាគរួម (Formulating Attributes and Levels in Conjoint Analysis)

កំណត់គុណលក្ខណៈនិងកម្រិតត្រឹមត្រូវគឺជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់បំផុតក្នុងការរៀបចំការសិក្សាឱ្យមានភាពត្រឹមត្រូវនិងល្អប្រសើរ។ គុណលក្ខណៈ (Attributes) ជួនកាល ហៅថាកត្តា ឬជាគុណផ្សំពិសេស។ គុណលក្ខណៈគឺជាជាតុផ្សំពិសេសៗនៃផលិតផលមួយដូចជា ពណ៌ និងរយៈពេលប្រើប្រាស់ ជាដើម ដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមប្រភេទឬកម្រិតផ្សេងៗគ្នា។ ប្រភេទឬកម្រិតទាំងនេះត្រូវតែមានចាប់ពីពីរឡើងទៅសម្រាប់គុណលក្ខណៈនីមួយៗ។ ឧទាហរណ៍ថា ប្រសិនបើនិយាយអំពីពណ៌ យើងអាចមានច្រើនពណ៌ដូចជា ក្រហម លឿង ខៀវ ជាដើម។ ទ្រឹស្តីគ្រឹះនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ជួយឱ្យអតិថិជនយល់ឃើញថា ផលិតផលមានគុណលក្ខណៈ និងកម្រិតខុសគ្នាៗ។ អ្នកទិញទទួលបានតម្លៃនៃអត្ថប្រយោជន៍ (Path-worth utility) គួរឱ្យទុកចិត្តលើជាតុផ្សំពិសេសៗនីមួយៗទៅតាមសារៈសំខាន់ៗទូទៅនៃផលិតផលណាមួយ ដោយបូកសរុបតម្លៃនៃផ្នែកឬកម្រិតរបស់វា។ នៅក្នុងការពិសោធនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) អ្នកឆ្លើយសំណួរបង្ហាញពីចំណូលចិត្តរបស់ពួកគេចំពោះផលិតផលដែលបានពិពណ៌នាដោយកម្រិតខុសគ្នានៃគុណលក្ខណៈ។ បន្ទាប់ពីយើងបានដឹងពីចំណាង់ចំណូលចិត្តរបស់អ្នកឆ្លើយតបចំពោះកម្រិតគុណលក្ខណៈផ្សេងៗហើយ យើងអាចព្យាករពីរបៀបដែលអ្នកទិញអាចឆ្លើយតបទៅនឹងផលិតផល ជាមួយនឹងការរួមបញ្ចូលគ្នារវាងកម្រិតណាមួយដែលមានសក្តានុពលនៅក្នុងការសិក្សារបស់យើង ទោះបីជាផលិតផលនោះត្រូវបានបង្ហាញក្នុងពេលសម្ភាសក៏ដោយ។ ចំពោះគុណលក្ខណៈផ្សេងទៀតរបស់ផលិតផលមួយដូចជាទម្ងន់ ល្បឿន តម្លៃ ឬរយៈពេលនៃការប្រើប្រាស់ និងមុខងារ ជាលំដាប់នៃកំរិតដែលកំណត់ដោយគុណលក្ខណៈដែលត្រូវបានវាយតម្លៃ។

ត្រង់ចំណុចនេះគុណលក្ខណៈ (Attributes) ត្រូវបានផ្តល់និយមន័យគឺជាការរៀបចំការសិក្សាសម្រាប់ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។ ការរួមបញ្ចូលគ្នានូវគុណលក្ខណៈនិងកម្រិតនៃគុណលក្ខណៈរបស់ផលិតផលគឺមានសារៈសំខាន់ចំពោះភាពជោគជ័យនៃការសិក្សាតាមរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។ ផ្នែកនេះផ្តល់នូវគោលការណ៍ណែនាំសម្រាប់ការកំណត់គុណលក្ខណៈ និងកម្រិតគុណលក្ខណៈសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវតាមរបៀបវិភាគរួម (Conjoint Analysis)។ ឧទាហរណ៍ថា អ្នកស្រាវជ្រាវទីផ្សារចង់ដឹងពីចំណាង់ចូលចិត្តរបស់អថិជនក្នុងការសម្រេចចិត្តទិញកាហ្វេពីម៉ាកយីហោ 2 (Starbucks និង Brown) ដែលមានគុណលក្ខណៈបី គឺទំហំ តម្លៃ និងគុណភាព។ ទំហំអាចមានបីកម្រិតគឺតូច មធ្យម និងធំ។ តម្លៃអាចមានបីកម្រិតគឺ 1.5$ សម្រាប់ខ្នាតតូច, 2.5$

សម្រាប់ខ្នាតមធ្យម, និង3.5$ សម្រាប់ខ្នាតធំ ហើយគុណភាពក៏អាចមានបីកម្រិតដែរគឺ មធ្យម, ល្អ, និងល្អណាស់ (Excellent)។ ព័ត៌មានទាំងនេះហៅថាកម្រិត (Level) នៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗរបស់ផលិតផល។ ដ្យាក្រាម ១៤-៥ មានព័ត៌មានសម្រាប់ការរៀបចំពិសាធន៍ (Experiemental Design) ផលិតផលពីរម៉ាក ដែលម៉ាកនីមួយៗ ត្រូវបានពិនិត្យលើគុណលក្ខណៈចំនួនបី (attributes) x 2 (brands) = 6-Cell Factorial Design។ ដូច្នេះ 6 ករណីត្រូវបានធ្វើការអង្កេត និងស្រាវជ្រាវ។

គុណលក្ខណៈបីយ៉ាងនៃកាហ្វេពីរម៉ាក

គុណលក្ខណៈ	Starbucks	Brown
ទំហំ		
តម្លៃ		
គុណភាព		

Starbucks: ទំហំ តម្លៃ គុណភាព

Brown: ទំហំ តម្លៃ គុណភាព

3 x 2 = 6-Cell Factorial Design

ដ្យាក្រាម១៤.៥. ការរៀបចំពិសោធន៍ (Experiental design)

ការរៀបចំពិសោធន៍នេះនឹងត្រូវបានពន្យល់លំអិតក្នុងមេរៀននេះ។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ដើម្បីឱ្យការរៀបចំការពិសោធន៍នេះឱ្យមានកម្រិតជឿជាក់ខ្ពស់ និងមានភាពសុក្រិតទៅតាមវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ អ្នកសិក្សាត្រូវកំណត់ជ្រើសរើសទំហំសំណាកឱ្យបានត្រឹមត្រូវ។ អ្នកស្រាវជ្រាវមុនៗបានផ្តល់យោបល់ថា ទំហំសំណាកគួរជ្រើសរើសចាប់ពី 150 នាក់ ដល់ 1, 200នាក់ (Orme, 2010, p. 65)។

របៀបគណនាលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis) មានតាមរបៀបចាស់ដែលអាចធ្វើដោយដៃ ឬតាមក្បួន Excel ឬតាមបែបទំនើបដោយប្រើកម្មវិធីកុំព្យូទ័រ (Software) ដូចជា SPSS និង SAS ជាដើម។

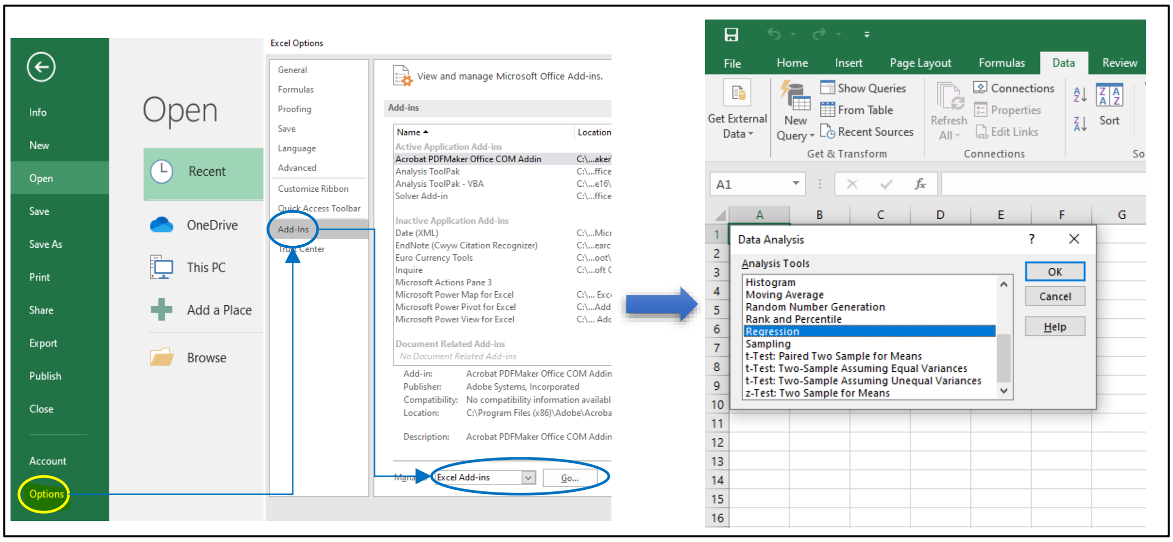
៤.១. ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមរបៀបចាស់

ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមរបៀបចាស់អាចជាបញ្ហានៃការសិក្សា ដោយប្រើពហុរីគ្រេសសិន (Multiple regression)។ ការវាយតម្លៃរបស់អ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាលើគំនិតផ្សេងៗអំពីផលិតផលគឺការសង្កេតលើអថេរមិនឯករាជ្យ។ ធាតុផ្សំនានា ឬកម្រិតគុណលក្ខណៈនៃផលិតផលគឺការសង្កេតលើអថេរឯករាជ្យសម្រាប់ព្យាករ។ មេគុណរីគ្រេសសិន (Regression coefficient) R^2 ដែលត្រូវបានប៉ាន់ប្រមាណទាក់ទងនឹងអថេរឯករាជ្យ ដែលពាក់ព័ន្ធនឹងកម្រិតតម្លៃនិងអត្ថប្រយោជន៍នៃពិន្ទុដែលបានមកពីការផ្តល់ដោយអ្នកចូលរួម។ ហើយតម្លៃរបស់ R^2 គឺជាមេគុណនៃប្រសិទ្ធភាពទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ។ យើងអាចពិចារណាលើការវិភាគដោយប្រើគុណលក្ខណៈបី ដែលនីមួយៗមានកម្រិតដូចខាងក្រោម៖

ម៉ាក	កំលាំងម៉ាស៊ីន	តម្លៃ
Dell	4.4GHz	$1,739.00
Lenovo	4.20GHz	$1,457.40
HP		$1,889.00

យើងនឹងពិចារណាចំពោះការរៀបចំពិសោធន៍ដោយគុណចំនួនគុណលក្ខណៈ (attributes) ទាំងបីនោះ ជាមួយនឹងចំនួនធាតុផ្សំពិសេសសៗអស់នោះ។ យើងឃើញថា គំនិតអំពីផលិតផល (product concepts) ឬកាត (Card) ដែលជាបណ្ដុំនៃសេចក្តីសង្ខេបព័ត៌មានសម្រាប់ផលិតផលដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី14-2 អាចកើតមានចំនួនដល់ទៅ 18 ដែលអាចត្រូវបានបង្កើតចេញពីគុណលក្ខណៈទាំងបីនេះ។ ការពិសាធន៍នេះគឺមាន 3 (ចំនួនម៉ាកយីហោ) x 2 (ចំនួនប្រភេទ កម្លាំងដំណើការ ឬ Processor) x 3 (ចំនួនកម្រិតតម្លៃ) = 18 ករណីសិក្សា ឬ 18 កាត (Card)។ ការសិក្សានេះសន្មតបន្ថែមទៀតថា អ្នកឆ្លើយសំណួរវាយតម្លៃ និងដាក់ពន្ទុផលិតផលនីមួយៗនៃ 18 ចំណុចនៅលើមាត្រដ្ឋានពី 0 ដល់ 10 ដែលលេខ 10 តំណាងឱ្យកម្រិតពេញចិត្តខ្ពស់បំផុត (តារាង១៤-១)។

យើងអាចប្រើ Microsoft Excel 2016 ដើម្បីវិភាគទិន្នន័យពីកម្រងសំណួរចម្លើយតាមរបៀបចាស់។ មេរៀននេះបង្ហាញពីរបៀបសរសេរកូដក្នុងការរៀបចំនិងវិភាគទិន្នន័យពីអ្នកឆ្លើយសំណួរសម្មតិកម្មដោយធ្វើការជាមួយបញ្ជីកូដរបស់បញ្ជីកូដសម្រាប់ទិន្នន័យ។ អនុគមន៍ពហុវិក្រេសសិនបានមកពីកម្មវិធី Excel ToolPak Add-ins។ ឧទាហរណ៍៖ អ្នកចូលកម្មវិធី [Excel] → រួចចូល [File] → ចុចពាក្យ [Option] → បន្ទាប់មកជ្រើសរើសយកពាក្យ [Add in] នៅខាងឆ្វេង → រកមើលពាក្យ [Manges] ហើយយកពាក្យ [Excel Add-ins] → រួចចុចយកពាក្យ [Go] → រួចហើយជ្រើសរើសយក [Analysis ToolPak] → ចុចយក [OK] បន្ទាប់អ្នកនឹងឃើញពាក្យ [Data Analysis] ដែលអ្នកត្រូវចុចលើពាក្យ [Data] នៅលើ Toolbar របស់ Excel ជាមុនសិន។ ឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យមួយចំនួនដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៦៖



ដ្យាក្រាម១៤.៦. កម្មវិធី Excel សម្រាប់ជំនួយដល់ការវិភាគទិន្នន័យ (Add-in Data Analysis)

តារាង១៤.១. ការរៀបចំតារាងកត្តាផលគុណពេញលេញ (Full-factorial experimental design)

Card (កាត)	Brand (ម៉ាក)	Processor (GHz) (កំលាំងម៉ាស៊ីន)	Price (តម្លៃ)
1	Dell	4.40	$ 1,739.00
2	Dell	4.40	$1,457.40
3	Dell	4.40	$1,889.00
4	Dell	4.20	$ 1,739.00
5	Dell	4.20	$1,457.40
6	Dell	4.20	$1,889.00
7	Lenovo	4.40	$ 1,739.00
8	Lenovo	4.40	$1,457.40
9	Lenovo	4.40	$1,889.00
10	Lenovo	4.20	$ 1,739.00
11	Lenovo	4.20	$1,457.40
12	Lenovo	4.20	$1,889.00
13	HP	4.40	$ 1,739.00
14	HP	4.40	$1,457.40
15	HP	4.40	$1,889.00
16	HP	4.20	$ 1,739.00
17	HP	4.20	$1,457.40
18	HP	4.20	$1,889.00

សន្មតថា ទិន្នន័យសម្រាប់អ្នកឆ្លើយសំណួរម្នាក់ត្រូវបានបញ្ចូលទៅក្នុងសៀវភៅបញ្ជី Excel ដែលបង្ហាញក្នុងតារាង១៤-១ខាងលើ។ កាតទីមួយត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅកម្រិតទី1គឺម៉ាក Dell, កម្រិតទី2 គឺកំលាំងដំណើរការ 4.40 GHz, និងកម្រិតទី៣ គឺតម្លៃ $ 1,739.00។ ចំពោះកាតទី2 មានកម្រិតទី1គឺម៉ាក Dell, កម្រិតទី2 គឺកំលាំងម៉ាស៊ីន 4.4GHz, និង កម្រិតទី3 គឺតម្លៃ $1,457.40 ។ ហើយអ្នកចូលរួមក៏បានផ្តល់ពិន្ទុ 5 ចំពោះកម្រិតចំណង់ចំណូលចិត្តជាបន្តបន្ទាប់ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង១៤-២។

តារាង១៤.២. គំរូការរៀបចំទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី Excel (Excel spreadsheet with conjoint data)

	A	B	C	D	E
1	**Card**	**Brand**	**Processor (GHz)**	**Price**	**Preference**
2	1	Dell	4.40	$ 1,739.00	5
3	2	Dell	4.40	$1,457.40	5
4	3	Dell	4.40	$1,889.00	0
5	4	Dell	4.20	$ 1,739.00	8
6	5	Dell	4.20	$1,457.40	5
7	6	Dell	4.20	$1,889.00	2
8	7	Lenovo	4.40	$ 1,739.00	7
9	8	Lenovo	4.40	$1,457.40	5
10	9	Lenovo	4.40	$1,889.00	3
11	10	Lenovo	4.20	$ 1,739.00	9
12	11	Lenovo	4.20	$1,457.40	6
13	12	Lenovo	4.20	$1,889.00	5
14	13	HP	4.40	$ 1,739.00	10
15	14	HP	4.40	$1,457.40	7
16	15	HP	4.40	$1,889.00	5
17	16	HP	4.20	$ 1,739.00	9
18	17	HP	4.20	$1,457.40	7
19	18	HP	4.20	$1,889.00	6

បន្ទាប់ពីប្រមូលទិន្នន័យពីអ្នកចូលរួមក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវរួចហើយ ជំហានបន្ទាប់គឺត្រូវសរសេរកូដតាមលក្ខណៈសមស្របសម្រាប់ការប៉ាន់ស្មានឧបករណ៍ដោយប្រើសមីការពហុរីគ្រេសសិន (Multiple regression)។ យើងប្រើនីតិវិធីមួយដែលហៅថាការសរសេរកូដ (Dummy code) សម្រាប់អថេរឯករាជ្យ ឬលក្ខណៈពិសេសនីមួយៗផលិតផល។ ការដាក់លេខកូដតាមរបៀប Dummy code មានលក្ខណៈងាយស្រួលជាទីបំផុត។ ក្នុងកូដ Dummy គេប្រើលេខ 1 ដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំងពីវត្តមាននៃលក្ខណៈពិសេសមួយនិងលេខ 0 តំណាងឱ្យអវត្តមានរបស់វា។ គុណលក្ខណៈ**ម៉ាក**នេះត្រូវបានសរសេរក្នុងជួរឈរទី1**កំលាំងម៉ាស៊ីន**នៅក្នុងជួរឈរទី2 និង**តម្លៃ**នៅក្នុងជួរឈរទី3។ តារាងទី 14-4 បង្ហាញលទ្ធផលនៃការអនុវត្តន៍កូដ Dummy។ ជាថ្មីម្តងទៀត យើងឃើញថា កាតទី 1 ត្រូវបានគេកំណត់ថាជា (ម៉ាក Dell កំលាំងម៉ាស៊ីន តំលៃ) ប៉ុន្តែ យើងបានពង្រីកប្លង់ដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំងពីការសរសេរដាំមីកូដ (Dummy code)។

ក្រោយពីការតម្រៀបទិន្នន័យបឋមក្នុងតារាងទី14-1 និងតារាងទី14-2 រួចមក យើងត្រូវប្រើ Dummy code សម្រាប់ធ្វើការវិភាគសមីការពហុរីគ្រេសិន។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវប្រភេទនេះតែងមានសភាពស្មុគស្មាញមិនលែង។ ដូច្នេះ អ្នកត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននៃនីតិវិធីសម្រាប់គណនា Conjoint ដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ ចុះកូដទិន្នន័យតាមវិធី Dummy code

យើងបន្តយកតារាងទី14-2 ដើម្បីចុះលេខកូដទិន្នន័យតាមវិធី Dummy code ដែលត្រូវបានកំណត់នូវព័ត៌មានមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

ម៉ាក (Brand)	កំលាំងម៉ាស៊ីន (Processor)	តម្លៃ(Price)
1 = Dell	1 = 4.40GHz	1 = $1,739.00
2 = Lenovo	2 = 2.40GHz	2 = $1,457.40
3 = HP		3 = $1,889.00

ព័ត៌មានខាងលើនេះគឺជាកូដទិន្នន័យជាថ្នាក់ (Cateorical data) រួចហើយអ្នកសិក្សាត្រូវបន្តទៅជំហាននៃការដាក់លេខកូដតាមវិធី Dummy code ដែល 1 តំណាងឱ្យវត្តមាននៃលក្ខណៈពិសេសរបស់ផលិតផល និងតំណាងឱ្យអវត្តមាននៃលក្ខណៈពិសេសរបស់ផលិតផល (តារាង១៤-៣)។

តារាង១៤.៣: ការកូដទិន្នន័យ Dummy code

Card	Brand			Processor		Price			Preference
	Dell	Lenovo	HP	4.40GHz	4.20GHz	$ 1,739.00	$ 1,457.40	$ 1,889.00	
1	1	0	0	1	0	1	0	0	5
2	1	0	0	1	0	0	1	0	5
3	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	1	0	0	0	1	1	0	0	8
5	1	0	0	0	1	0	1	0	5
6	1	0	0	0	1	0	0	1	2
7	0	1	0	1	0	1	0	0	7
8	0	1	0	1	0	0	1	0	5
9	0	1	0	1	0	0	0	1	3
10	0	1	0	0	1	1	0	0	9
11	0	1	0	0	1	0	1	0	6
12	0	1	0	0	1	0	0	1	5
13	0	0	1	1	0	1	0	0	10
14	0	0	1	1	0	0	1	0	7
15	0	0	1	1	0	0	0	1	5
16	0	0	1	0	1	1	0	0	9
17	0	0	1	0	1	0	1	0	7
18	0	0	1	0	1	0	0	1	6

ជំហានទី2៖ ត្រូវលុបទិន្នន័យក្នុងតារាង១៤-៣

ការលុបទិន្នន័យនេះគឺជាវិធីសាស្ត្រនៃការគណនា Conjoint តាមរបៀបចាស់ដោយប្រើកម្មវិធី Excel ឬ Minitab (Orme, 2010)។ យើងត្រូវលុបទិន្នន័យក្នុងជួរឈរទី1នៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗ (ឧទាហរណ៍៖ Brand:

Dell, Processor: 4.4GHz, និង Price: $1,739.00) ចេញពីតារាង14-3។ តារាង១៤-៤ ខាងក្រោមបង្ហាញទិន្នន័យដែលសល់ពីការលុប។ ហើយការកំណត់កូដនៅក្នុងតារាង១៤-៤នេះនឹងត្រូវបានយកទៅប្រើសម្រាប់ជំហានទី3 ដើម្បីគណនារកលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis)។

តារាង១៤.៤. Dummy code ក្រោយពីការលុបចោលជួរទី1នៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗនៃផលិតផល

	A	B	C	D	E	F	G
1	Card	Brand		Prccessor	Price		Preference
2		Lenovo	HP	4.20GHz	$1,457.40	$1,889.00	
3	1	0	0	0	0	0	5
4	2	0	0	0	1	0	5
5	3	0	0	0	0	1	0
6	4	0	0	1	0	0	8
7	5	0	0	1	1	0	5
8	6	0	0	1	0	1	2
9	7	1	0	0	0	0	7
10	8	1	0	0	1	0	5
11	9	1	0	0	0	1	3
12	10	1	0	1	0	0	9
13	11	1	0	1	1	0	6
14	12	1	0	1	0	1	5
15	13	0	1	0	0	0	10
16	14	0	1	0	1	0	7
17	15	0	1	0	0	1	5
18	16	0	1	1	0	0	9
19	17	0	1	1	1	0	7
20	18	0	1	1	0	1	6

ជំហានទី3៖ កំណត់សមីការពហុរីក្រេសសិន

សមីការពហុរីក្រេសសិននេះត្រូវបានបង្កើតឡើងក្រោយពីការលុបទិន្នន័យដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងតារាង១៤-៤។ ដូច្នេះ សមីការពហុរីក្រេសសិននេះមានទម្រង់ដូចខាងក្រោម៖

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon \qquad (14\text{-}1)$$

ឬសមីការនេះអាចសរសេរជាលម្អិតដូចខាងក្រោម៖

$$\textbf{Preference} = \beta_0 + \beta_1\,(\text{Lenovo}) + \beta_2\,(\text{HP}) + \beta_3\,(\text{Proces: 4.20GHz}) + \beta_4\,(\text{Price: \$1,457.40}) + \beta_5\,(\text{Price: \$1,889.00}) + \varepsilon \qquad (14\text{-}2)$$

ដែល៖

- Y គឺជាអថេរមិនឯករាជ្យ
- X_1ដល់ X_5 គឺជាអថេរឯករាជ្យ
- β_0គឺជាតម្លៃថេរ (Intercept or Constant)
- β_1,β_2,β_3,β_4,និង β_5 គឺជាមេគុណប្រាប់ទិស (Slope) នៃអថេរនីមួយៗក្នុងសមីការរីក្រេសសិន
- ε គឺកំហុសស្តង់ដារ (Stadard Error)

ជំហានទី4៖ គណនា Conjoint តាមកម្មវិធី Excel

- អ្នកសិក្សាត្រូវមានព័ត៌មានរបស់កម្មវិធី Excel ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី14-6ខាងលើ។
- ការគណនា Regression សម្រាប់ការវិភាគ conjoint ក្នុង Excel អ្នកត្រូវកំណត់យកពិន្ទុចំណង់ចំណូលចិត្ត (Preference score) ដាក់ក្នុងជួរឈរ Y ជាអថេរមិនឯករាជ្យដោយជ្រើសរើសយកព័ត៌មានទាំងអស់របស់ Preference score ចូលទៅក្នុងប្រអប់របស់ **[Input Y Range]** និង ត្រូវជ្រើសរើសយកទិន្នន័យក្នុងជួរឈរទាំង5 ដែលជាលេខកូដ dummy បញ្ចូលទៅក្នុងប្រអប់ **[Input X range]** សម្រាប់អថេរឯករាជ្យ។ រួចអ្នកមិនចាំបាច់កំណត់យកអ្វីទាំងអស់ ហើយគ្រាន់តែចុចលើពាក្យ **[OK]** ហើយបានលទ្ធផលដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៧។
- លទ្ធផល ដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៧ គឺជាលទ្ធផលបានពីការវិភាគតាមរីក្រេសសិន។ ដូច្នេះ អ្នកស្រាវជ្រាវត្រូវមានគោលការណ៍កំណត់ ឬ ច្បាប់នៃសូចនាករសម្រាប់ជាក្បួនខ្នាតក្នុងការប្រៀបធៀប ឬវាយតម្លៃលទ្ធផលស្រាវជ្រាវ។ គោលការណ៍វាយតម្លៃមួយចំនួននៃរីក្រេសសិនមាន៖ $\mathrm{R}^2 \geq 0.10\ (10\%)$, $\mathrm{F-value} \geq 4.00$ (Significant *level of* $\mathrm{p-value\ at} < 0.05$), និង $\mathrm{t-value} \geq |1.96|$ (significant level of $\mathrm{p-value\ at} < 0.05$)។ តម្លៃនេះត្រូវបានកំណត់ដោយលោក Hair et al., (2019)។

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.9489
R Square	0.9004
Adjusted R Square	0.8589
Standard Error	0.9428
Observations	18

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	5	96.444	19.289	**21.7**	**1.251E-05**
Residual	12	10.667	0.889		
Total	17	107.111			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*
Intercept	5.833	0.544	10.717	0.000
X Variable 1	1.667	0.544	3.062	0.010
X Variable 2	3.167	0.544	5.818	0.000
X Variable 3	1.111	0.444	2.500	0.028
X Variable 4	-2.167	0.544	-3.980	0.002
X Variable 5	-4.500	0.544	-8.267	0.000

ដ្យាក្រាម១៤.៧. លទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis)

ជំហានទី5៖ ការបកស្រាយលទ្ធផល

ការវិភាគ Conjoint ផ្ដល់នូវលទ្ធផលផ្សេងៗគ្នាដូចជា៖ គុណតម្លៃនៃអត្ថប្រយោជន៍ (path-worth utilities) សារៈសំខាន់ (importances), ចំណង់ចំណូលចិត្ត (preferences) និងគោលបំណងនៃការទិញ (purchase likelihood) ជាដើម។ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះបង្ហាញនូវសមីការរីក្រេសសិន (សមីការ១៤-៣) ដូចខាងក្រោម ដែលត្រូវបានដកស្រង់ចេញពីដ្យាក្រាម១៤-៧។

Preference = 5.833 + 1.667 (Lenovo) + 3.167 (HP) + 1.111 Processor (4.20GHz) – 2.167 (Price: $1,457.40) – 4.500 (Price: $1,889.00) + 0.942។ (14-3)

តម្លៃអថេរ (Constant ឬ Intercept) គឺ 5.833 ហើយតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនងរបស់រីក្រេសសិន (Regression correlation coefficient) R^2 = 0.904 ឬ 90.40% ។ ប្រសិនបើតម្លៃរបស់ R^2 ខិតជិតទៅ 1 (ឬ 100%) នោះតម្លៃរបស់ R^2 បង្ហាញពីភាពខ្លាំងនៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងមិនឯករាជ្យ។ តាមលទ្ធផលនេះ (ដ្យាក្រាមទី 14-7) បង្ហាញថា៖ តម្លៃរបស់ R^2 = 0.904 > 0.10, F = 21.7 > 4.0 (p = 0.000 < 0.05), និងគ្រប់តម្លៃ t-value > |1.96| (p < 0.05)។ ដូច្នេះ គំរូនៃការព្យាករដោយផ្អែកលើលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis) លើចំណូលចិត្តក្នុងការទិញផលិតផលកុំព្យូទ័រយួរដៃម៉ូ ដែលចុងក្រោយនេះគឺរួមមានអថេរតំណាងឱ្យ

ម៉ាក (Brand) កំលាំងម៉ាស៊ីន (Processor) និងតម្លៃ (Price) ពិតជាកត្តាដែលជម្រុញឱ្យអតិថិជនសម្រេចចិត្តទិញពិតប្រាកដមែនរហូតដល់ 90.40%។

៤.២. ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) តាមបែបទំនើប

ការវិភាគបែបទំនើបគឺជារបៀបរៀបចំនៃការពិសោធន៍និងធ្វើការវិភាគទិន្នន័យតាមកម្មវិធី SPSS software 25 ហើយអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវរៀបចំកម្រងសំណួរ និងបែបផែនការងារ (scenario) ឱ្យត្រូវតាមក្បួនខ្នាតនៃការពិសោធន៍ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៨ ដែលបង្ហាញពីបែបផែននៃការធ្វើពិសោធន៍លើកុំព្យូទ័រយួដៃម៉ាក Lenovo ThinkPad X1។ គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវនេះគឺយើងចង់ដឹងថាអតិថិជននឹងមានបំណងទិញនូវម៉ាកកុំព្យូទ័រនេះដោយអាស្រ័យលើគុណលក្ខណៈអ្វីខ្លះរបស់ផលិតផល។ បន្ទាប់មកយើងយកព័ត៌មានក្នុងដ្យាក្រាមនេះទៅរៀបចំចងក្រងទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS នឹងឈានទៅរកការបង្កើតម្រងសំណួរដើម្បីធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិ។ សូមមើលជំហាននៃការរៀបចំទិន្នន័យនេះនៅចំណុចបន្តបន្ទាប់ដូចខាងក្រោម។

MODEL2021: Lenovo ThinkPad X1 Carbon Generation 9th (14″)

គុណលក្ខណៈ (Attributes)	កម្រិត A (Level A)	កម្រិត A (Level B)	កម្រិត A (Level C)	(ខ្នាតរង្វាស់ទិន្នន័យ) Data Measurement
Processor	2.60GHz	4.20GHz	4.40GHz	Nominal
Price	$1,457.40	$1,661.40	$1,811.40	Nominal
Battery Life	>16.7hrs	>19.5hrs	N/A	Ratio

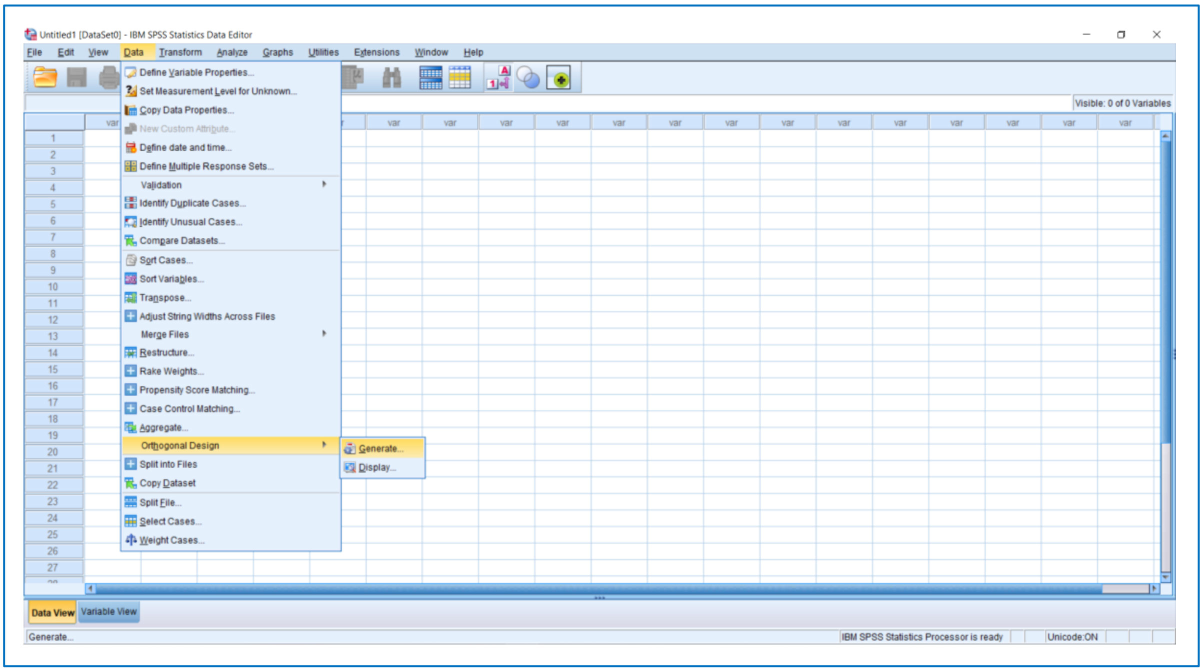
បែបផែននៃការពិសោធន៍៖ 3 x 3 x 2 = 18 ករណីរួមបញ្ចូលគ្នា

ដ្យាក្រាម១៤.៨. ការពិសោធន៍អំពីការសម្រេចចិត្តរបស់អតិថិជនក្នុងការទិញម៉ាក Lenovo ThinkPad X1

ជំហានទី1៖ បង្កើតទិន្នន័យទី1 តាមរបៀបអរតូកូណាល់ (Orthogonal Design)

ក្នុងជំហានទី1នេះ យើងលើកយកព័ត៌មានពីដ្យាក្រាម១៤-៨ មករៀបចំបង្កើតកាត (Card) សម្រាប់បង្ហាញពីគុណលក្ខណៈរបស់ផលិតផល (Product Attributes) និងកម្រិតនៃអត្ថប្រយោជន៍របស់ផលិតផល (Path-worth utilities) ដើម្បីឈានទៅរកការបង្កើតកម្រងសំណួរក្នុងជំហានទី2។ សូមអនុវត្តន៍ជំហានទី1 នេះ តាមដំណាក់កាលនីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

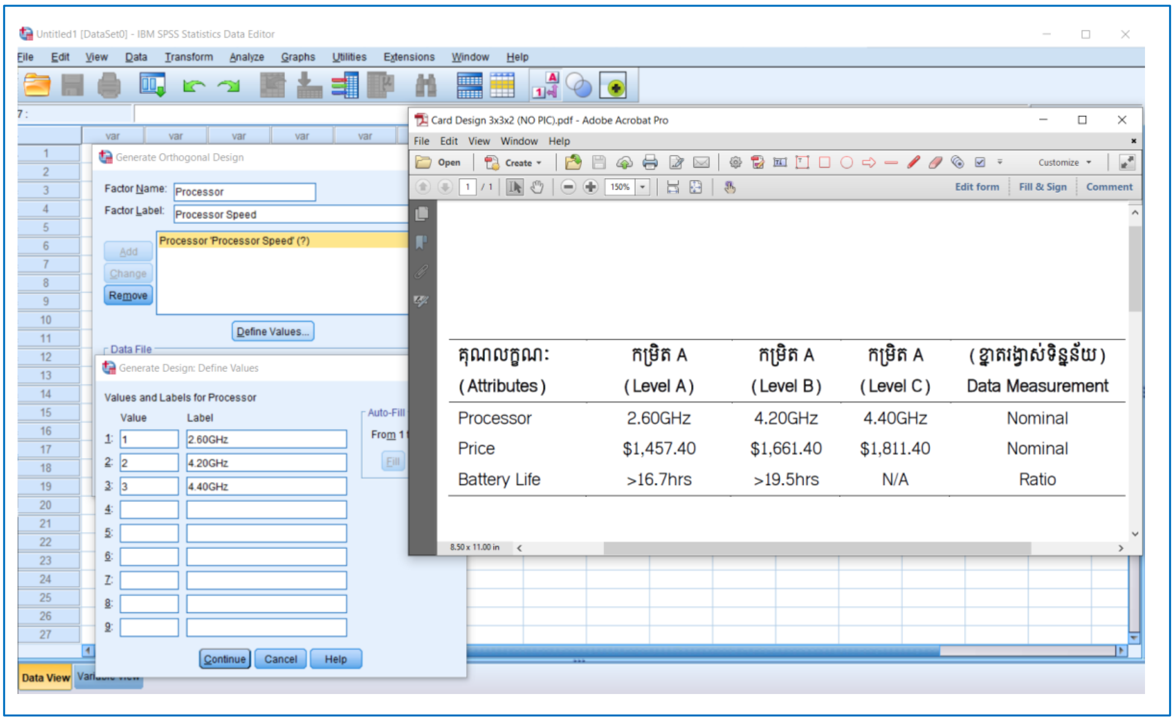
- បើកកម្មវិធី SPSS → រួចត្រូវចុចយកពាក្យ [Data] → ចុចលើ [Orthogonal Design] → ជ្រើសរើសយក [Display] → អ្នកនឹងឃើញផ្ទាំង Windows របស់ SPSS ថ្មីដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៩។



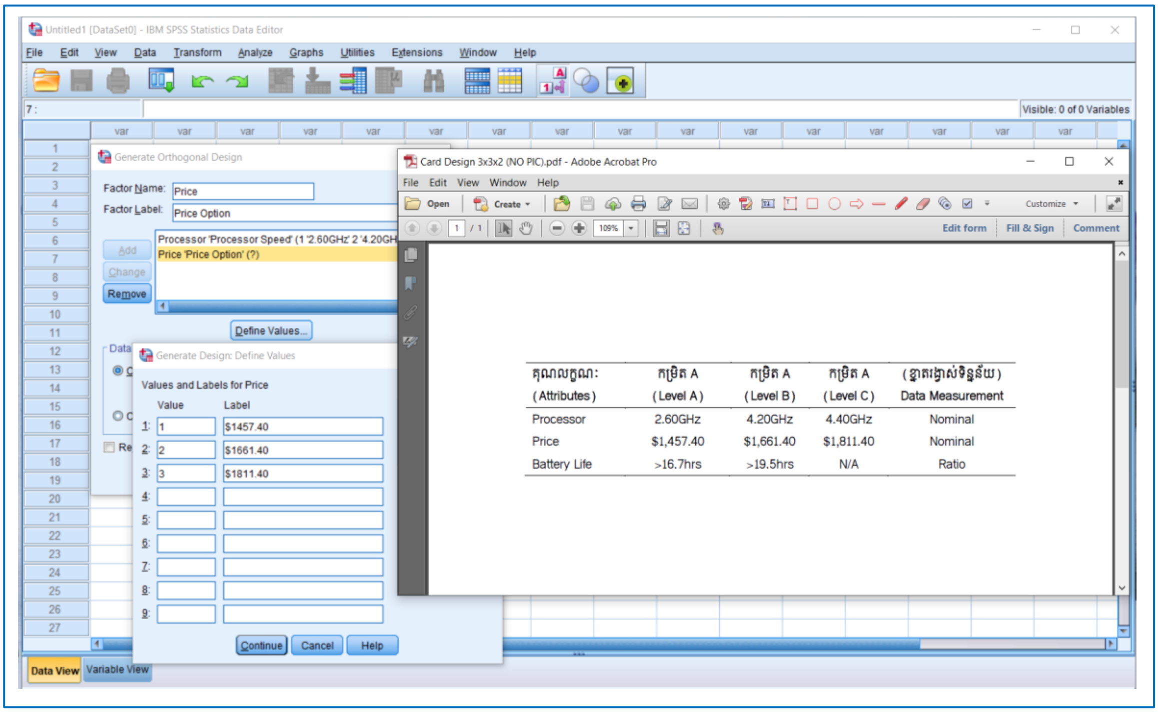
ដ្យាក្រាម១៤.៩. បង្កើតទិន្នន័យតាមរបៀបអរតូកូណាល់ Orthogonal Design

ក្រោយពីបានព័ត៌មានដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-៩ យើងត្រូវចងកូដទិន្នន័យដើម្បីបង្កើតកម្រិតនៃគុណលក្ខណៈរបស់ផលិតផលដោយអនុវត្តតាមដ្យាក្រាម១៤-១០ ខាងក្រោម។

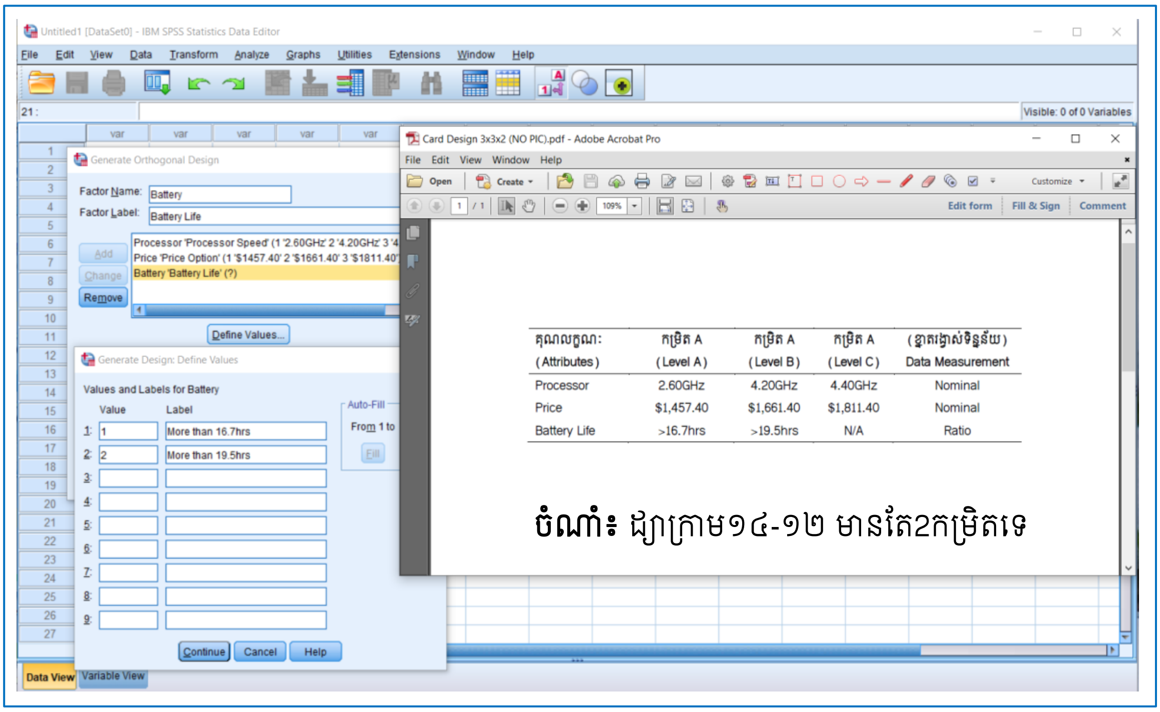
- នៅត្រង់ពាក្យ [Factor Name] យើងត្រូវយកគុណលក្ខណៈ (attribute) ទី1 នៃ "កំលាំងម៉ាស៊ីន [Processor]" មកវាយបញ្ចូលឱ្យបានត្រឹមត្រូវបំផុត។ បន្ទាប់មក ដាក់ឈ្មោះគុណលក្ខណៈទី1ជា [Processor Speed] ទៅក្នុងប្រអប់ [Factor Label]។ រួចហើយចុចលើពាក្យ [Add] ហើយចុចលើ [Define Value] នោះអ្នកឃើញផ្ទាំងទទេមួយសម្រាប់ឱ្យយើងបំពេញក្នុងជួរឈរ [Value] គឺសម្រាប់តាងជាលេខ ព្រោះវាស្គាល់តែលេខប៉ុណ្ណោះ។ រីឯជួរឈរ [Label] គឺសម្រាប់តាងអក្សរ រួចហើយយើងត្រូវចុចពាក្យ [Continue]។ អ្នកត្រូវបន្តធ្វើវាហូតដល់អស់ទិន្នន័យដូចដែលមានក្នុងដ្យាក្រាមទី14-8។ ចូរមើលឧទាហរណ៍ដែលបានបង្ហាញស្រាប់ចំពោះគុណលក្ខណទាំងអស់ក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១០ ដល់ដ្យាក្រាម១៤-១២។



ដ្យាក្រាម១៤.១០. បង្កើតទិន្នន័យអត្ថេកូណាល់ Orthogonal Design—[Processor]



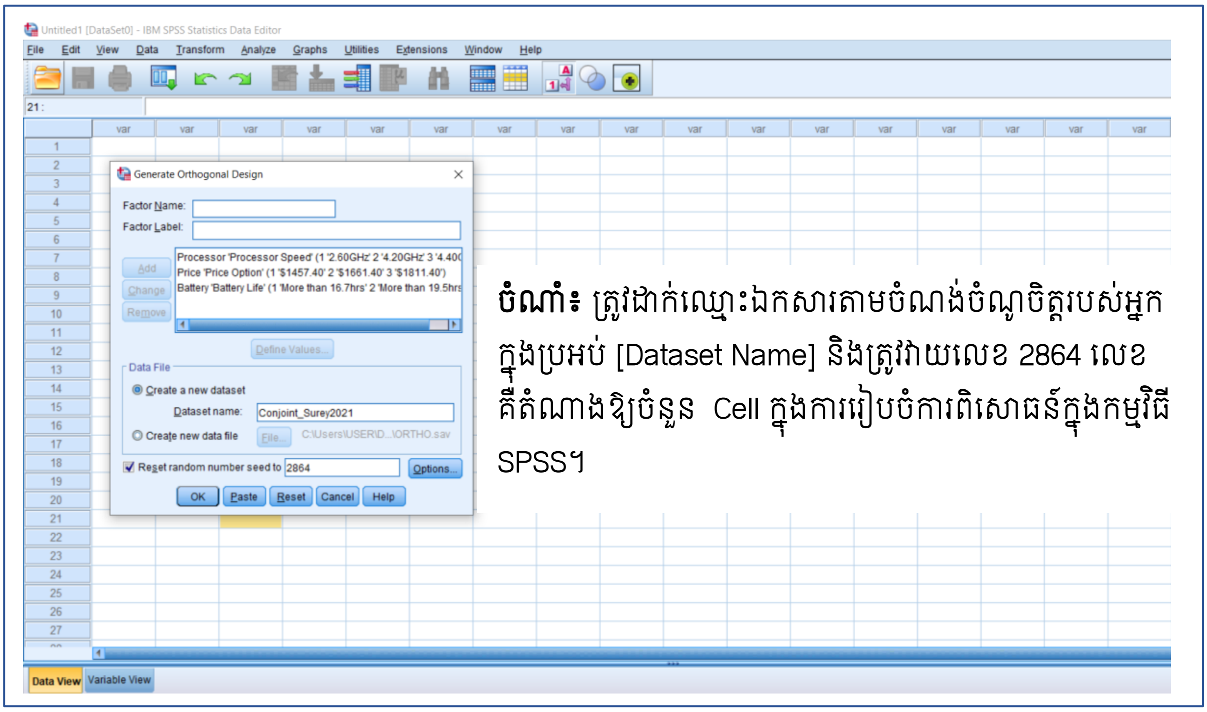
ដ្យាក្រាម១៤.១១. បង្កើតទិន្នន័យអត្ថេកូណាល់ Orthogonal Design—[Price Option]



ដ្យាក្រាម១៤.១២. បង្កើតទិន្នន័យអរតូកូណាល់ Orthogonal Design—[Battery Life]

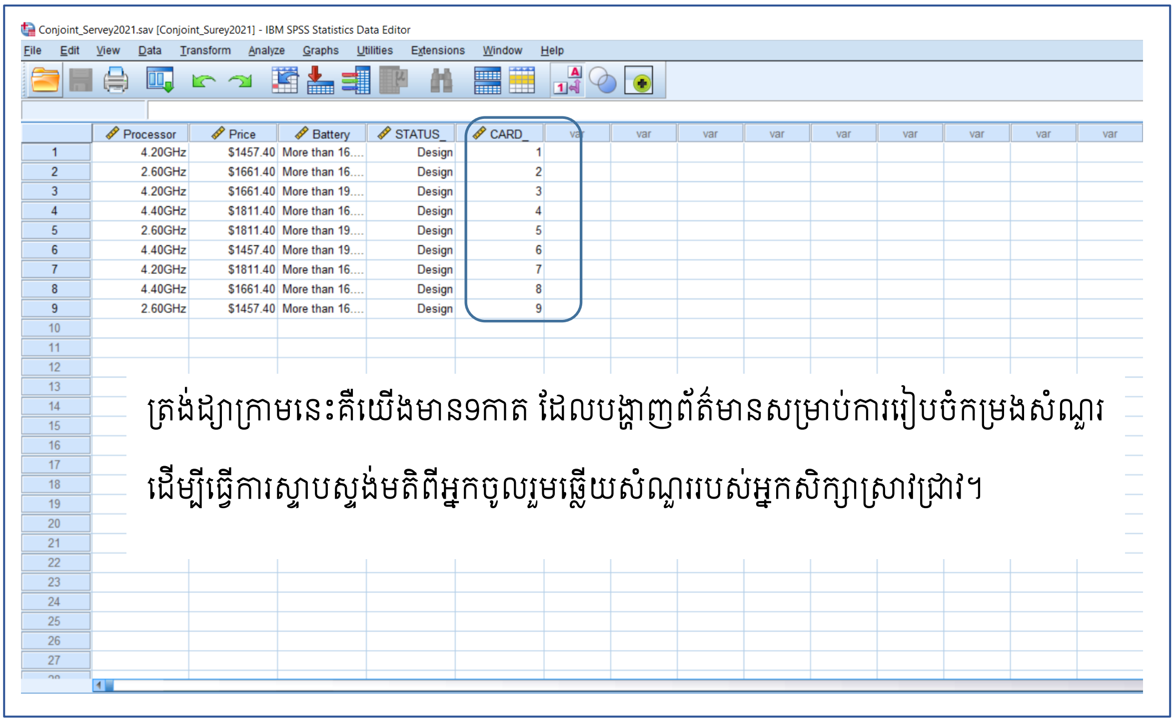
បន្ទាប់ពីចប់ជំហានក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១២ អ្នកត្រូវដាក់ឈ្មោះឯកសារ និងរក្សាឯកសារទុកនៅក្នុងប្រអប់ពាក្យ **[Dataset Name]** និងអ្នកត្រូវវាយលេខ **2864** ក្នុងប្រអប់ **[Reset random number seed to]** (ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៣) រួចចុចយក **[OK]** ។ លេខ **2864** នេះគឺជាតំណាងឱ្យការតម្រៀបដោយចៃដន្យសម្រាប់ចំនួនករណីនៃការរៀបចំពិសោធន៍ ប៉ុន្តែវាមិនមែនជាចំនួនករណីនៃការពិសោធទេ។ ចំនួនករណីពិសោធន៍ក្នុងមេរៀននេះគឺមានត្រឹមតែ 3 x 3 x 2 = 18 ករណីប៉ុណ្ណោះ។ បន្ទាប់មក អ្នកនឹងបានទិន្នន័យដូចមានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៤។

ចំណាំ៖ ត្រូវរក្សាទុកឯកសារ (Save data file) របស់ទិន្នន័យទី1នេះនៅក្នុងថតឯកសារ (Folder) រួមគ្នាជាមួយទិន្នន័យទី2 ដោយចំបាច់ត្រូវដាក់ឈ្មោះឯកសារកុំឱ្យជាន់គ្នា។



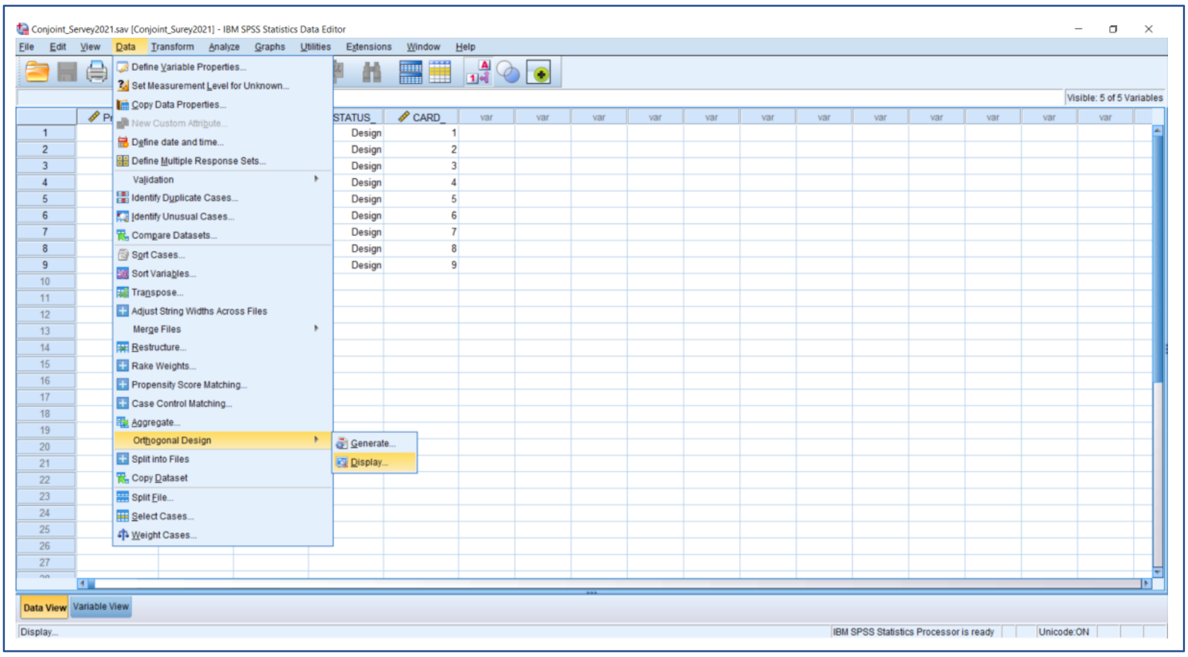
ដ្យាក្រាម១៤.១៣. រក្សាទិន្នន័យទុកក្នុងថតឯកសារ

តាមដ្យាក្រាម១៤-១៤ នេះ យើងទទួលបានកាតចំនួន 9 ដែលជាព័ត៌មានសម្រាប់ការរៀបចំកម្រងសំណួរ ដើម្បីធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួររបស់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ហើយកម្រងសំណួរត្រូវមានចំនួន 9 ប្រភេទ (versions) ខុសៗគ្នា ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៥ និងដ្យាក្រាម១៤-១៦។



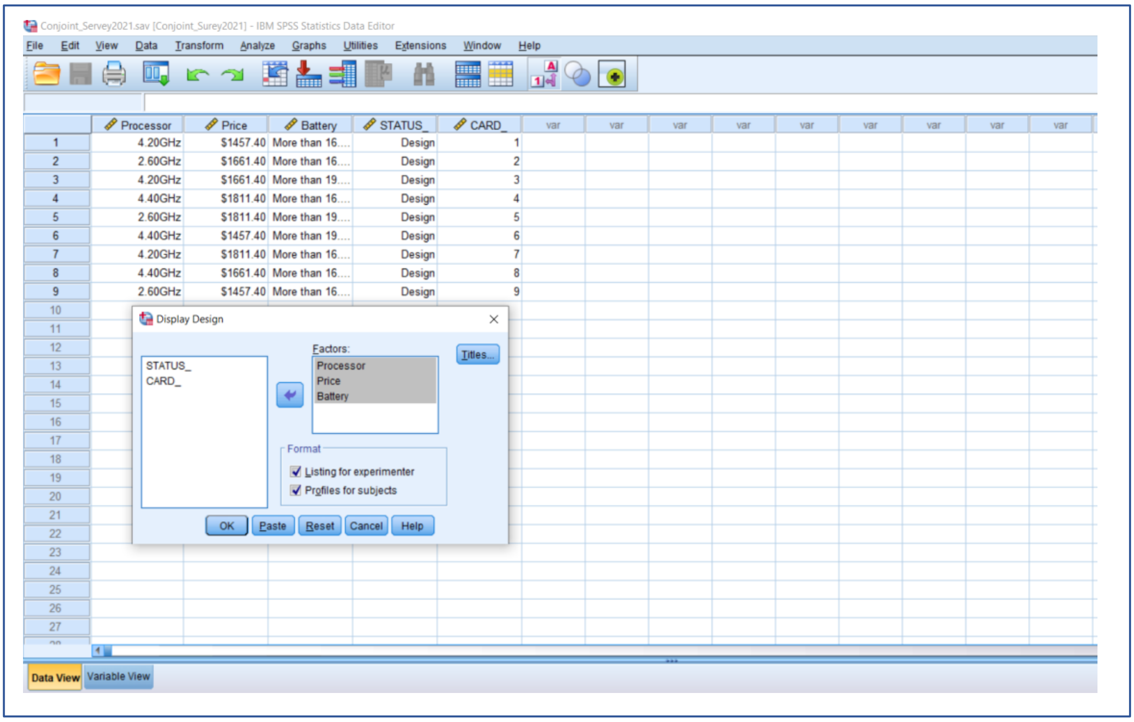
ដ្យាក្រាម១៤.១៤. លទ្ធផលនៃការបង្កើតទិន្នន័យទី1

ដើម្បីបានលទ្ធផលដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៥ និង១៤-១៦ ត្រូវចុចយក [Data] → [Orthogonal Design] → រួចយក [Display] → អ្នកនឹងឃើញផ្ទាំង Windows របស់ SPSS ថ្មីដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៥។



ដ្យាក្រាម១៤.១៥. ការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ

ក្រោយពីការបង្ហាញផ្ទាំងថ្មីរបស់ SPSS ដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៥ អ្នកត្រូវជ្រើសរើសយកពាក្យ "កំលាំងម៉ាស៊ីន (Processor)" "តម្លៃ (Price)" និង "ថ្ម (Battery)" ដាក់ទៅក្នុងប្រអប់ខាងឆ្វេងដៃ **[Factor]** ហើយដាក់សញ្ញាធីក (√) លើ (Check on) ប្រអប់របស់ **[Listing for experimenter]** និង **[Profiles for subject]** រួចចុចលើពាក្យ **[OK]**។ បន្ទាប់មក អ្នកនឹងទទួលបានលទ្ធផល (Outputs) របស់វាដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៧។



ដ្យាក្រាម១៤.១៦. ការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ

ព័ត៌មានក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៧ នេះគឺជាកាតទិន្នន័យដែលសម្រាប់ជាការបង្ហាញដល់អ្នកស្រាវជ្រាវ ក្នុងការរៀបចំកម្រងសំណួរឱ្យបានត្រឹមត្រូវតាមនីតិវិធីនៃការរៀបចំការពិសោធន៍ក្នុងជំហានទី2។ ហើយ រាល់ព័ត៌មានដែលមាននៅក្នុងបញ្ជីកាតនេះ (Card List) និងត្រូវបានយកទៅសរសេរកូដក្នុង Syntax ផងដែរ។

Card List

	Card ID	Processor Speed	Price Option	Battery Life
1	1	4.20GHz	$1457.40	More than 16.7hrs
2	2	2.60GHz	$1661.40	More than 16.7hrs
3	3	4.20GHz	$1661.40	More than 19.5hrs
4	4	4.40GHz	$1811.40	More than 16.7hrs
5	5	2.60GHz	$1811.40	More than 19.5hrs
6	6	4.40GHz	$1457.40	More than 19.5hrs
7	7	4.20GHz	$1811.40	More than 16.7hrs
8	8	4.40GHz	$1661.40	More than 16.7hrs
9	9	2.60GHz	$1457.40	More than 16.7hrs

ដ្យាក្រាម១៤.១៧. លទ្ធផលនៃការបង្ហាញកាតទិន្នន័យ

ជំហានទី2៖ រៀបចំពិសោធន៍ដោយបង្កើតកម្រងសំណួរ (Stimuli experimental Design)

អ្នកត្រូវរៀបចំទម្រង់គំរូនៃកម្រងសំណួរសម្រាប់ធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិឱ្យបានចំនួន9ច្បាប់ (version) ខុសៗគ្នាទៅតាមកាតនីមួយៗដែលបានផ្តល់ជូនក្នុងតារាងបញ្ជីកាត (សូមមើលដ្យាក្រាម១៤-១៧ខាងលើ)។ ចំណែកដ្យាក្រាម១៤-១៨ និង១៤-១៩ គ្រាន់តែជាឧទាហរណ៍ក្នុងការបង្កើតទម្រង់កម្រងសំណួរប៉ុណ្ណោះ។

ការស្ទាបស្ទង់មតិនេះមានបំណងចង់វាស់វែងនូវចេតនា ឬការសម្រេចចិត្តក្នុងការទិញកុំព្យូទ័រយួរដៃម៉ូដែល 2021 ពីក្រុមហ៊ុន Lenovo ដែលមានម៉ាក Lenovo ThinkPad X1 Carbon ជំនាន់ទី 9 (Generation 9th)។ របៀបធ្វើកម្រងសំណួរ និងប្រមូលទិន្នន័យនេះគឺទទួលបានបន្ទាប់ពីអ្នកលក់បានពន្យល់លម្អិតអំពីមុខងាររបស់កុំព្យូទ័រ ព្រមទាំងតម្លៃរបស់វាផងដែរ។ បន្ទាប់មក យើងបានចែកកម្រងសំណួរនេះជូនពួកគាត់បំពេញ ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៨ និងដ្យាក្រាម១៤-១៩។

ការស្ទាបស្ទង់មតិតាមរយៈការពិសោធនេះប្រមូលបានទិន្នន័យសរុបចំនួន18 សំណុំ ដែលស្មើនឹងចំនួនអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរ (Respondents) 18 នាក់ ក្នុងនោះ យើងបានចែកកម្រងសំណួរនេះសរុបចំនួន 50 ច្បាប់នៅទីតាំងលក់ចំនួន 8 កន្លែងដែលបាននាំចូលម៉ាកកុំព្យូទ័រល្បីៗជាច្រើននារដូវចូលឆ្នាំចិន 2021 ក្នុងរាជធានីភ្នំពេញ ។

ក្រោយពីប្រមូលបាននូវទិន្នន័យនេះរួចមក យើងបានរៀបចំបញ្ចូលទិន្នន័យទៅក្នុងកម្មវិធី SPSS ដែលបានបង្ហាញក្នុងជំហានទី3 ខាងក្រោម។ ត្រង់នីតិវិធីនេះ អ្នកចូលរួមម្នាក់នឹងឆ្លើយនូវកម្រងសំណួរខុសៗគ្នាសម្រាប់កាតទាំង9 នោះព្រមពេលជាមួយគ្នាតែម្តង។

ចេតនានៃការទិញ

Purchasing Intention (PI1)

សំណួរទី1សម្រាប់កាតទី1៖ តើអ្នកមានបំណងទិញកុំព្យូទ័រនេះខ្លាំងប៉ុណ្ណា? ប្រើពិន្ទុពី 1 ដល់ 10 ដែល 1 = មិនមានបំណងទិញ និង 10 = ប្រាកដជានឹងទិញ។ បន្ទាប់ពីអ្នកបានពិនិត្យមើលព័ត៌មានខាងក្រោមនេះរួចរាល់ហើយ ចូរអ្នកផ្តល់ពិន្ទុខាងក្រោមក្នុងការសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសម៉ាកកុំព្យូទ័រ Lenovo ThinkPad X1 Carbon Generation 9th ។

<table>
<tr><td colspan="5">កាតទី1 (Card 1)</td><td colspan="5">ID:111</td></tr>
<tr><td colspan="5">ល្បឿនម៉ាស៊ីន (Processor Speed)</td><td colspan="5">4.20GHz</td></tr>
<tr><td colspan="5">ជម្រើសតម្លៃ (Price Option)</td><td colspan="5">$1457.40</td></tr>
<tr><td colspan="5">អាយុថ្ម (Battery Life)</td><td colspan="5">ច្រើនជាង 16.7ម៉ោង (More than 16.7hrs)</td></tr>
<tr><td colspan="10">កម្រិតនៃការផ្តល់ពិន្ទុដោយគូរង្វង់លើលេខណាមួយដែលអ្នកសម្រេចចិត្ត</td></tr>
<tr><td colspan="10">មិនមានបំណងទិញ ↔ ប្រាកដជានឹងទិញ</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr>
</table>

ដ្យាក្រាម១៤.១៨. កម្រងសំណួរសម្រាប់កាតទី1 នៃ 9

ចេតនានៃការទិញ

Purchasing Intention (PI2)

សំណួរទី2សម្រាប់ភាគទី2៖ តើអ្នកមានបំណងទិញកុំព្យូទ័រនេះខ្លាំងប៉ុណ្ណា? ប្រើពិន្ទុពី 1 ដល់ 10 ដែល 1 = មិនមានបំណងទិញ និង 10 = ប្រាកដជានឹងទិញ។ បន្ទាប់ពីអ្នកបានពិនិត្យមើលព័ត៌មានខាងក្រោមនេះរួចរាល់ហើយ ចូរអ្នកផ្តល់ពិន្ទុខាងក្រោមក្នុងការសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសនូវម៉ាកកុំព្យូទ័រ Lenovo ThinkPad X1 Carbon Generation 9th ។

ភាគទី2 (Card 2)					ID:222				
ល្បឿនម៉ាស៊ីន (Processor Speed)					2.60GHz				
ជម្រើសតម្លៃ (Price Option)					$1661.40				
អាយុថ្ម (Battery Life)					ច្រើនជាង 16.7ម៉ោង (More than 16.7hrs)				
កម្រិតនៃការផ្តល់ពិន្ទុដោយគូរង្វង់លើលេខណាមួយដែលអ្នកសម្រេចចិត្ត									
មិនមានបំណងទិញ		←				→			ប្រាកដជានឹងទិញ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

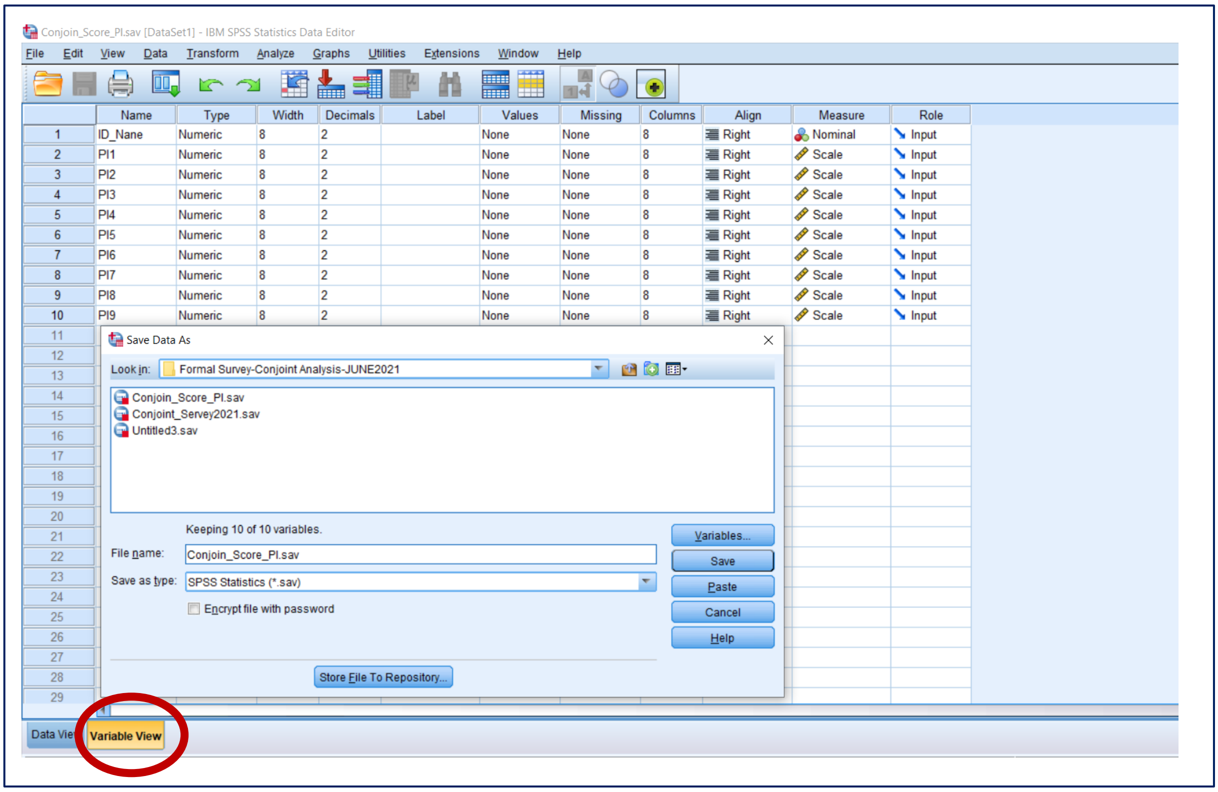
ដ្យាក្រាម១៤.១៩. កម្រងសំណួរទី2 សម្រាប់កាតទី12 នៃ 9

ជំហានទី3៖ បញ្ចូលទិន្នន័យទី2ក្នុង SPSS

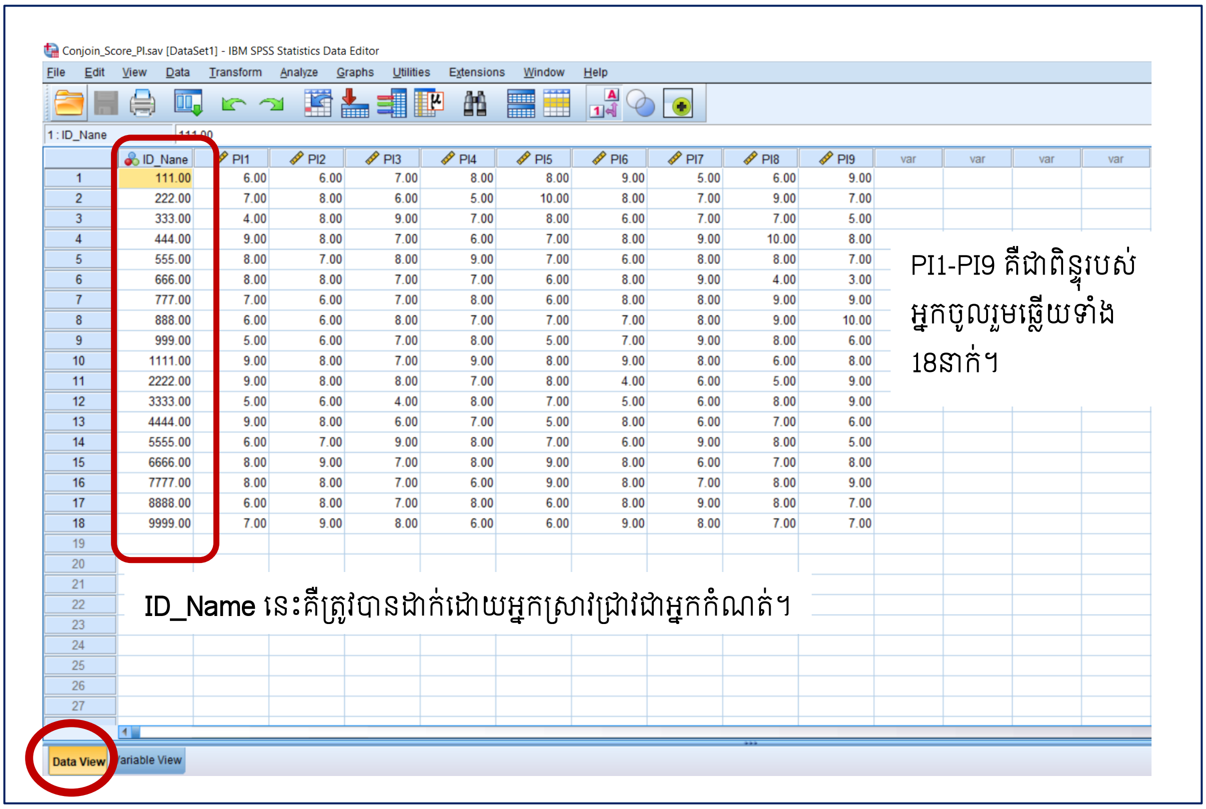
អ្នកត្រូវដាក់ឈ្មោះនិងរក្សាទុកដាក់ឯកសារ (name and save file and folder) នីមួយៗឱ្យងាយស្រួលរកក្នុងកុំព្យូទ័រ ទាំងទិន្នន័យទី1 និងទី2។ មេរៀននេះបានរក្សាឯកទុកនៅលើ Desktop ដែលមានឈ្មោះ [Formal Survey-Conjoint Analysis-2021] ហើយក្នុងនោះ មានឈ្មោះឯកសារពីរទៀតគឺ Conjoint_Servey2021 និង Conjoint_Score_PI។ ត្រូវចាំថា ឈ្មោះឯកសារទី1 និងទី2 នឹងត្រូវបានយកទៅប្រើក្នុងការហៅឈ្មោះនៅពេលបង្កើតសាំងតាក់ (Syntax) សម្រាប់គណនារកតម្លៃតាមការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២២។

ដ្យាក្រាម១៤-២០ បង្ហាញពីការចេងកូដ និងបញ្ចូលទិន្នន័យ ក្រោយពីធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិដែលទទួលបានពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរទាំង18នាក់។ នៅក្នុងផ្នែកនៃ [Variable View] គឺវាទទួលស្គាល់តែអក្សរទេ ហើយយើង

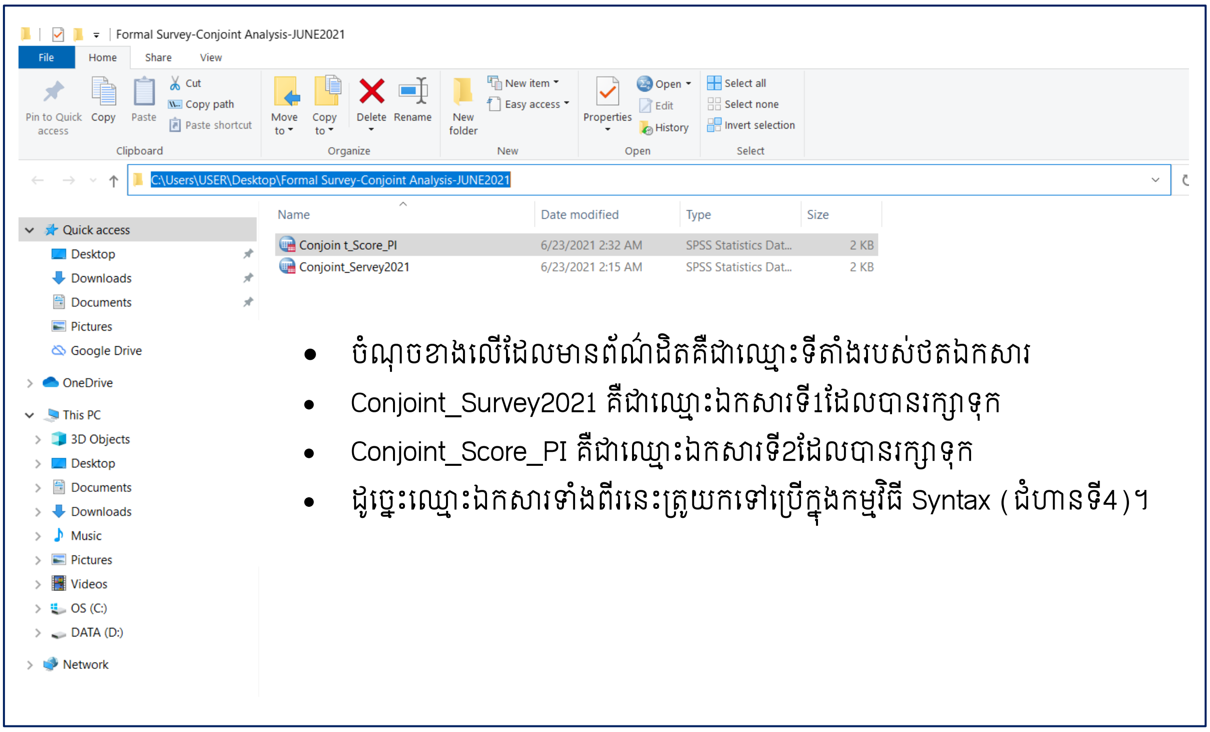
បានកំណត់ និងតាងកូដរបស់ "ចេតនានៃការទិញ" PI (Purchasing Intention) ដែលមានអក្សរកូដពី PI1 ដល់ PI9។ នេះបានន័យថា ពិន្ទុនឹងត្រូវបានដកស្រង់យកមកបញ្ចូលក្នុងកម្មវិធី SPSS ពីកម្រងសំណួរខុសៗគ្នាទាំង 9 នោះ ដែលក្នុងនោះ កម្រងសំណួរទី1 តំណាងឱ្យ PI1, កម្រងសំណួរទី2 តំណាងឱ្យ PI2, …… រហូតដល់កម្រងសំណួរទី9 តំណាងឱ្យ PI9 ដូចបានបង្ហាញជាគំរូក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២០។ រីឯ ដ្យាក្រាម១៤-២១ បង្ហាញពីផ្នែកនៃការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុង [Data View]។ ត្រង់នេះសម្រាប់បញ្ចូលនូវពិន្ទុដែលអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរបានផ្តល់ជូនទាំង18នាក់។ ម្យាងវិញទៀត តួអក្សរនីមួយៗដែលបានតាងក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២០ និង១៤-២១ នេះ នឹងត្រូវបានយកទៅសរសេរកូដសម្រាប់គណនាតាមការវិភាគរួម (Conjoint analysis)។ ដូច្នេះ នីតិវិធីក្នុងការកំណត់អក្សរកូដត្រូវតែមានភាពច្បាស់លាស់ បើមិនដូច្នោះទេ កំហុសសាំងតាក់ (Syntax) នឹងកើតមាន ដែលបណ្តាលឱ្យកម្មវិធីកុំព្យូទ័រមិនអាចស្គាល់តួអក្សរ ឬកូដទាំងនោះបាន ហើយក៏មិនអាចចេញលទ្ធផលឱ្យយើងបានដែរ។ **ឧទាហរណ៍៖** ត្រង់ពាក្យ [ID_Name] នេះ ពេលចាប់សរសេរកូដ អ្នកត្រូវសរសេរឱ្យដូចគ្នាទាំងស្រុង ទើបមិនមានកំហុសសាំងតាក់ (Syntax) ហើយកម្មវិធីកុំព្យូទ័រអាចអានយល់ និងអាចស្វែងរកលេខកូដដូចជា 111, 222, …រហូតដល់ទី9999 ដែលមានទាំងអស់ចំនួន18នាក់នោះបាន។ ការតាងលេខកូដ និងកំណត់កូដនៅក្នុងជួរឈរទី1នៃដ្យាក្រាម១៤-២១ នេះ គឺទៅតាមចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ គឺមិនមែនជាការកំណត់ដោយកម្មវិធីនោះទេ។



ដ្យាក្រាម១៤.២០. ការចងកូដនិងដាក់ឈ្មោះឯកសារទី2 (Variable View)



ដ្យាក្រាម១៤.២១. ការចងកូដនិងដាក់ឈ្មោះឯកសារទី2 (Data View)



ដ្យាក្រាម១៤.២២. ថតឯកសារនិងការរក្សាទុកឯកសារ

ជំហានទី4៖ បង្កើតសាំងតាក់ស (Conjoint Syntax)

ការសរសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax) នេះគឺមានសភាពស្មុគស្មាញបន្តិចប្រសិនបើយើងអនុវត្តមិនបានត្រឹមត្រូវតាមជំហាននីមួយៗដែលបានបង្ហាញជូនខាងលើ។ ខាងក្រោមនេះគ្រាន់តែជាឧទាហរណ៍គំរូនៃការសរសេរ

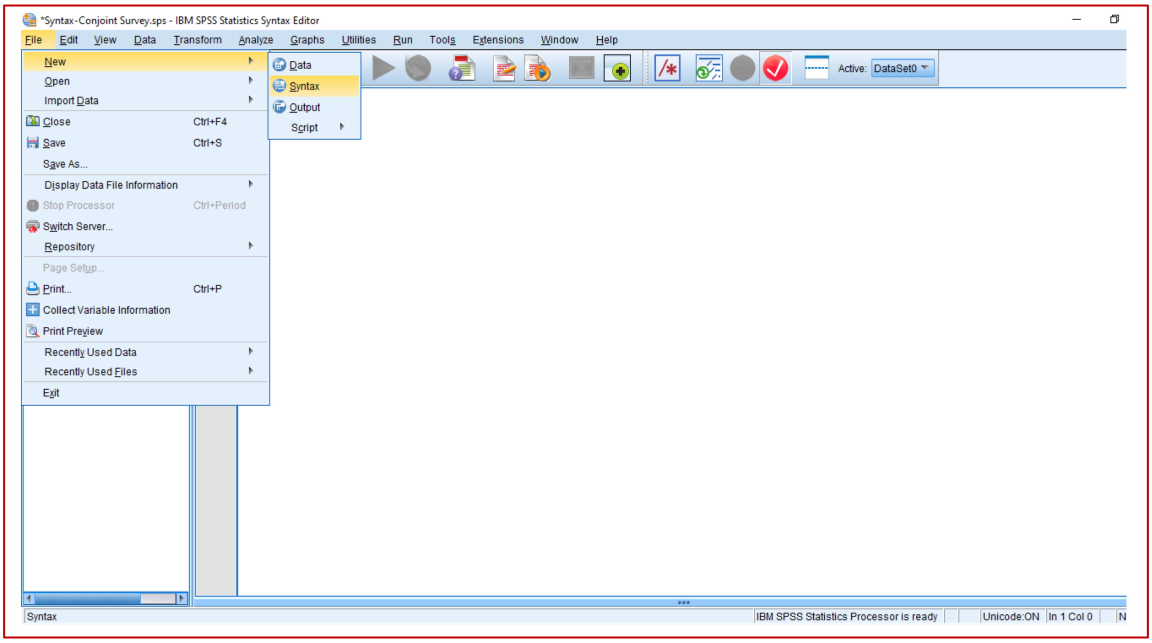
កូដជាសាំងតាក់ (Syntax) សម្រាប់ប្រើកម្មវិធីកុំព្យូទ័រដើម្បីវិភាគសរុប (Conjoint analysis) លើទិន្នន័យដែលបានពីការស្ទាបស្ទង់មតិតែប៉ុណ្ណោះ។ កម្មវិធីវិភាគសរុប (Conjoint analysis) មិនទាន់មានមុខងារដែលអាចគណនាលទ្ធផលតាមរយៈកម្មវិធី SPSS ផ្ទាល់ដូចជា រីគ្រេសសិន Logistic, ANOVA ឬ MONOVA ជាដើមនោះនៅឡើយទេ។ អ្នកស្រាវជ្រាវណា ដែលមានបំណងចង់វិភាគទិន្នន័យតាមឧបករណ៍វិភាគសរុប (Conjoint analysis) នេះ ត្រូវតែសរសេរកូដឱ្យបានត្រឹមត្រូវ កុំឱ្យមានកំហុសសាំងតាក់ឱ្យសោះ ទើបអាចទទួលបានលទ្ធផល។

ឧទាហរណ៍៖ ការសរសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax) សម្រាប់ការវិភាគរួម (Conjoint analysis) គឺត្រូវបានកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

អ្នកអាចយកគំរូកូដទាំងនេះទៅសរសេរជាសាំងតាក់ (Syntax) ដែលមានមុខងារក្នុងកម្មវិធី SPSS។ សូមពិនិត្យជំហាននៃការសរសេរកូដជាសាំងតាក់ដូចខាងក្រោម៖

```
CONJOINT PLAN = 'Conjoint_Servey2021.sav'
/DATA = 'Conjoint_Score_PI.sav'
/SCORE = PI1 TO PI9
/SUBJECT = ID_Nane
/FACTORS = Processor (DISCRETE) Price (DISCRETE) Battery (LINEAR)
/PLOT = ALL
/UTILITY = 'ConjointData_Proj4_Output.sav'
/PRINT = ALL.
```

ជំហានទី1៖ បើកកម្មវិធី SPSS → រកមើលពាក្យ [File] → ចុចយកពាក្យ [New] → ជ្រើសរើសយកពាក្យ [Syntax] (ដ្យាក្រាម១៤-២៣) ហើយអ្នកនឹងឃើញផ្ទាំង Windows ថ្មីរបស់វា → រួចបន្តទៅជំហានទី2 ។



ដ្យាក្រាម១៤.២៣. នីតិវិធីនៃការសរសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax)

ជំហានទី2៖ ក្នុងជំហាននេះ អ្នកគ្រាន់តែចម្លង (Copy) កូដជាសាំងតាក់ (Syntax) ខាងលើ យកទៅបញ្ចូលក្នុងប្រអប់ខាងស្តាំដៃ ដូចគំរូក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២៤បាន។ រួចហើយ ត្រូវដាក់ឈ្មោះឯកសារឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងស្រួលរកនៅពេលត្រូវការប្រើឡើងវិញជាចាំបាច់។

នៅក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២៤គឺមានព័ត៌មានមួយចំនួនដែលអ្នកត្រូវយកចិត្តទុកដាក់ឱ្យបានហ្មត់ចត់ដូចជា៖

- **CONJOINT PLAN = 'Conjoint_Servey2021.sav'**

នៅក្នុង **/CONJOINT PLAN** ត្រូវដាក់ឈ្មោះឯកសារទី1 ដែលបានរក្សាទុកក្នុងថតឯកសារកន្លងមក។ ដូច្នេះ អ្នកត្រូវចម្លង (copy) ឈ្មោះនេះមកដាក់ក្នុងសញ្ញានេះ ‘Data file.sav’ ហើយត្រូវមានពាក្យ [.sav] នៅខាងចុងឈ្មោះឯកសារទី1។

- **/DATA = 'Conjoint_Score_PI.sav'**

នៅក្នុង **/DATA** ត្រូវដាក់ឈ្មោះឯកសារទី2 ដែលបានរក្សាទុកក្នុងថតឯកសារកន្លងមក។ ដូច្នេះ អ្នកត្រូវចម្លង (copy) ឈ្មោះនេះមកដាក់ក្នុងសញ្ញានេះ 'Data file.sav' ហើយត្រូវមានពាក្យ [.sav] នៅខាងចុងនៃឈ្មោះឯកសារទី2។

- **/SCORE = PI1 TO PI9**

ចំពោះ **/SCORE** គឺសម្រាប់កំណត់កូដទិន្នន័យដែលតំណាងឱ្យចំនួនកម្រងសំណួរទាំង9នោះ ដែលមានកំណត់ក្នុងដំណាក់កាលនៃការចងកូដ និងបញ្ចូលទិន្នន័យខាងលើ។ នេះបានន័យថា ការសិក្សានេះមានកម្រងសំណួរចំនួន9ឈុតខុសៗគ្នា ចាប់ពីកម្រងសំណួរទី1ដែលតាងដោយ PI1 ដល់សំណួរទី9 តាងដោយ PI9 ជាដើម។ ហើយពាក្យ **[TO]** ដែលនៅចន្លោះពាក្យ PI1 និង PI9 នេះគឺត្រូវតែជាអក្សរធំ។

- /SUBJECT = ID_Nane

ចំពោះ **/SUBJECT** គឺត្រូវយកកូដរបស់កម្រងសំណួរដែលបានតាងក្នុងកូឡោនទី1នៃទិន្នន័យទី2ដែលមានពាក្យ [ID_Name] ត្រង់នេះអ្នកសិក្សាត្រូវវាយពាក្យឱ្យដូចគ្នាទាំងស្រុងនូវអ្វីដែលយើងបានកំណត់ក្នុងការចងកូដពីជំហានដំបូង។

- **/FACTORS = Processor (DISCRETE) Price (DISCRETE) Battery (LINEAR)**

ចំពោះ **/FACTORS** គឺត្រូវកំណត់យកពាក្យ "គុណលក្ខណៈ (attributes)" ដែលបានតាងក្នុងទិន្នន័យទី 1 ដែលមាន [កំលាំងម៉ាស៊ីន Processor] ត្រូវបានកំណត់មុខងារជា (DISCRET) [តម្លៃ (Price)] ត្រូវបានកំណត់មុខងារជា (DISCRET) និង [ថ្ម (Battery)] ត្រូវបានកំណត់មុខងារជា (LINEAR)។ និយាយរួមគឺការកំណត់មុខងារនៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗគឺអាស្រ័យលើកម្រិត និងខ្នាតរង្វាស់ដែលអ្នកសិក្សាមានបំណងវាស់វែងលើអថេរនីមួយៗ។

- **/PLOT = ALL**

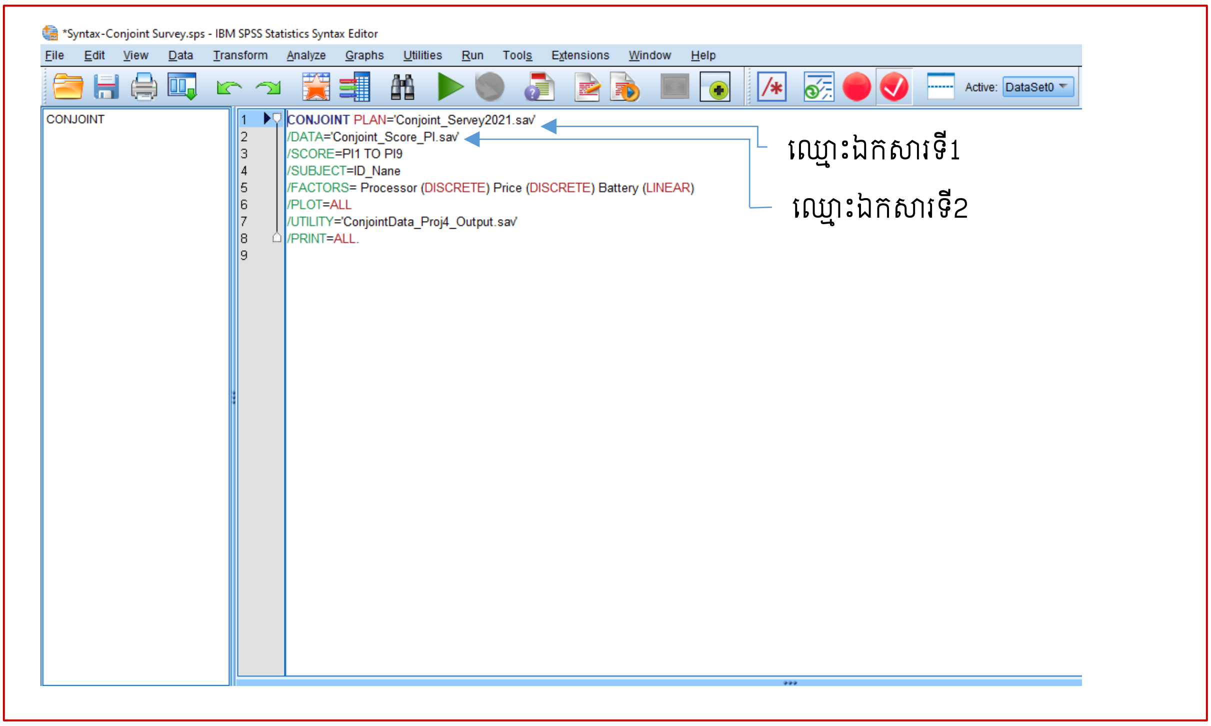
ចំពោះ **/PLOT** អ្នកសិក្សាមានបំណងឱ្យកម្មវិធីផលិតដ្យាក្រាមសម្រាប់ធ្វើរបាយការណ៍ស្តីពីការប្រៀបធៀបអត្ថប្រយោជន៍ក្រោយពីអ្នកចូលរួមបានផ្តល់ពិន្ទុក្នុងទិន្នន័យខាងលើ។

- **/UTILITY = 'ConjointData_Proj4_Output.sav'**

ចំពោះ /UTILITY យើងចង់ឱ្យកម្មវិធីរក្សាទុក (save) នូវលទ្ធផលដោយស្វ័យប្រវត្តិក្នុងកញ្ចប់ (Folder) តែមួយជាមួយឯកសារទី1 និងទី2។ ករណីនេះ អ្នកអាចដាក់ឈ្មោះឯកសារបានតាមចិត្ត។

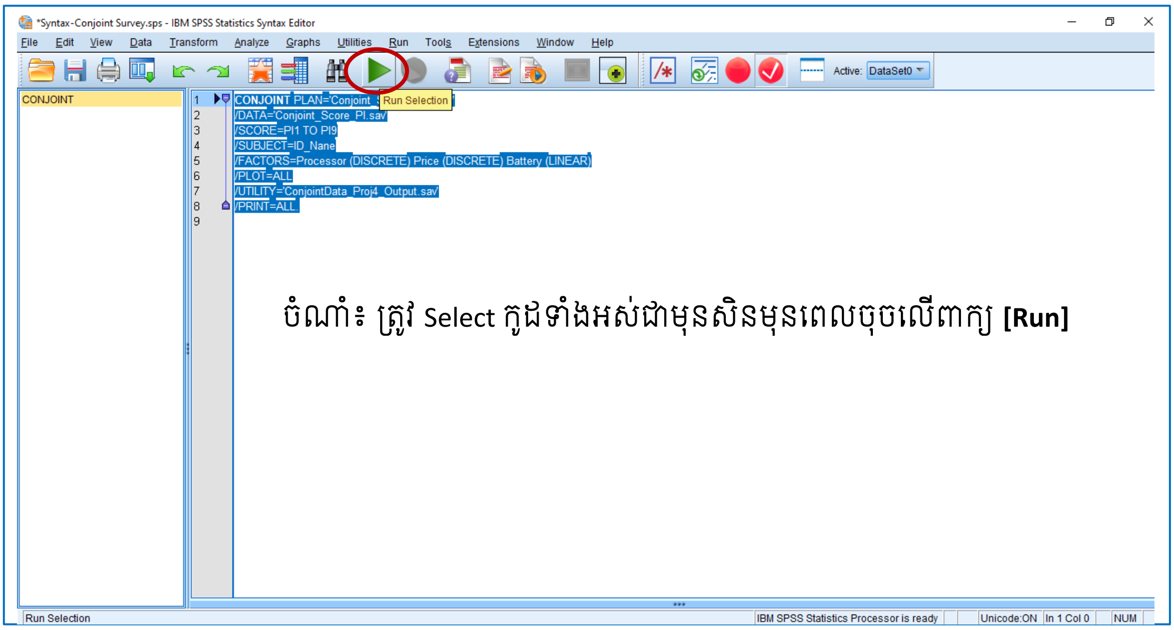
- **/PRINT = ALL.**

ជាចុងក្រោយចំពោះ **/PRINT** គឺឱ្យកម្មវិធីបង្ហាញទិន្នន័យទាំងអស់ ដែលអ្នកបានកំណត់នូវមុខងាររវាងទិន្នន័យទី1 និងទី2 ខាងលើ។



ដ្យាក្រាម១៤.២៤. នីតិវិធីនៃការសរសេរកូដជាសាំងតាក់ (Syntax)

ជំហានទី3៖ ក្រោយពីការពន្យល់នូវមុខងារខាងលើ ជំហាននេះត្រូវ **Run** ទិន្នន័យតាមកូដជាសាំងតាក់ (Syntax) ដោយត្រូវ Select កូដទាំងអស់ជាមុនសិន ហើយរកមើលពាក្យ **[Run]** ឬ សញ្ញា [▶] នៅលើ Toolbars របស់ SPSS (ដ្យាក្រាម១៤-២៥)។ រួចហើយ អ្នកនឹងបានលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis) ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-២៦ ខាងក្រោម។



ដ្យាក្រាម១៤.២៥. បញ្ជាឱ្យកុំព្យូទ័រធ្វើការវិភាគដើម្បីបង្ហាញលទ្ធផល (Run Syntax)

ជំហានទី4៖ ការបកស្រាយទិន្នន័យ

តារាង១៤-២ បង្ហាញសេចក្តីសង្ខេបនៃលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ដែលបានបង្ហាញពីគុណតម្លៃសំខាន់ (Important values) នៃគុណលក្ខណៈរបស់កុំព្យូទ័រទាំងបីគឺ កម្លាំងម៉ាស៊ីន (Processor), តម្លៃ (Price), និង ថ្ម (Battery)។ មេរៀននេះសូមបង្ហាញនូវគំរូនៃការបកស្រាយទិន្នន័យនេះដូចខាងក្រោម ហើយពិន្ទុដែលបានកំណត់នៅក្នុងជួរឈររបស់គុណតម្លៃនៃសារសំខាន់ (Important Values) គឺពី1 ដល់ 10 ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៤-១៨ និងដ្យាក្រាម១៤-១៩ ខាងលើ៖

- ករណីទី1ដែលមានលេខកូដរបស់កម្រងសំណួរ 111 បានបង្ហាញថា អ្នកចូលរួមទី1បានផ្តល់ពិន្ទុសរុបជាមធ្យមក្នុងជួរឈររបស់គុណតម្លៃនៃសារសំខាន់ (Important values) គឺស្មើនឹង35.714 សម្រាប់ល្បឿនម៉ាស៊ីន និងតម្លៃ ហើយ 28.571 សម្រាប់អាយុថ្ម។ នេះបានន័យថា អ្នកចូលរួមបានគិតដល់កំលាំងម៉ាស៊ីន និងតម្លៃរបស់កុំព្យូទ័រជាកត្តាពីរដែលសំខាន់ជាងអាយុរបស់ថ្មក្នុងការជំរុញឱ្យពួកគាត់សម្រេចចិត្តទិញ ឬមានបំណងចង់ទិញកុំព្យូទ័រប្រភេទនេះ។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ មេគុណទំនាក់ទំនង (Correlation Coefficient) R = 0.889 ឬ 88.90% នូវកម្រិតតម្លៃរបស់ p = 0.001 ដែលត្រូវបានកំណត់ដោយតេស្តរបស់លោក Pearson's គឺតូចជាង 0.05 (ឬ $p < 0.05$)។ ដូច្នេះ អ្នកចូលរួមទី1មានបំណងទិញកុំព្យូទ័រប្រភេទនេះរហូតដល់ 88.90%។
- ផ្ទុយទៅវិញ ករណីទី8 ដែលមានលេខកូដសម្គាល់ 888 គឺបានផ្តល់ពិន្ទុសរុបជាមធ្យមក្នុងជួរឈររបស់គុណតម្លៃនៃសារសំខាន់ (Important values) គឺស្មើនឹង 33.333 ដូចគ្នាទាំងល្បឿនម៉ាស៊ីន ទាំងតម្លៃ និងទាំងអាយុកាលថ្ម ដែលមានន័យថា គ្មានគុណលក្ខណៈណាមានសារសំខាន់ជាងគុណតម្លៃណាក្នុងចំណោមគុណលក្ខណៈទាំងបីនោះទេ។ ចំណែកឯតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង R = 0.217 (ឬ 21.7%) និងតម្លៃ p = 0.288 > 0.05 គឺជាតម្លៃដែលមិនស្ថិតក្រោមលក្ខខណ្ឌដែលបានកំណត់ទេ។ ដូច្នេះ អ្នកចូលរួមទី8គ្មានបំណងទិញប្រភេទកុំព្យូទ័រនេះទេ។

ក្រៅពីការបកស្រាយករណីទាំងពីរខាងលើនេះ អ្នកសិក្សាអាចបកស្រាយលទ្ធផលដែលនៅសល់ដោយខ្លួនឯងទៅតាមលំនាំនៃការបកស្រាយខាងលើ។

តារាង១៤.២. លទ្ធផលនៃអនុវត្តនូវការវិភាគរួម (Conjoint Analysis)

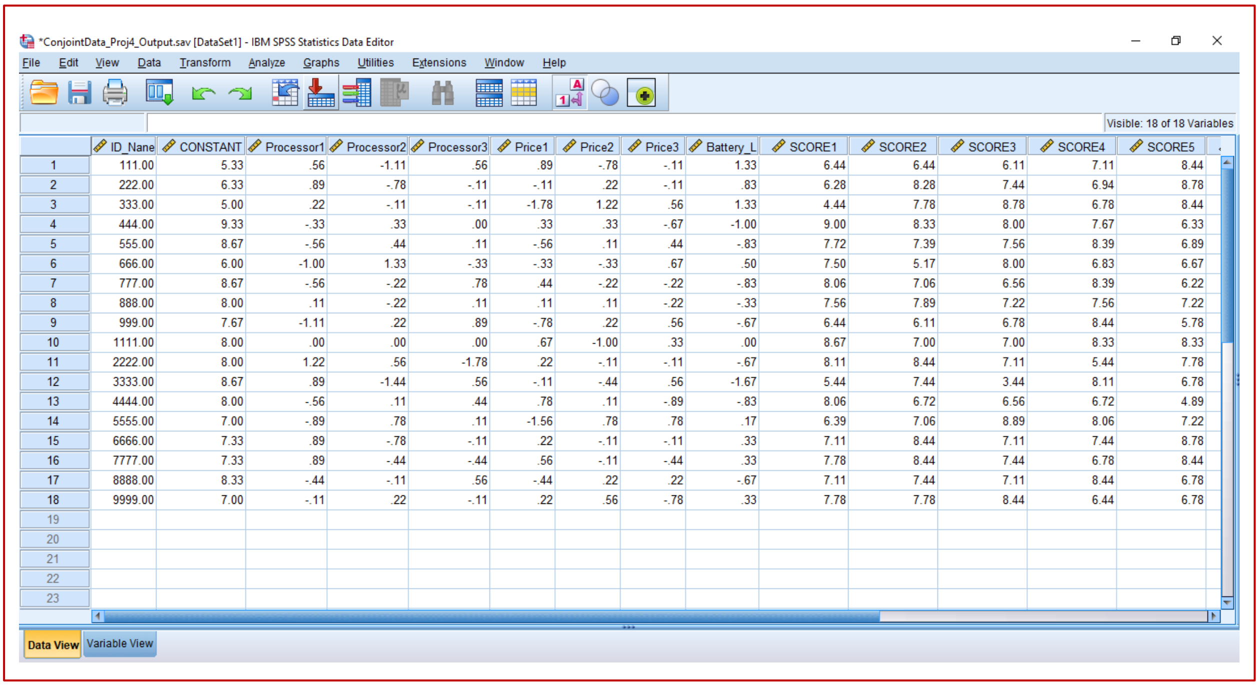
No.	Subjects: ID	Important values: Processor	Price	Battery	Coefficients (β)	Correlations (Pearson's R)	p-value
លេខ	លេខកូដ	កំលាំង	ថ្លៃ	ថ្ម	មេគុណ	ទំនាក់ទំនង	តម្លៃ p
1	111	35.714	35.714	28.571	1.333	0.889	0.001
2	222	58.824	11.765	29.412	0.833	0.566	0.056[a]
3	333	7.143	64.286	28.571	1.333	0.977	0.000
4	444	25.000	37.500	37.500	-1.000	0.624	0.036
5	555	35.294	35.294	29.412	-0.833	0.850	0.002
6	666	60.870	26.087	13.043	0.500	0.591	0.047
7	777	47.059	23.529	29.412	-0.833	0.711	0.016
8	888	33.333	33.333	33.333	-0.333	0.217	0.288[a]
9	999	50.000	33.333	16.667	-0.667	0.802	0.005
10	1111	0.000	100.00	0.000	0.000	0.764	0.008
11	2222	75.000	8.333	16.667	-0.667	0.802	0.005
12	3333	46.667	20.000	33.333	-1.667	0.866	0.001
13	4444	28.571	47.619	23.810	-0.833	0.746	0.011
14	5555	40.000	56.000	4.000	0.167	0.987	0.000
15	6666	71.429	14.286	14.286	0.333	0.786	0.006
16	7777	50.000	37.500	12.500	0.333	0.840	0.002
17	8888	42.857	28.571	28.571	0.637	0.637	0.033
18	9999	16.667	66.667	16.667	0.333	0.571	0.054[a]

ចំណាំ៖ ***[a] តម្លៃ p-value > 0.05 មិនបញ្ជាក់ថាមានសារៈសំខាន់ (is not significant)***

ចំពោះតារាង១៤-៣បង្ហាញពីលទ្ធផលសង្ខេបនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) លើទិន្នន័យស្ទាបស្ទង់មតិដែលបានផ្តល់ពិន្ទុលើគុណលក្ខណៈដែលនាំឱ្យអ្នកឆ្លើយសំណួរទាំង18នាក់សម្រេចចិត្តទិញកុំព្យូទ័រ។ ក្នុងនោះ ពិន្ទុសរុបជាមធ្យមចំនួន 40.25 សម្រាប់ "ល្បឿនម៉ាស៊ីន" ដែលមានសារសំខាន់ជាងគុណលក្ខណៈពីរទៀត ហើយមេគុណទំនាក់ទំនង $R = 0.668$ (ឬ 66.80%) និងតម្លៃ $p = 0.025 < 0.05$ ដែលអាចសន្និដ្ឋានបានថា អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរទាំង18នាក់មានទំនោរក្នុងការទិញកុំព្យូទ័រដែលមានរហូតដល់ 66.80%។ ដូច្នេះ ការសិក្សានេះអាចសន្និដ្ឋានបានថា "កំលាំងល្បឿនម៉ាស៊ីន" និង"តម្លៃ" គឺមានសារសំខាន់ជាង "អាយុកាលថ្ម" ដែលកត្តាជំរុញឱ្យអ្នកចូលរួមសិក្សាធ្វើការសម្រេចចិត្តទិញកុំព្យូទ័រដែលអាស្រ័យលើគុណលក្ខណៈ និងតម្លៃអត្ថប្រយោជន៍ដែលអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវបានកំណត់នៅក្នុងកម្រងសំណួរខាងលើ។

តារាង១៤.៣. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ Conjoint analysis

No.	Subjects:ID	Important values			Coefficients	Correlations	p-value
		Processor	Price	Battery	(β)	(Pearson's R)	
លេខ	លេខកូដ	កំលាំង	ថ្លៃ	ថ្ម	មេគុណ	ទំនាក់ទំនង	តម្លៃ p
1	Overall	40.246	37.768	21.986	-0.130	0.668	0.025



	ID_Nane	CONSTANT	Processor1	Processor2	Processor3	Price1	Price2	Price3	Battery_L	SCORE1	SCORE2	SCORE3	SCORE4	SCORE5
1	111.00	5.33	.56	-1.11	.56	.89	-.78	-.11	1.33	6.44	6.44	6.11	7.11	8.44
2	222.00	6.33	.89	-.78	-.11	-.11	.22	-.11	.83	6.28	8.28	7.44	6.94	8.78
3	333.00	5.00	.22	-.11	-.11	-1.78	1.22	.56	1.33	4.44	7.78	8.78	6.78	8.44
4	444.00	9.33	-.33	.33	.00	.33	.33	-.67	-1.00	9.00	8.33	8.00	7.67	6.33
5	555.00	8.67	-.56	.44	.11	-.56	.11	.44	-.83	7.72	7.39	7.56	8.39	6.89
6	666.00	6.00	-1.00	1.33	-.33	-.33	-.33	.67	.50	7.50	5.17	8.00	6.83	6.67
7	777.00	8.67	-.56	-.22	.78	.44	-.22	-.22	-.83	8.06	7.06	6.56	8.39	6.22
8	888.00	8.00	.11	-.22	.11	.11	.11	-.22	-.33	7.56	7.89	7.22	7.56	7.22
9	999.00	7.67	-1.11	.22	.89	-.78	.22	.56	-.67	6.44	6.11	6.78	8.44	5.78
10	1111.00	8.00	.00	.00	.00	.67	-1.00	.33	.00	8.67	7.00	7.00	8.33	8.33
11	2222.00	8.00	1.22	.56	-1.78	.22	-.11	-.11	-.67	8.11	8.44	7.11	5.44	7.78
12	3333.00	8.67	.89	-1.44	.56	-.11	-.44	.56	-1.67	5.44	7.44	3.44	8.11	6.78
13	4444.00	8.00	-.56	.11	.44	.78	.11	-.89	-.83	8.06	6.72	6.56	6.72	4.89
14	5555.00	7.00	-.89	.78	.11	-1.56	.78	.78	.17	6.39	7.06	8.89	8.06	7.22
15	6666.00	7.33	.89	-.78	-.11	.22	-.11	-.11	.33	7.11	8.44	7.11	7.44	8.78
16	7777.00	7.33	.89	-.44	-.44	.56	-.11	-.44	.33	7.78	8.44	7.44	6.78	8.44
17	8888.00	8.33	-.44	-.11	.56	-.44	.22	.22	-.67	7.11	7.44	7.11	8.44	6.78
18	9999.00	7.00	-.11	.22	-.11	.22	.56	-.78	.33	7.78	7.78	8.44	6.44	6.78
19														
20														
21														
22														
23														

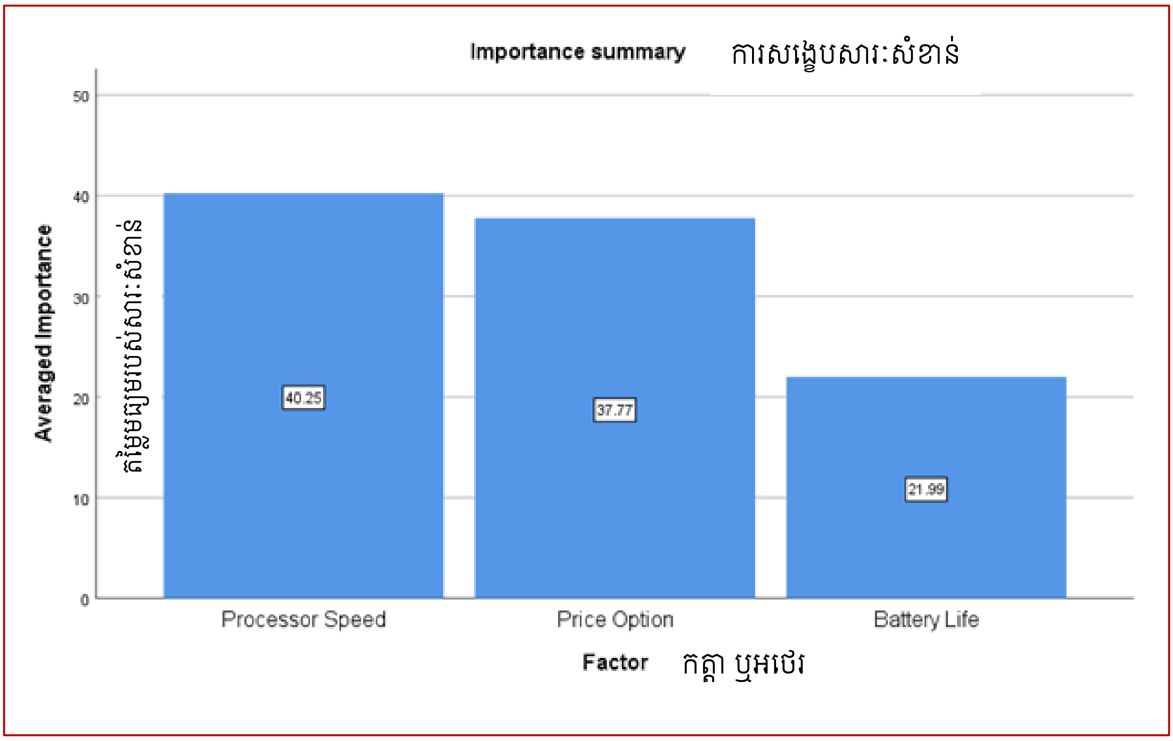
ដ្យាក្រាម១៤.២៦. លទ្ធផលរបស់ Conjoint analysis ជាមួយទិន្នន័យថ្មី

៥.សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) គឺជាតិចនិកទីផ្សារមួយបែបសម្រាប់កំណត់រកគុណលក្ខណៈនៃផលិតផលណាមួយដែលសំខាន់ជាងគេសម្រាប់អតិថិជន ហើយគុណលក្ខណៈនីមួយៗមានសារសំខាន់ទៅតាមមុខងារនៃផលិតផល។ ការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) បង្ហាញពីតម្លៃនៃសារសំខាន់របស់គុណលក្ខណៈនីមួយៗរបស់ផលិតផល។ ការសិក្សាប្រភេទនេះអាចជួយដល់អ្នកសិក្សាអាចវិភាគទីផ្សារក្នុងការអភិវឌ្ឍផលិតផល និងទាក់ទាញអតិថិជនមកទិញផលិតផលថ្មីមួយ។ លទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) បានបង្ហាញពីកម្រិតនៃ "អត្ថប្រយោជន៍ (Utilities)" គឺជាកម្រិតនៃសារៈសំខាន់ដែលអតិថិជនដាក់ពិន្ទុលើគុណលក្ខណៈនីមួយៗនៃផលិតផល។ រីឯមេគុណនៃសមីការរីគ្រេសសិននឹងតំណាងឱ្យកម្រិតនៃអត្ថប្រយោជន៍របស់ផលិតផលដែលអ្នកសិក្សាមានបំណងចង់ស្រាវជ្រាវ។

លទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint Analysis) ក៏បានបង្ហាញផងដែរនូវដ្យាក្រាមសង្ខេបមួយស្តីពីការផ្តល់ពិន្ទុសរុបគិតជាមធ្យមក្នុងចំណោមអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរទាំង18នាក់ ដែលបង្ហាញឱ្យឃើញថា "ល្បឿនម៉ាស៊ីន (Processor Speed)" មានពិន្ទុ 40.25, "ជម្រើតម្លៃ (Price Option)" មានពិន្ទុ 37.77 និង "អាយុកាលថ្ម

(Battery Life)" មានពិន្ទុ 21.99 (ដ្យាក្រាមទី14-27)។ សរុបមកអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរទាំង18នាក់បានគិតថា "ល្បឿនម៉ាស៊ីន" មានសារៈសំខាន់ជាងគេ ហើយបន្ទាប់មកគឺ "តម្លៃ" របស់កុំព្យូទ័រ។



ដ្យាក្រាម១៤.២៧. សង្ខេបលទ្ធផលនៃការវិភាគរួម (Conjoint analysis)

មេរៀនទី១៥ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ

ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (Multidimensional Scaling: MDS) សំដៅទៅលើវិធីដែលជួយអ្នកស្រាវជ្រាវក្នុងការកំណត់ធាតុសំខាន់ៗ ដោយផ្អែកលើការវាយតម្លៃរបស់អ្នកផ្តល់ចម្លើយឱ្យឆ្លើយតបគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវដូចជាការផ្តោតលើការវាយតម្លៃរបស់អតិថិជនក្នុងការប្រើផលិតផល ឬសេវាកម្មពីក្រុមហ៊ុនណាមួយ។ ការអនុវត្តទូទៅផ្សេងទៀតរួមមានការប្រៀបធៀបគុណភាពនៃរសជាតិអាហារឬក្លិនផ្សេងៗគ្នាដែលជាការយល់ឃើញរបស់អតិថិជននូវភាពខុសគ្នានៃតម្លៃ និងអាចជាវប្បធម៌ខុសគ្នារវាងក្រុមអតិថិជនដែលបាននឹងកំពុងប្រើប្រាស់ទំនិញ និងសេវាកម្មពីក្រុមហ៊ុនដែលខ្លួនបានគាំទ្រ។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រគឺជាវិធីមួយដែលអាចវាស់បាននូវកម្រិតនៃភាពស្រដៀងគ្នា និងខុសគ្នារវាងចំណាប់ចំណូលចិត្តដែលត្រូវបានផ្តល់ដោយអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរ។ ការវិភាគដោយប្រើមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រត្រូវបានគេយកមកប្រើច្រើនក្នុងការស្ទាបស្ទង់មតិដើម្បីអភិវឌ្ឍនូវម៉ាក់ផលិតផលឬសេវាថ្មីៗ និងជាពិសេស ស្ទាបស្ទង់ឥរិយាបទអ្នកចូលចិត្តទៅលេងនៅតំបន់ទេសចរណ៍ល្បីៗជុំវិញពិភពលោក។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ វិធីនេះត្រូវបានយកមកប្រើក្នុងការអនុវត្តផ្សេងៗដូចជាការវាស់វែងគុណភាពផលិតផលជាដើម។ នីតិវិធី និងរបៀបរបបនៃការវិភាគនេះនឹងត្រូវបានបង្ហាញយ៉ាងលម្អិតក្នុងមេរៀននេះ។

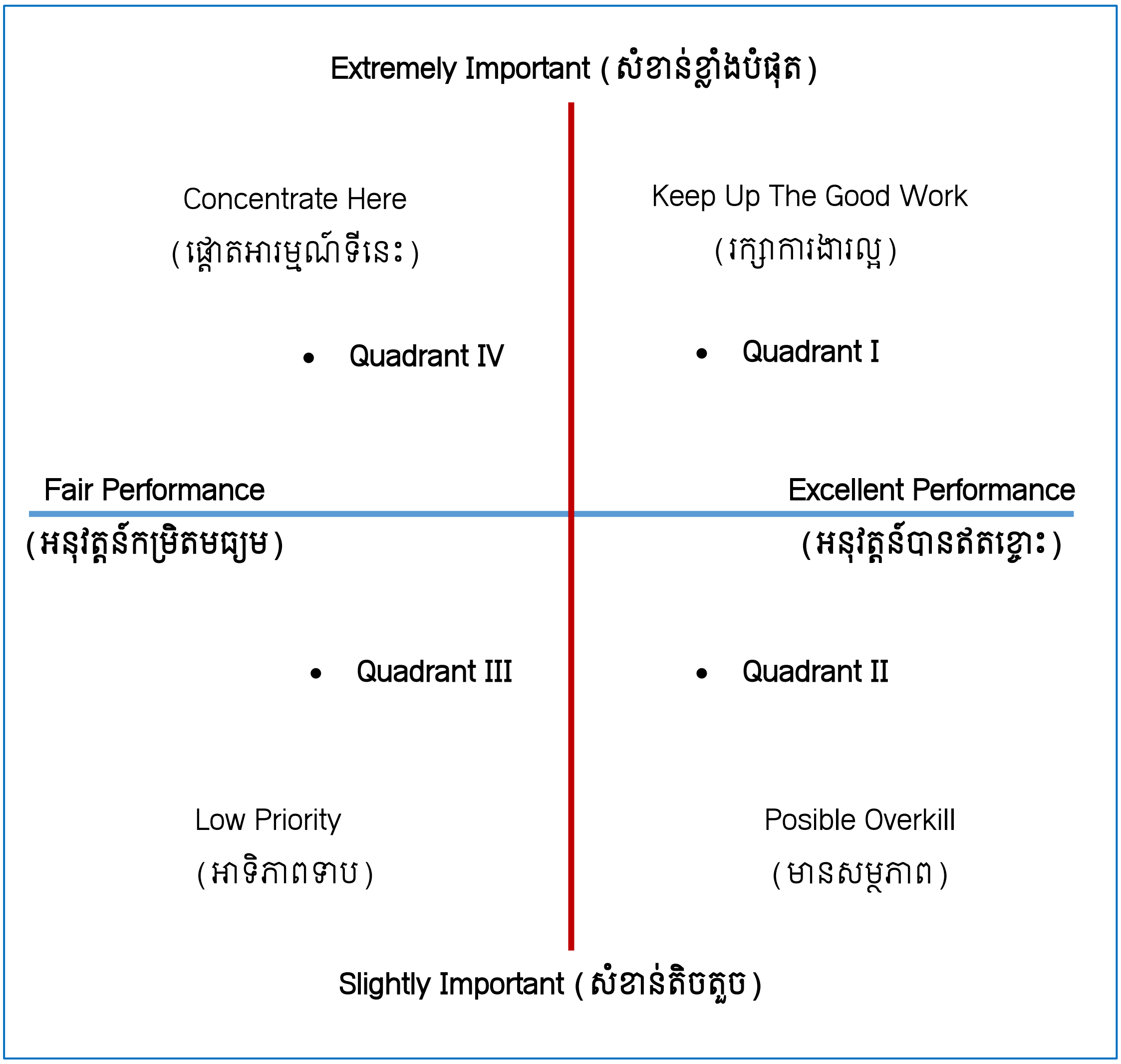
១. សេចក្តីផ្តើម

ទ្រឹស្តីនៃការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (Multidiemensional Scaling ឬ MDS) បានកើតឡើងនិងរីកចម្រើនក្នុងវិស័យវិទ្យាសាស្ត្រ ហើយឥឡូវនេះ គ្របដណ្តប់វិធានស្ថិតិជាច្រើនដែលត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយនៅក្នុងវិស័យជាច្រើនដូចជា វិស័យអប់រំ (Ding, 2018; Sagarra, Mar-Molinero, & Agasisti, 2017; Subkoviak, 1975) ទេសចរណ៍ (Gartner, 1989; Jackson, Singh, & Parsa, 2015; Marcussen, 2017) ការអភិវឌ្ឍន៍ម៉ាកផលិតផល (L. G. Cooper, 1983; Iacobucci, Grisaffe, & DeSarbo, 2017; Roy, 2020) និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ចជាដើម (J Tenreiro Machado, Duarte, & Duarte, 2011; JA Tenreiro Machado & Mata, 2015; Syrquin, 1978)។ មេរៀននេះមានគោលបំណងជួយផ្តល់ចំណេះដឹងដល់អ្នកអានដែលមានជំនាញសិក្សាខុសៗគ្នាសម្រាប់យកទៅអនុវត្ត និងពង្រឹងសមត្ថភាពស្ថាប័នរបស់ខ្លួនឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពតាមរយៈទ្រឹស្តីនៃការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រនេះ។ មេរៀននេះនឹងផ្តល់ឧទាហរណ៍ជាក់ស្តែងស្តីពីការប្រើប្រាស់មុខងាររបស់ MDS ក្នុងផ្នែកនៃការស្រាវជ្រាវទីផ្សារ និងសម្រាប់វិស័យបដិសណ្ឋាកិច្ចផងដែរ ពីព្រោះវិស័យនេះមានសារសំខាន់ក្នុងការជួយជំរុញឱ្យមានកំណើនសេដ្ឋកិច្ច និងការបង្កើតការងារនាពេលបច្ចុប្បន្ននៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា។

២. មាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ

ក្នុងទ្រឹស្តីបរិមាណវិស័យ និងស្ថិតិ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) គេច្រើនសំដៅទៅលើតិចនិកដែលតំណាងឱ្យទំនាក់ទំនងជាក់ស្តែងនៃទិន្នន័យដែលជាសំណុំចំណុចក្នុងលំហធរណីមាត្រ ដែលជាធម្មតា មានវិមាត្រចាប់ពីពីរឡើងទៅ (Iacobucci et al., 2017)។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិជ្ជមាត្រ (MDS) គឺជាការគូសផែនទីស្តីពីការយល់ឃើញ (Perceptual mapping) ដែលអាស្រ័យលើគោលបំណងនៃការវិនិច្ឆ័យរបស់អតិថិជនលើភាពស្រដៀងគ្នា ឬចំណូលចិត្តចំពោះដូចជា ហាង ឬម៉ាក មុខងារ និងគុណភាពផលិតផលជាដើម (J. F. Hair-Jr et al., 2019)។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) ជួយដោះស្រាយបញ្ហាទូទៅនៃវត្ថុឬផលិតផលនានាដែលត្រូវដាក់តាមចន្លោះឬកន្លែងដែលប្រភេទឬកម្រិតនៃការវាយតម្លៃ ឬការបញ្ចេញទស្សនៈរបស់អ្នកចូលរួមផ្តល់ចម្លើយ (Aaker et al., 2019)។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រសំដៅលើលំហូរនៃតិចនិកមួយចំនួនសម្រាប់ជួយអ្នកស្រាវជ្រាវក្នុងការកំណត់វិមាត្រសំខាន់ៗ ដោយផ្អែកលើការវាយតម្លៃវត្ថុរបស់អ្នកចូលរួមផ្តល់ចម្លើយ។ បន្ទាប់មកដាក់វត្ថុឬផលិតផលទាំងនោះចូលទៅក្នុងចន្លោះឬកន្លែងវិមាត្រនីមួយៗនោះ។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រផ្តល់មធ្យោបាយសម្រាប់វាស់វត្ថុក្នុងចន្លោះឬកន្លែងសម្រាប់វិមាត្រនីមួយៗ ដោយផ្អែកលើការវិនិច្ឆ័យរបស់អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរថា តើវត្ថុខុសគ្នាទាំងឡាយមានភាពស្រដៀងគ្នាប៉ុណ្ណា (Babin & Zikmund, 2016) ។

យោងតាមការបកស្រាយនិយមន័យនៃការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) ខាងលើ មេរៀននេះសូមសង្ខេបអំពីអ្វីហៅថា MDS ដែលនឹងត្រូវបានយកមកអនុវត្ត ហើយយើងមានសូចនាករអ្វីខ្លះសម្រាប់វាស់វែងមុខងាររបស់ MDS។ មេរៀននេះនឹងធ្វើការសង្ខេបនិយមន័យខាងលើដោយសំដៅលើការបង្កើតមាត្រដ្ឋានវិមាត្រ 4 (four dimensional scaling) ដែលជាទស្សនៈដំបូងរបស់ Martilla and James (1977) ក្នុងការកំណត់នូវការវិភាគភាពខ្លាំង (Important Performance Analysis ឬ IPA) សម្រាប់វិភាគការគ្រប់គ្រងការពេញចិត្តរបស់អតិថិជន។ ដូច្នេះ ការកំណត់មាត្រដ្ឋានវិមាត្រ 4 (ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១) និងមុខងារនៃវិមាត្រ (Quadrant) នីមួយៗសម្រាប់ផ្តល់ជាយោបល់ ឬជាអនុសាសន៍ឱ្យក្រុមហ៊ុន ឬសហគ្រាសគួរជ្រើសរើសយកចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រណាមួយក្នុងចំណោមវិមាត្រទាំងបួននេះ (Quadrant I, Quadrant II, Quadrant III, និង Quadrant IV)។ ចន្លោះទីមួយសម្រាប់វិមាត្រទីមួយ ដែលតាងដោយ Quadrant I បង្ហាញពីភាពខ្លាំងរបស់ក្រុមហ៊ុនដែលបានអនុវត្តសេវាកម្មបានល្អ ហើយក្រុមហ៊ុនគួរតែរក្សាការងារនេះឱ្យល្អ ឬបន្តអនុវត្តឱ្យបានល្អ (Keep up the good work)។ រីឯ ចន្លោះទីពីរសម្រាប់វិមាត្រទីពីរ ដែលតាងដោយ Quadrant II សំដៅលើការអនុវត្តបានល្អរបស់ក្រុមហ៊ុនក្នុងការផ្តល់សេវាកម្មជូនអតិថិជន (Possible overkill)។ ក្រុមហ៊ុនត្រូវមានវិធានការគ្រប់គ្រងឱ្យបានល្អ។ ចំពោះចន្លោះទីបីសម្រាប់វិមាត្រទីបី ដែលតាងដោយ Quadrant III សំដៅលើភាពខ្សោយរបស់ក្រុមហ៊ុនក្នុងការផ្តល់សេវាកម្មឱ្យបានល្អជូនអតិថិជន (Low Priority)។ ចំណែកចន្លោះទីបួនសម្រាប់វិមាត្រទីបួន ដែលតាងដោយ Quadrant IV ចុងក្រោយនេះ ក្រុមហ៊ុនគួរយកចិត្តទុកដាក់លើការផ្តល់សេវកម្មជូនអតិថិជនឱ្យបានល្អ (Concentrate Here)។ ត្រង់ចំណុចនេះគឺសំដៅលើការផ្តល់ពិន្ទុដែលក្រុមហ៊ុនអនុវត្តសេវាកម្មបានត្រឹមកម្រិតមធ្យមជូនអតិថិជន ប៉ុន្តែស្ថិតក្នុងកម្រិតមួយនៃភាពខ្លាំងបំផុតរបស់ក្រុមហ៊ុនផងដែរ។



Source: Martilla and James (1977, p. 78)

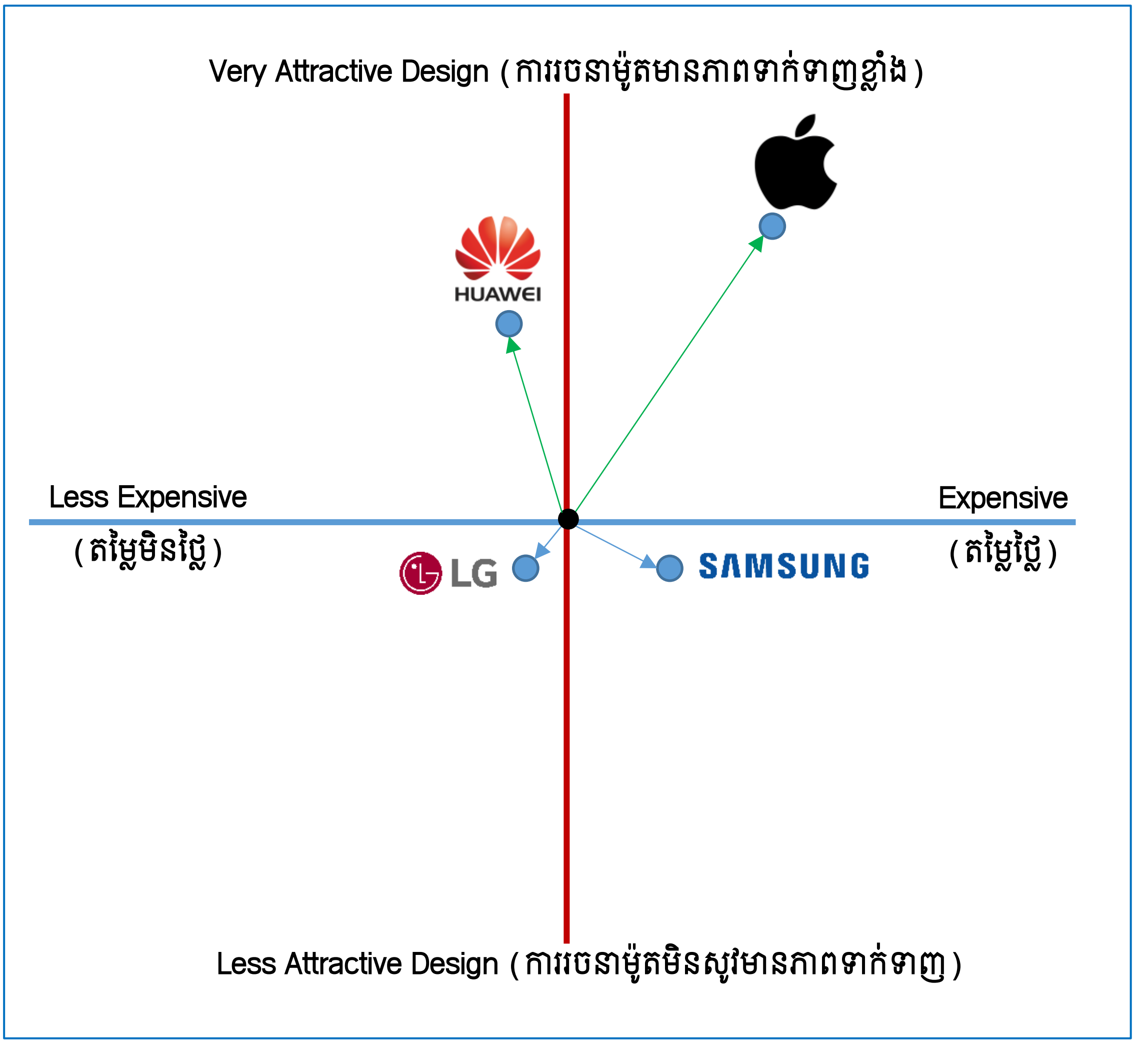
ដ្យាក្រាម១៥.១. ការវិភាគភាពខ្លាំង (Important Performance Analysis)

ឧទាហរណ៍៖ យើងទទួលបានពិន្ទុពីការស្ទាបស្ទង់មតិមួយលើការរចនាម៉ូតនិងតម្លៃម៉ាកទូរស័ព្ទស្មាតហ្វូនចំនួន4ម៉ាកដូចជា៖ iPhone, LG, Huawei, និង Samsung (ដ្យាក្រាមទី15-2) ដែលក្នុងនោះ មានអ្នកចូលរួមចំនួន20នាក់។ ប្រសិនបើយើងយោងតាមទ្រឹស្តីនៃការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) និងដ្យាក្រាមទី 15-1 ការសិក្សាសម្រាប់ការស្ទាបស្ទង់មតិនេះបានបង្ហាញថា៖

- **ចំពោះចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រទីមួយ (Quadrant I)៖** ម៉ាកទូរសព្ទរបស់ iPhone អតិថិជនឱ្យតម្លៃទៅលើការរចនាម៉ូតមានភាពទាក់ទាញខ្លាំងនិងមានតម្លៃថ្លៃជាងម៉ាកបីផ្សេងទៀត។
- **ចំពោះចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រទីពីរ (Quadrant II)៖** ម៉ាកទូរសព្ទរបស់ SAMSUNG អតិថិជនឱ្យតម្លៃទៅលើការរចនាម៉ូតមានភាពទាក់ទាញនៅក្រោមកម្រិតមធ្យមនិងមានតម្លៃលើមធ្យម។
- **ចំពោះចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រទីបី (Quadrant III)៖** ម៉ាកទូរសព្ទរបស់ LG អតិថិជនឱ្យតម្លៃទៅលើការរចនាម៉ូតមានភាពទាក់ទាញនៅក្រោមកម្រិតមធ្យមនិងមានតម្លៃទាប។

- **ចំពោះចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រទីបួន (Quadrant IV)៖** ម៉ាកទូរសព្ទរបស់ HUAWEI អតិថិជនឱ្យតម្លៃទៅលើការរចនាម៉ូតមានភាពទាក់ទាញនៅក្រោមកម្រិតមធ្យមនិងមានតម្លៃទាប។

នេះគ្រាន់តែជាការបកស្រាយលទ្ធផលរបស់មុខងារនៃវិមាត្រនីមួយៗតែប៉ុណ្ណោះ។ រីឯនីតិវិធីនៃការកំណត់ទីតាំងនៃម៉ាកទូរសព្ទស្មាតហ្វូនទាំងបួនខាងលើ មេរៀននេះនឹងបង្ហាញជូននិងពន្យល់លម្អិតដូចខាងក្រោម។ ការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) សំដៅទៅលើតិចនិកមួយចំនួន ដែលជួយអ្នកស្រាវជ្រាវក្នុងការកំណត់វិមាត្រសំខាន់ៗដោយផ្អែកលើការវាយតម្លៃរបស់អ្នកឆ្លើយសំណួរលើវត្ថុ ឬផលិតផលនានា ហើយបន្ទាប់មក ត្រូវដាក់វត្ថុឬផលិតផលទាំងនោះនៅក្នុងចន្លោះសម្រាប់វិមាត្រនីមួយៗ (J. F. Hair-Jr et al., 2019)។



ដ្យាក្រាម១៥.២. តម្លៃនិងការរចនាម៉ូតរបស់ក្រុមហ៊ុនទូរសព្ទស្មាតហ្វូន

៣. ការកំណត់ធាតុចូលសំខាន់ៗក្នុងមាត្រដ្ឋានពហុនាគី

ការវិភាគតាមការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) ផ្តល់ការគ្រប់គ្រងនិងការផ្តោតអារម្មណ៍ដ៏សំខាន់សម្រាប់ការរៀបចំយុទ្ធសាស្ត្រទីផ្សារនិងការបង្កើតម៉ាកយីហោផលិតផលសម្រាប់វិស័យទេសចរណ៍ ការអភិវឌ្ឍកម្មវិធីសិក្សាក្នុងវិស័យការអប់រំ និងការអភិវឌ្ឍសេដ្ឋកិច្ចជាដើម។ល។ មាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) ត្រូវបានប្រើសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យស្តីពីគុណលក្ខណៈ (attribute-based data) ដើម្បីរកភាពខ្លាំងនិងភាពខ្សោយនៃគុណលក្ខណៈរបស់ទិន្នន័យ (Aaker et al., 2019)។ គោលបំណងនៃការសិក្សាអំពីការបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS)គឺ

ដើម្បីធ្វើការសន្និដ្ឋានថា គុណលក្ខណៈទិន្នន័យមានភាពងាយស្រួលសម្រាប់អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរក្នុងការប្រើប្រាស់ដោយ ផ្អែកលើទំហំវិមាត្រនៃទិន្នន័យអំពីគុណលក្ខណៈដែលបានព្យាករទុកជាមុនដើម្បីរកគុណតម្លៃនៃភាពខ្លាំង និងភាពខ្សោយរបស់ក្រុមហ៊ុន ឬស្ថាប័ន។ សរុបមក ការវិភាគទិន្នន័យដោយបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) គឺជារបៀបវិភាគមួយបែបទៀត ដែលត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយដើម្បីគ្រប់គ្រងការពេញចិត្តរបស់អតិថិជន ដោយផ្អែកលើ **"វិមាត្រពីរ"** (two-dimension) សម្រាប់ព្យាករឥរិយាបទរបស់អតិថិជន និងស្វែងយល់ពីសារសំខាន់នៃគុណលក្ខណៈ គុណភាព និងការអនុវត្តនៃគុណលក្ខណៈនីមួយៗរបស់ផលិតផល ឬសេវាកម្ម។ **"វិមាត្រពីរ"** មានមុខងារកំណត់ទីតាំងក្នុងចន្លោះសម្រាប់គុណលក្ខណៈនីមួយៗ និងគុណតម្លៃរបស់ផលិតផល ឬសេវាកម្ម ដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមរយៈកម្មវីធីកុំព្យូទ័រ។ តិចនិកនេះគឺជាឧបករណ៍ស្ថិតិដ៏មានប្រសិទ្ធិភាពសម្រាប់ស្វែងរកចំនួនវិមាត្រដែលតូចបំផុតដែលសមហេតុផល និង ចងជាក្រុមឬថ្នាក់ដោយកំណត់នូវភាពស្រដៀងគ្នានៃធាតុចូលនិងមានការកំណត់ចំងាយរវាងវត្ថុក្នុងចន្លោះរវាងថ្នាក់នីមួយៗ។ **ឧទាហរណ៍៖** សំណាកនៃនិស្សិតថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រចំនួន 64 នាក់បានផ្តល់ការវិនិច្ឆ័យស្រដៀងគ្នាសម្រាប់ភេសជ្ជៈទាំងអស់ចំនួន 45គូ (45-pair) ដែលក្នុងនោះ មាន 10 ម៉ាកយីហោគឺ៖ Coke, Diet Coke, 7-Up, Calistoga Natural Orange, Schweppes, Pepsi, Dr. Pepper, Pepsi Light, Diet 7-Up និង Slice ។ ការកំណត់គូ (pair) ក្នុងការសិក្សាប្រៀបធៀបពីភាពស្រដៀងគ្នារបស់ម៉ាកភេសជ្ជៈទាំង10ខាងលើត្រូវផ្តល់ដោយសមីការខាងក្រោមនេះ៖

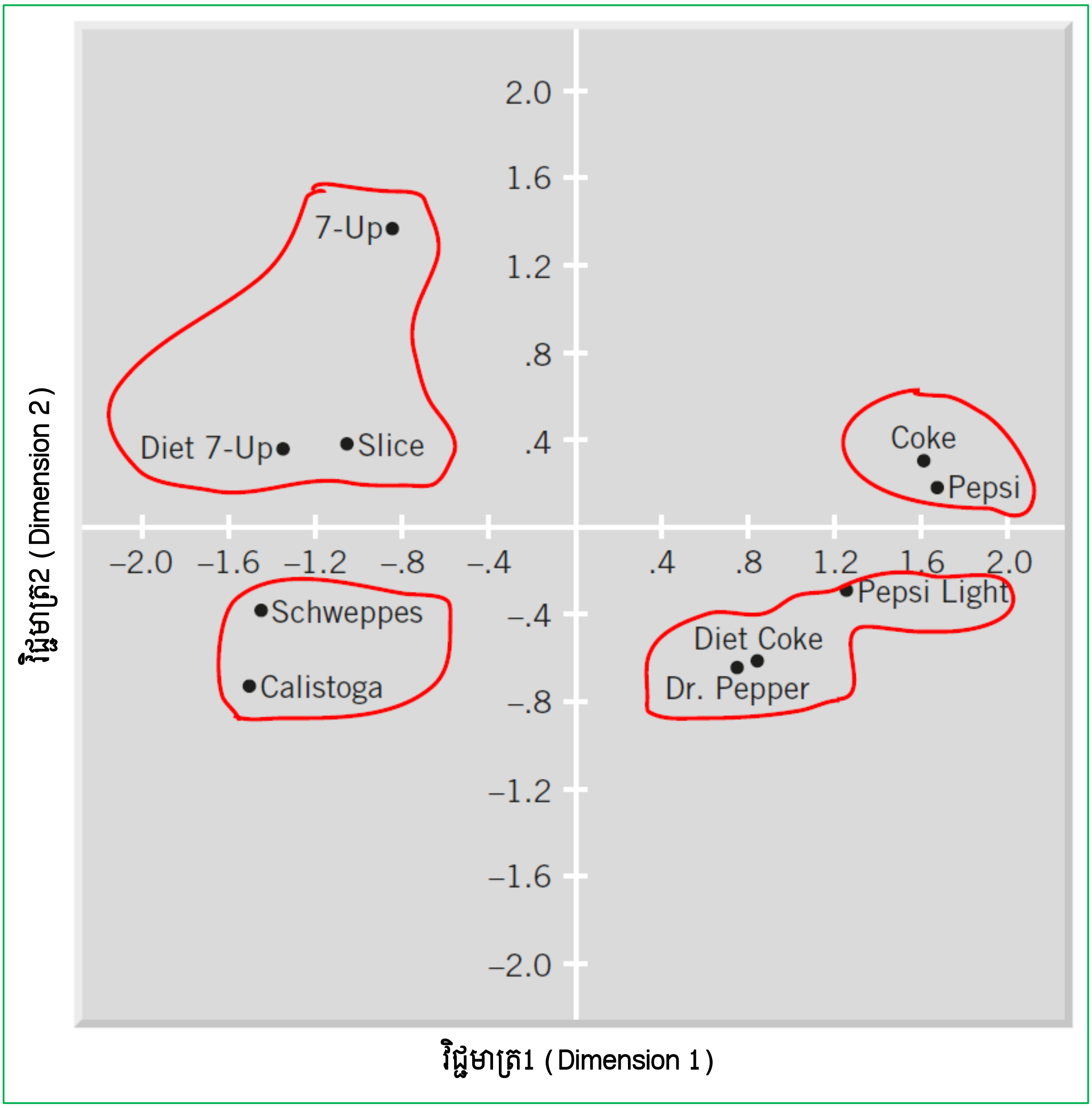
គូ $(\text{Pair}) = \frac{n(n-1)}{2}$ (ដែល៖ n គឺជាចំនួនវត្ថុសរុប) (15-1)

គូ $(\text{Pair}) = \frac{10(10-1)}{2} = 45$

ដូច្នេះ នេះជាការសិក្សាប្រៀបធៀបភេសជ្ជៈ45គូ ដែលបានធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិលើម៉ាកភេសជ្ជៈទាំង10ខាងលើ ហើយនិស្សិតទាំង 64 នាក់ ត្រូវបានស្នើឱ្យវាយតម្លៃភាពស្រដៀងគ្នាលើកត្តារសជាតិនៃគូនីមួយៗដូចជា Slice –Diet Coke នៅលើមាត្រដ្ឋាន 9 ចំណុច (9 point scale) ដូចមានជាគំរូនៅខាងក្រោម។ លទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិនេះត្រូវបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៣។

Extremely Similar (**ដូចគ្នាខ្លាំង**)						Extremely Disimilar (**មិនដូចគ្នាខ្លាំង**)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

លទ្ធផលនៃការស្ទាប់ស្ទង់មតិបង្ហាញថា Coke និង Pepsi មានរសជាតិស្រដៀងគ្នា ហើយម៉ាក 7-UP, Diet 7-UP, និង Slice មានរសជាតិស្រដៀងគ្នា។ ចំណែកឯ Schewppes និង Calistoga មានរសជាតិស្រដៀងគ្នា ហើយចំពោះម៉ាកបីទៀតក៏មានរសជាតិស្រដៀងគ្នាដែរ។



ដ្យាក្រាម១៥.៣. ការកំណត់ទីតាំងនៃគុណតម្លៃរបស់ភេសជ្ជៈ

៤. ការអនុវត្តមាត្រដ្ឋានពហុភាគី

ដើម្បីបង្ហាញពីសារសំខាន់នៃមុខងារនៃការវិភាគដោយបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) មេរៀននេះនឹងលើកយកការស្ទាបស្ទង់មតិមួយនៅក្នុងឆ្នាំ2019 ស្ដីពី "តើហេតុអ្វីបានជាយុវជនមានចំណាប់អារម្មណ៍ខ្លាំងលើការទទួលទានកាហ្វេ?"។ ក្នុងការចងក្រងនិងប្រមូលទិន្នន័យនេះ យើងបានធ្វើកម្រងសំណួរដោយកំណត់នូវអថេរសំខាន់ៗចំនួនប្រាំដូចខាងក្រោម៖

1. **Brand Prestige (កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ ឬកេរ្តិ៍ឈ្មោះល្បី)**

   ពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរនេះមាន សំណួរចំនួនបួន ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក T. H. Baek, Kim, and Yu (2010)។

2. **Brand Source Credibility (ភាពជឿជាក់ប្រភពរបស់ម៉ាកយីហោ)**

ពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរនេះមានសំណួរចំនួន 6 ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Veasna et al. (2013)។

3. **Brand Experience (បទពិសោធន៍នៃការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោ)**
   ពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរនេះមានសំណួរចំនួនបួន ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Ebrahim, Ghoneim, Irani, and Fan (2016)។
4. **Brand Preference (ចំណង់ចំណូលចិត្តម៉ាកយីហោ)**
   ពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរនេះមានសំណួរចំនួនបី ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Ebrahim et al. (2016)។
5. **Brand Loyalty (ភក្ដីភាពរបស់ម៉ាកយីហោ)**
   ពាក់ព័ន្ធនឹងអថេរនេះមានសំណួរចំនួនប្រាំ ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Kuenzel and Halliday (2008)

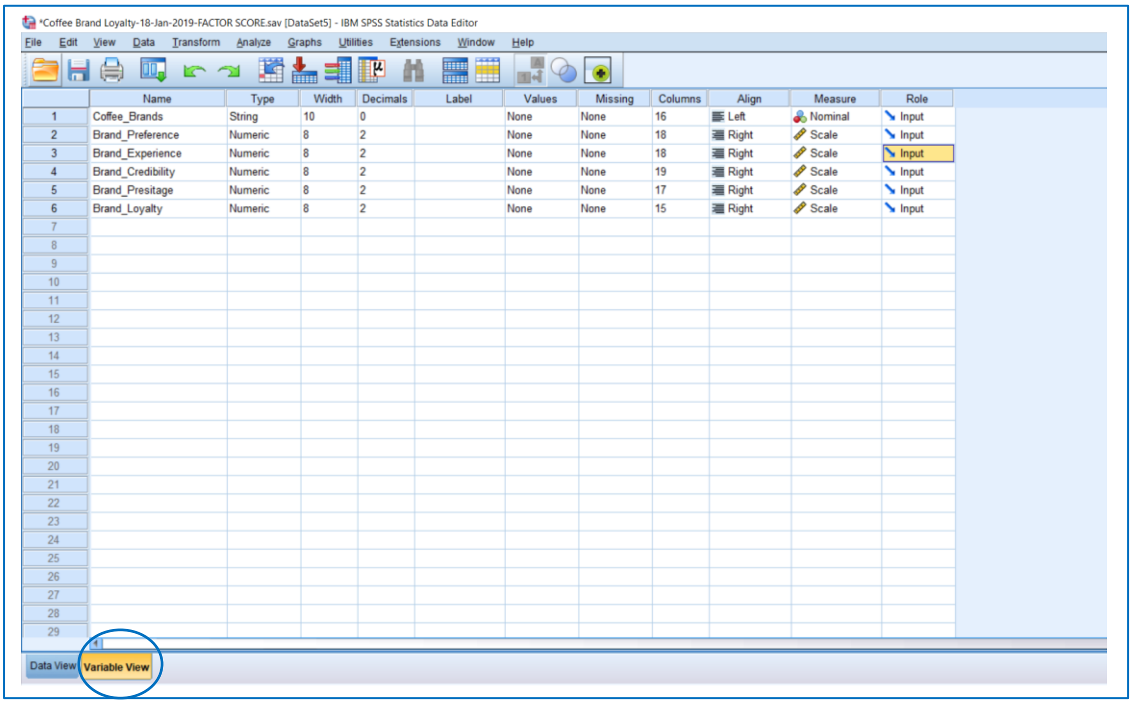
ចំពោះសំណួរសរុបទាំង22នេះ យើងបានប្រើមាត្រដ្ឋានឡៃឃើតប្រាំពីរពិន្ទុ (7-Point Likert Scale) គឺចាប់ពី 1 = Strongly Disagree (មិនយល់ស្របទាំងស្រុង) រហូតដល់ 7 = Strongly Agree (យល់ស្របទាំងស្រុង)។ ទម្រង់កម្រងសំណួរនេះតម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរជ្រើសរើសឈ្មោះហាងកាហ្វេ ដែលកំពុងពេញនិយមសម្រាប់យុវជននាអំឡុងឆ្នាំ2019។

លទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិនេះគឺប្រមូលពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរចំនួន398នាក់ ដែលពួកគាត់បានជ្រើសរើសហាងកាហ្វេចំនួន5 គឺ៖ Amazon, Brown, Glorea, KOI, និង Starucks។ បន្ទាប់មក ទិន្នន័យត្រូវបានបញ្ចូលទៅក្នុងកម្មវិធី SPSS ដើម្បីវិភាគឱ្យឃើញអំពីចំណាប់អារម្មណ៍ខ្លាំងលើការទទួលទានកាហ្វេតាមរបៀបបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS)។

មេរៀននេះបានរៀបរៀងនូវជំហានសំខាន់ៗក្នុងការគណនារកលទ្ធផលរបស់ MDS ដូចបានបង្ហាញក្នុងចំណុចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ ការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS

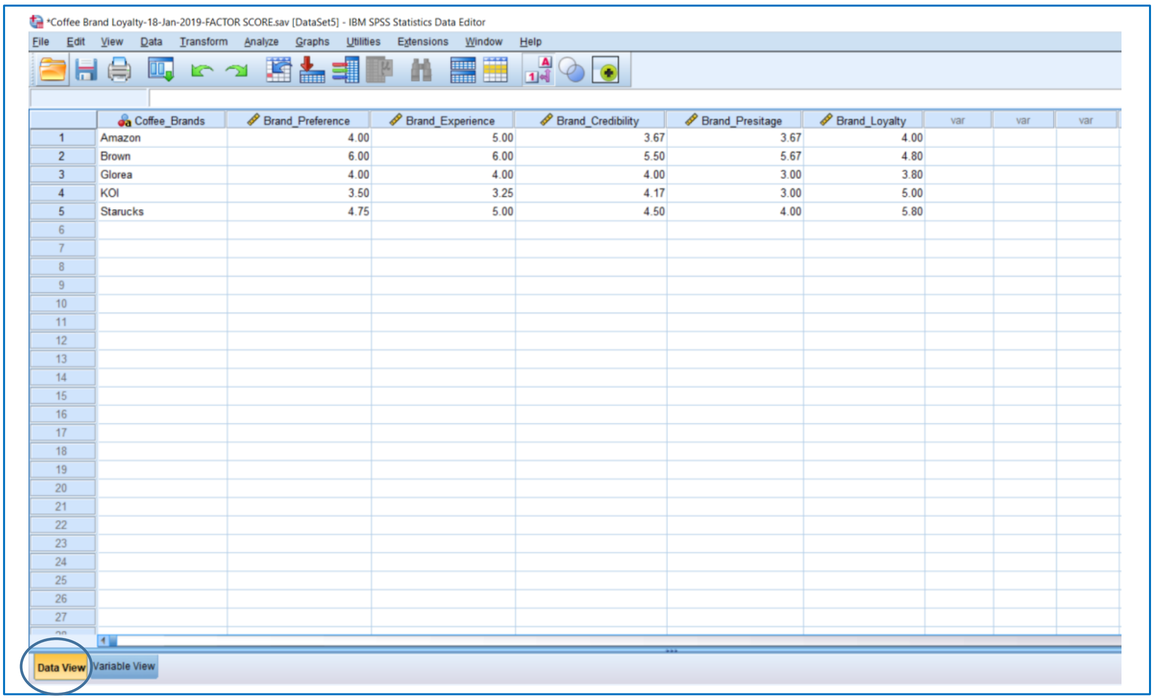
- ត្រូវរកមើលក្នុង [Variable View] នូវម៉ាកក្រុមហ៊ុនកាហ្វេ (Coffee_Brand) រួចហើយកំណត់យក "String" នៅជួរឈរ [Type] ហើយនៅជួរឈរ [Measure] គឺជ្រើសរើសយក Norminal។ ក្រៅពីនេះ សូមមើលអ្វីដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យា១៥-៤ ខាងក្រោមនេះ។



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Coffee_Brands	String	10	0		None	None	16	Left	Nominal	Input
2	Brand_Preference	Numeric	8	2		None	None	18	Right	Scale	Input
3	Brand_Experience	Numeric	8	2		None	None	18	Right	Scale	Input
4	Brand_Credibility	Numeric	8	2		None	None	19	Right	Scale	Input
5	Brand_Presitage	Numeric	8	2		None	None	17	Right	Scale	Input
6	Brand_Loyalty	Numeric	8	2		None	None	15	Right	Scale	Input

ដ្យាក្រាម១៥.៤. ការបញ្ចូលទិន្នន័យ-Variable View

- ក្នុងជំហាន [Data View] នេះ ចំពោះម៉ាកក្រុមហ៊ុនកាហ្វេ (Coffee_Brand) ត្រូវកំណត់បញ្ចូលឈ្មោះហាងការហ្វេទាំងប្រាំ ហើយនៅជួរឈរខាងស្តាំដៃគឺអថេរដែលមានសំណួរ ដែលបានប្រើក្នុងការស្ទាបស្ទង់មតិ។ ពិន្ទុដែលយើងឃើញនេះគឺជាពិន្ទុគិតជាមធ្យមដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៥។ ក្នុងចំណោមអ្នកញ៉ាំកាហ្វេ 398នាក់ មាន65នាក់បានជ្រើសរើសយក Starbuck, 125 នាក់បានជ្រើសរើសយក KOI Thé, 104 បានជ្រើសរើសយក Amazon, 54 នាក់បានរើសយក Glorea'Jean និង 50 នាក់បានជ្រើសរើសយក Brown។

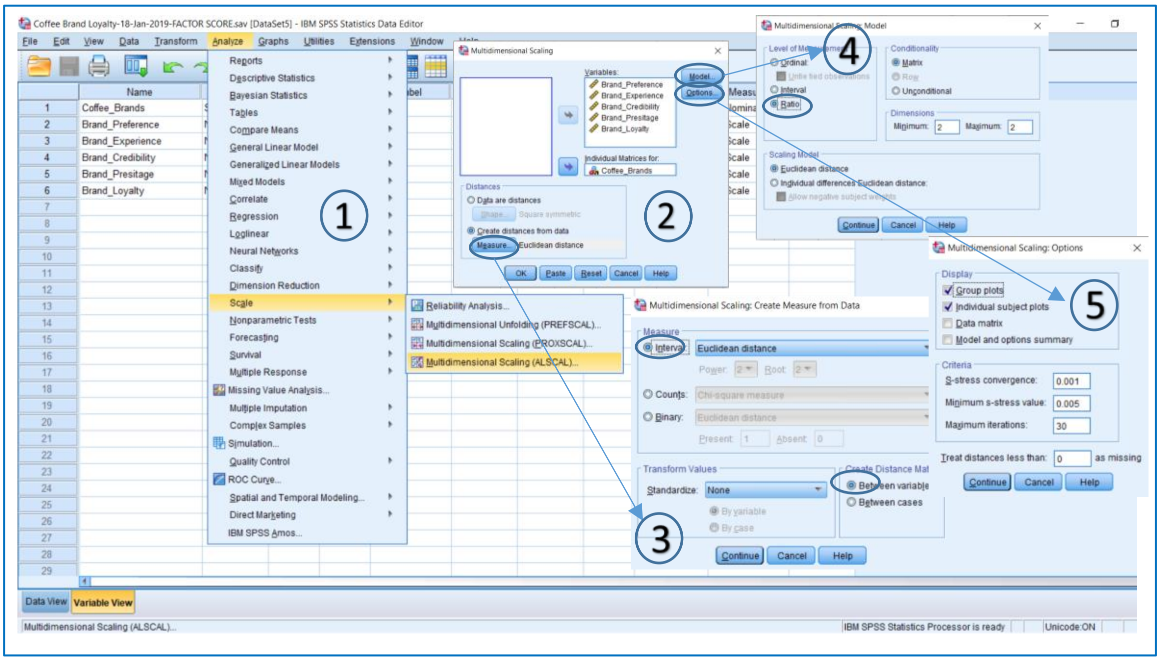


	Coffee_Brands	Brand_Preference	Brand_Experience	Brand_Credibility	Brand_Presitage	Brand_Loyalty
1	Amazon	4.00	5.00	3.67	3.67	4.00
2	Brown	6.00	6.00	5.50	5.67	4.80
3	Glorea	4.00	4.00	4.00	3.00	3.80
4	KOI	3.50	3.25	4.17	3.00	5.00
5	Starucks	4.75	5.00	4.50	4.00	5.80

ដ្យាក្រាម១៥.៥. ការបញ្ចូលទិន្នន័យ-Data View

ជំហានទី2៖ ក្រោយពីការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងជំហានទី1 រួចហើយ យើងត្រូវអនុវត្តតាមសេចក្ដីណែនាំមួយចំនួនខាងក្រោម ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៦៖

- ដំបូង ក្នុងកម្មវិធី SPSS ដែលយើងបានបញ្ចូលរួចខាងលើចុចលើពាក្យ [Analysis] → ជ្រើសរើសយក [Scale] → រួចហើចុចយក [Mutlidimensional Scaling] → រួចបន្តទៅ អនុវត្តតាមសេចក្ដីណែនាំខាងក្រោមទៀត។
- បន្ទាប់មក ត្រូវយកព័ត៌មានរបស់អថេរដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Variables] និង Coffee_Brands ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Individual Matrice for]។
- បន្ទាប់មក ចុចយក [Measure] → ជ្រើសរើសយក [Interval] → រួចចុចលើ [Eucliden Distance] → និងត្រូវជ្រើរើសយក [Between Variable] → ចុច [Continue] ។
- បន្ទាប់មក ចុចលើ [Model] → រួចជ្រើសយក [Ratio] → រួចចុច [Continue] ។
- បន្ទាប់មក ចុចលើ [Option] → ជ្រើសរើសយក [Group Plot] → ហើយចុចយក [Individual subject plots] → រួចចុច [Continue] → រួចចុច [OK]។ អ្នកនឹងបានផ្ទាំងលទ្ធផលមួយដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៧។



ដ្យាក្រាម១៥.៦. ការបង្កើតលទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី1

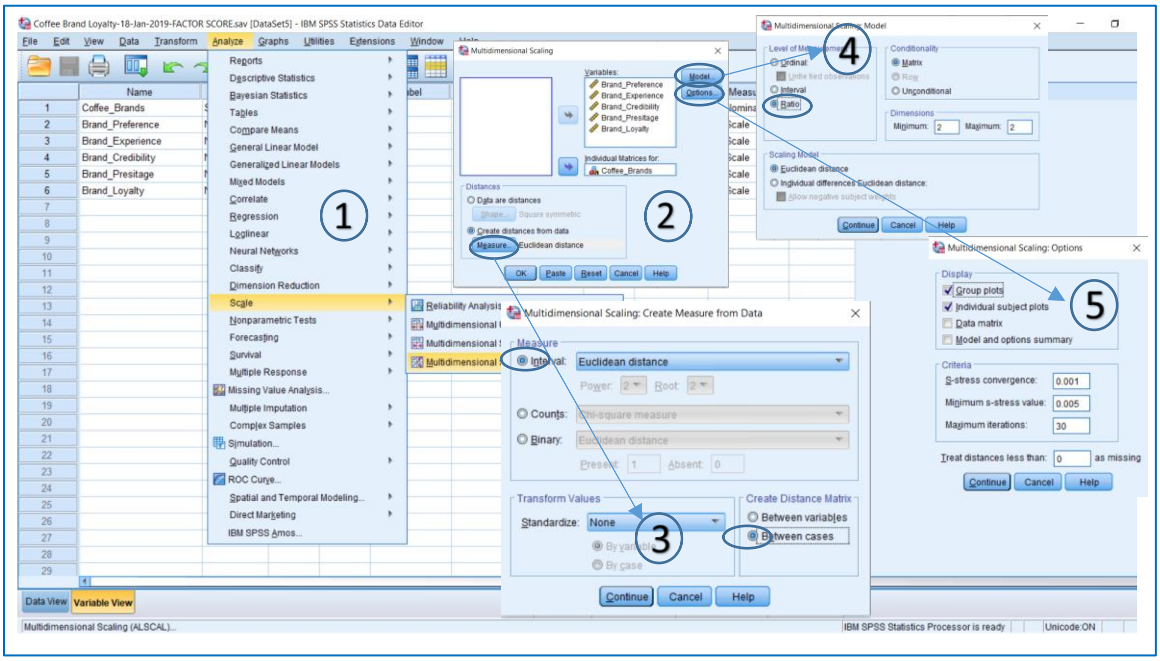
```
For  matrix
    Stress  =   .05856      RSQ =  .98198


           Configuration derived in 2 dimensions

                   Stimulus Coordinates

                        Dimension

Stimulus   Stimulus     1        2
 Number      Name

    1      Brand_Pr    .4396    .3168
    2      Brand_Ex    .4822   1.3423
    3      Brand_Cr   -.2609   -.6260
    4      Brand__1   1.4306   -.8756
    5      Brand_Lo  -2.0914   -.1574



Abbreviated  Extended
Name         Name

Brand__1     Brand_Presitage
Brand_Cr     Brand_Credibility
Brand_Ex     Brand_Experience
Brand_Lo     Brand_Loyalty
Brand_Pr     Brand_Preference
```

ដ្យាក្រាម១៥.៧. លទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី1

ជំហានទី3៖ បន្ទាប់ពីការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងជំហានទី1រួចហើយ យើងត្រូវអនុវត្តនូវជំហានមួយចំនួនដូចខាងក្រោម (ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី15-8)៖

- ដំបូង ក្នុងកម្មវិធី SPSS ដែលយើងបានបញ្ចូលរួចខាលើ សូមចុចលើពាក្យ [Analysis] → ជ្រើសរើសយក [Scale] → ចុចយក [Mutlidimensional Scaling] → រួចបន្តទៅអនុវត្តតាមសេចក្ដីណែនាំខាងក្រោមទៀត។
- បន្ទាប់មក យកព័ត៌មានរបស់អថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Variables] និង Coffee_Brands ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ [Individual Matrice for]។
- បន្ទាប់មក ចុចយក [Measure] → ជ្រើសរើសយក [Interval] → រួចចុចលើ [Eucliden Distance] → រួចហើយរើសយក [Between Variable] → រួចចុច [Continue] ។
- បន្ទាប់មកទៀត ចុចលើ [Model] → រួចជ្រើសរើសយក [Ratio] → រួចចុចលើ [Continue] ។

- បន្ទាប់មកទៀត ចុចលើ [Option] → រួចជ្រើសរើសយក [Group Plot] → ហើយចុចយក [Individual subject plots] → រួចចុចលើ [Continue] → រួចចុចលើ [OK]។ អ្នកនឹងបានផ្ទាំងលទ្ធផលមួយដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៩។



ដ្យាក្រាម១៥.៨. ការបង្កើតលទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី2

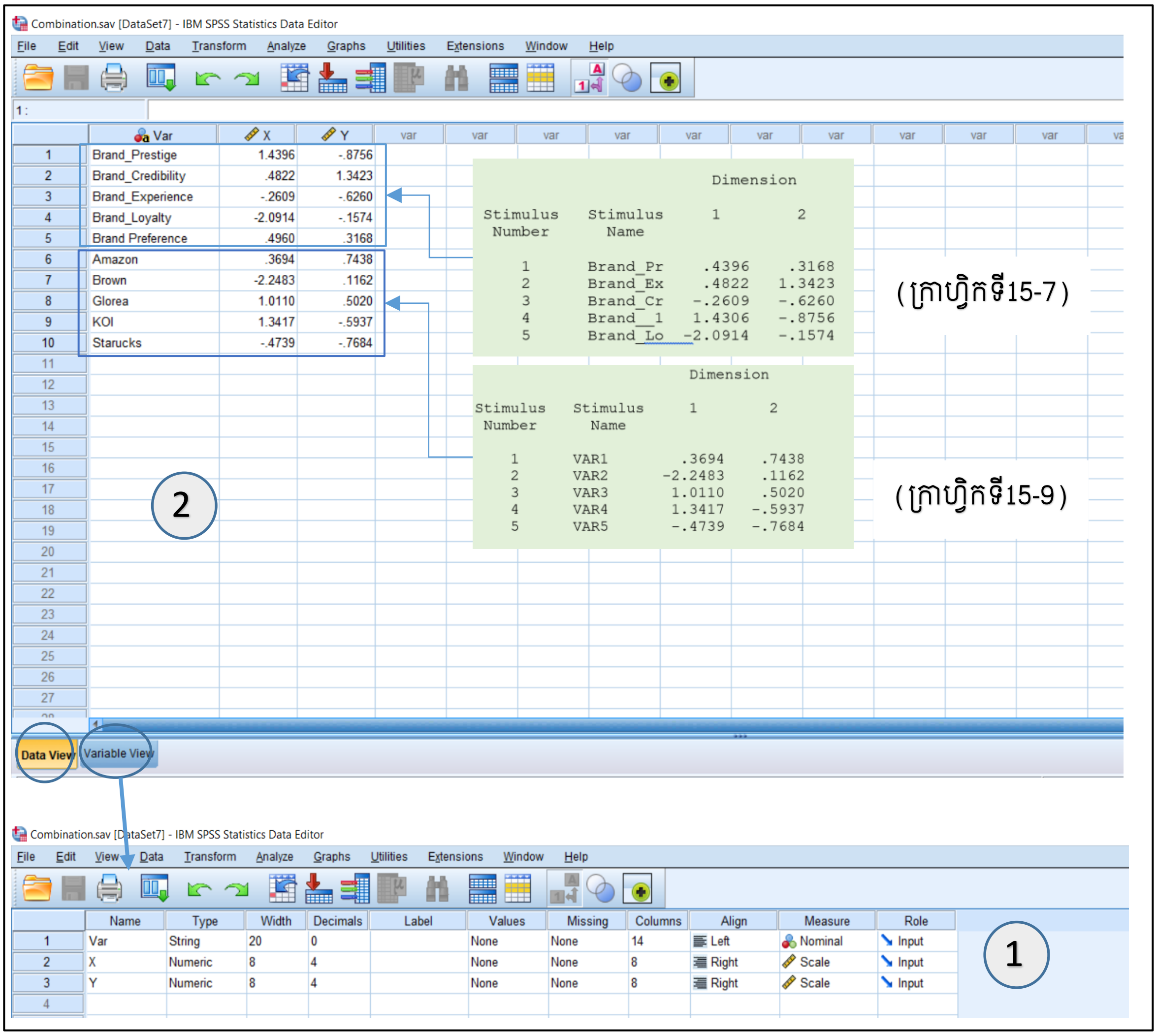
```
For  matrix
    Stress  =   .04614      RSQ =  .99061


           Configuration derived in 2 dimensions


                   Stimulus Coordinates

                        Dimension

Stimulus   Stimulus      1         2
 Number      Name

    1      VAR1        .3694     .7438
    2      VAR2      -2.2483     .1162
    3      VAR3       1.0110     .5020
    4      VAR4       1.3417    -.5937
    5      VAR5       -.4739    -.7684
```

ដ្យាក្រាម១៥.៩. លទ្ធផលសម្រាប់ដំណាក់កាលទី2

ជំហានទី4៖ ការបញ្ចូលទិន្នន័យរួមគ្នា

ក្នុងជំហាននេះ យើងត្រូវមានទិន្នន័យរួមគ្នាដែលបានមកពីការប្រចាប់ទិន្នន័យបញ្ចូលគ្នាពីក្នុងលទ្ធផលដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៧ និងដ្យាក្រាម១៥-៩ (ដូចបានបង្ហាញទិន្នន័យក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១០)។ ករណីនេះ យើងត្រូវបង្កើតទិន្នន័យថ្មីមួយផ្សេងទៀតតាមរបៀបដូចខាងក្រោម៖

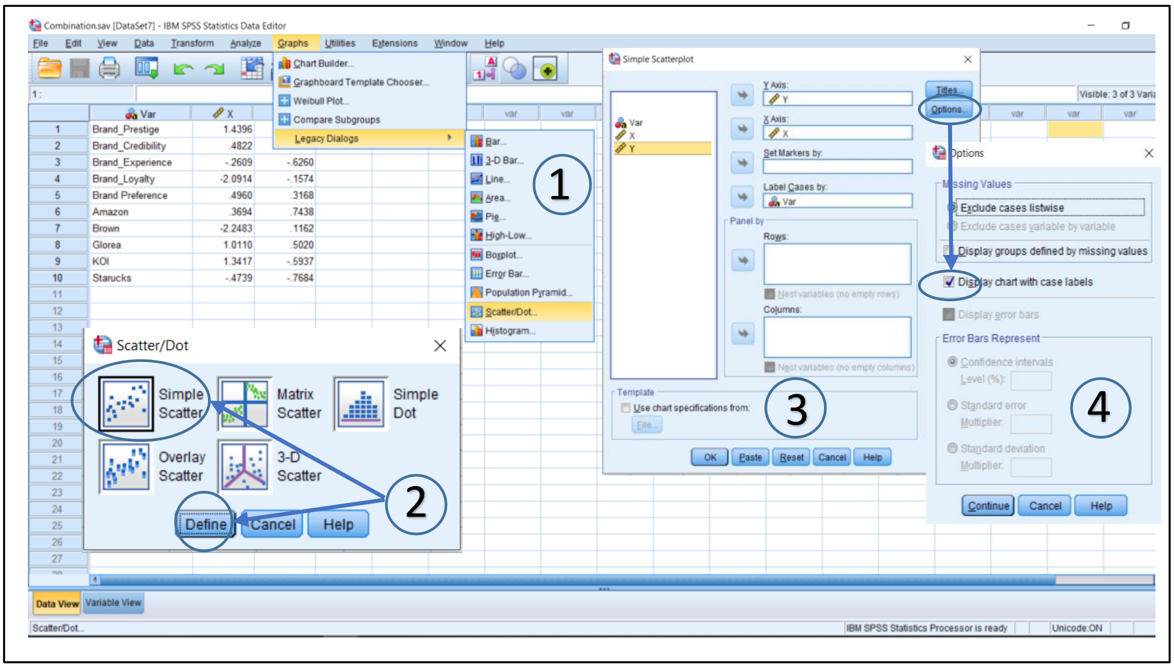
- **ដំបូង ចំពោះ [Variable View]** គឺយើងត្រូវវាយបញ្ចូលព័ត៌មានដែលមាន៖ Var, X, និង Y ហើយក្នុងជួរឈរ [Type] ជ្រើសរើសយក [String] សម្រាប់ [Var] ហើយចំពោះ X និង Y គឺជ្រើសរើសយក [Numeric]។ ក្នុងជួរឈរ [Measure] គឺត្រូវជ្រើសរើស [Norminal] សម្រាប់ [Var] ហើយចំពោះ X និង Y ត្រូវកំណត់យក [Scale]។
- **បន្ទាប់មក ចំពោះ [Data View]** យើងត្រូវយកលទ្ធផលក្នុងដ្យាក្រាម១៥-៧ និងដ្យាក្រាម១៥-៩ មកបញ្ចូលក្នុងទម្រង់ទិន្នន័យថ្មីនេះ ដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១០។



ដ្យាក្រាម១៥.១០. ការបញ្ចូលទិន្នន័យរួមគ្នាដំណាក់កាលទី1 និងទី2

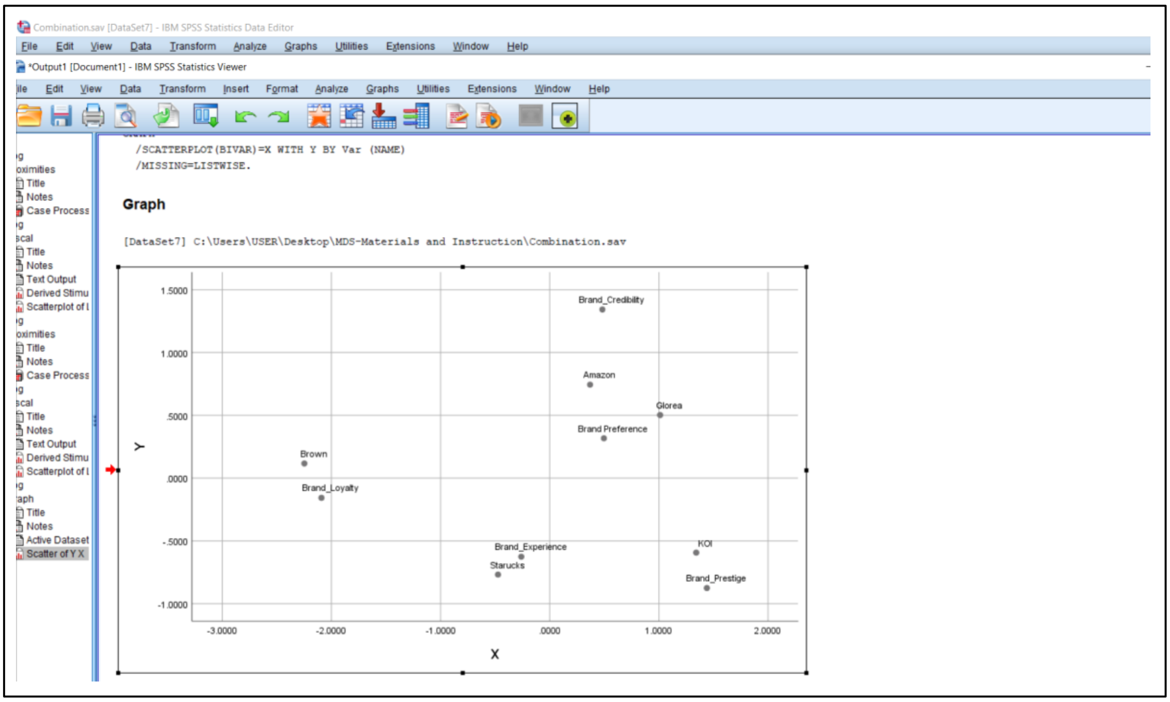
- បន្ទាប់មក យើងត្រូវវិភាគទិន្នន័យទី2 [Combination.sav] ថ្មីខាងលើដោយអនុវត្តតាមសេចក្តីណែនាំដូចខាងក្រោម៖

- ដំបូង ចុចលើពាក្យ **[Graph]** → ជ្រើសរើស **[Legacy Dialogs]** → ហើយចុចយក **[Scatter/Plot…]**។
- បន្ទាប់មក ចុចលើ [Simple Scatter] រួចហើយជ្រើសរើសយក [Define]។
- បន្ទាប់មក ជ្រើសរើសយក [Var] ដាក់ចូលក្នុងប្រអប់ **[Label Cases by]** → ជ្រើសរើសអថេរ Y ចូលប្រអប់ [Y-Axis] និងយកអថេរ X ដាក់ប្រអប់ [X-Axis]។
- បន្ទាប់មក ចុចលើ [Option] → រួចជ្រើសរើសយក [Display chart with case labels] រួចចុច [Continue] → រួចចុច [OK] ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី15-11។ រួចអ្នកបានផ្ទាំង Windows ថ្មីនៃលទ្ធផលនៃការវិភាគតាម MDS (ដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១១]។

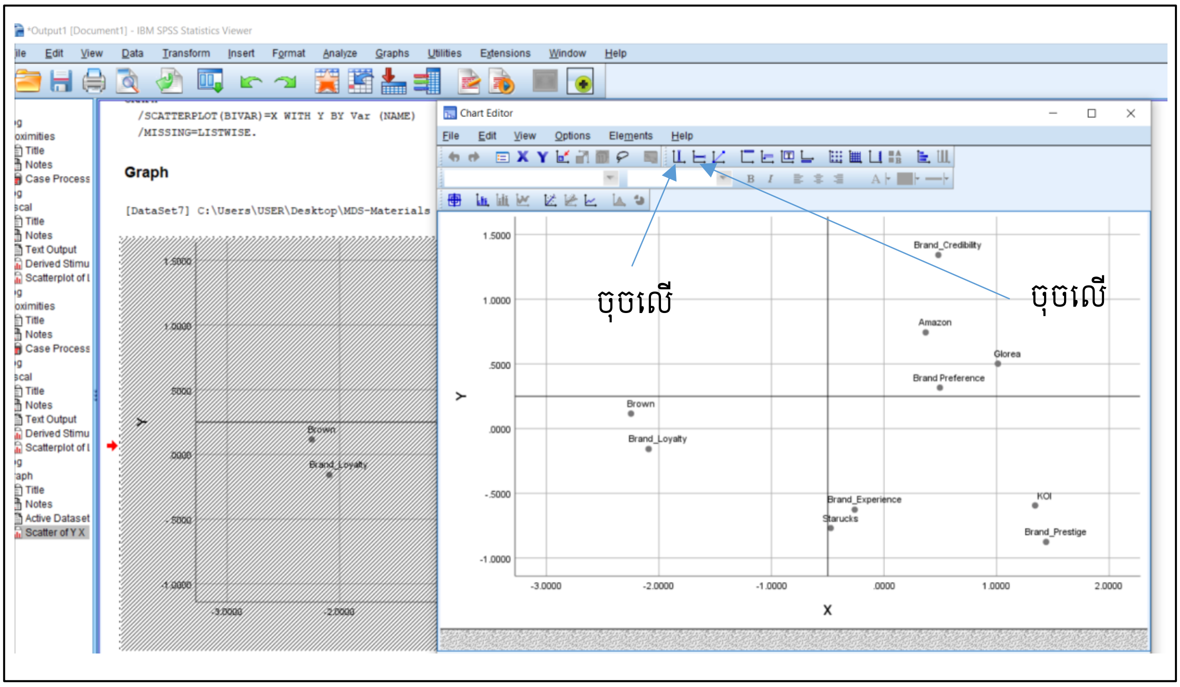


ដ្យាក្រាម១៥.១១. ការបញ្ចូលទិន្នន័យរួមទី2

ក្រោយពីបានលទ្ធផលដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១២ យើងត្រូវចុចទ្វេដងលើផ្ទាំងលទ្ធផលដើម្បីគូសបន្ទាត់ដេក ឬអ័ក្សអាប់ស៊ីស (X-Axis) និងបន្ទាត់ឈរ ឬអ័ក្សអរដោនេ (Y-Axis) ដូចដ្យាក្រាម១៥-១៣ ខាងក្រោម ហើយអនុវត្តតាមគំនូសបំពេញដែលបានបង្ហាញស្រាប់។ បន្ទាប់មក បិទផ្ទាំង Windows ដែលយើងបានធ្វើការកែសម្រួលរួចហើយ អ្នកអាច ថតចម្លងផ្ទាំងចម្លើយចុងក្រោយសម្រាប់ធ្វើជារបាយការណ៍ និងធ្វើការបកស្រាយទិន្នន័យ ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១៤។



ដ្យាក្រាម១៥.១២. លទ្ធផលនៃការវិភាគតាម MDS ដើម



ដ្យាក្រាម១៥.១៣. លទ្ធផលនៃការវិភាគតាម MDS ដំណាក់កាលកែសម្រួល

ជំហានទី5៖ ការបកស្រាយទិន្នន័យ

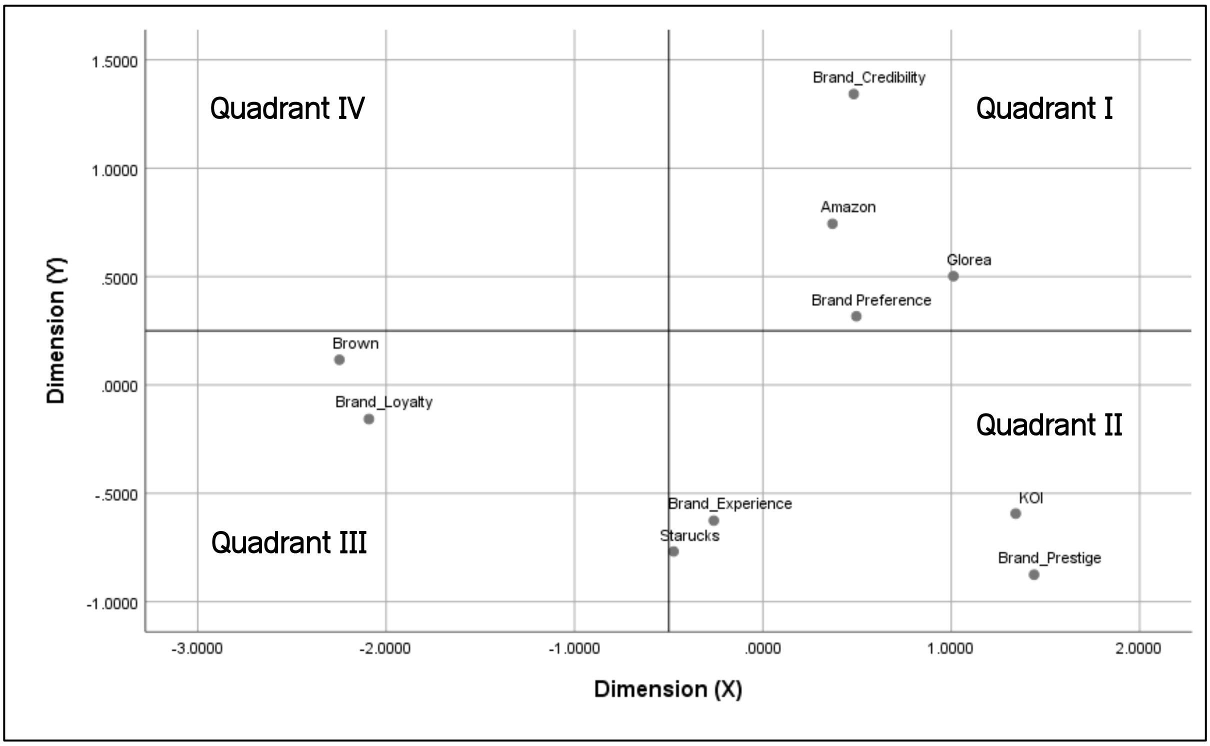
តាមលទ្ធផលដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-១៤ ការសិក្សានេះទទួលបាននូវព័ត៌មានដូចខាងក្រោម៖

- ចន្លោះឬវិមាត្រទីមួយ (**Quadrant I**)៖ អ្នកចូលរួមសិក្សាបានវាយតម្លៃថា Amazon និង Glorea's Jean ជាម៉ាកកាហ្វេដែលទទួលបានចំណង់ចំណូលចិត្ត (Brand Preference) និងទំនុកចិត្តខ្ពស់ (Brand source credibility)។ ក្នុងចំណុចនេះផងដែរ យើងអាចសន្និដ្ឋានបាន

ថា Amazon គឺជាម៉ាកកាហ្វេដែលទទួលបានទំនុកចិត្តខ្ពស់ពីយុវជន ព្រោះពិន្ទុរបស់វាខ្ពស់ជាង Glorea's Jean ដោយវាខិតទៅជិតចំណុចរបស់ Brand_Credibility។ រីឯ ម៉ាកកាហ្វេ Glorea's Jean មានពិន្ទុខិតជិតចំណុចរបស់អថេរ Brand Preference ដូច្នេះ យុវជនមួយចំនួនមានចំណង់ចំណូលចិត្តចំពោះម៉ាកយីហោនេះ។ ហើយចន្លោះឬវិមាត្រទីមួយ (Quadrant I) នេះបង្ហាញពីចំណុចដែលមានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានរវាងវិមាត្រ X និងវិមាត្រ Y។ អតិថិជនឱ្យតម្លៃលើភាពជឿជាក់នៃប្រភពយីហោនិងចំណង់ចំណូលចិត្តម៉ាកយីហោទាំង2នេះដោយមានពេញចិត្តនឹងការអនុវត្តរបស់អ្នកផ្តល់សេវាកម្ម។

- ចន្លោះឬវិមាត្រទីពីរ (**Quadrant II**)៖ ម៉ាកយីហោរបស់ KOI Thé ល្បីសម្រាប់យុវជន (ឬជាម៉ាកលំដាប់ខ្ពស់) និង Starbucks គឺគ្រាន់តែជាម៉ាកយីហោដែលក្រុមពួកគាត់ចង់សាកប្រើប្រាស់ដើម្បីយកបទពិសោធន៍ ដែលយើងហៅថាជាបទពិសោធន៍ម៉ាកយីហោ (Brand Experience) ។ បើយើងក្រឡេកមើលពិន្ទុនៃការវាយតម្លៃរបស់ម៉ាកទាំង2នេះមានកម្រិតទាប។ ហើយចន្លោះឬវិមាត្រទីពីរ (Quadrant II) នេះបង្ហាញពីចំណុចដែលមានទំនាក់ទំនងអវិជ្ជមានរវាងវិមាត្រ X និងវិមាត្រ Y។ ភក្តីភាព របស់អតិថិជនចំពោះម៉ាកកាហ្វេ Brown គឺស្ថិតនៅក្នុងតំបន់ដែលអាចធ្វើទៅបាន ("Posibility Overkill") ហើយអ្នកគ្រប់គ្រងអាចធ្វើការសម្រេចចិត្តលះបង់ធនធានតិចជាងមុនសម្រាប់ពង្រឹងនូវសេវាកម្មដើម្បីទាក់ទាញអតិថិជនរបស់ខ្លួន។ អ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរបានវិនិច្ឆ័យថា ក្រុមហ៊ុនកំពុងធ្វើបានល្អក្នុងការលើកស្ទួយកិត្យានុភាព ឬភាពល្បីល្បាញរបស់ម៉ាក (Brand prestiage) និងចំណង់ចំណូលចិត្តចំពោះម៉ាក (Brand preference) ប៉ុន្តែហាក់ដូចជាមានសាសំខាន់តិចតួចចំពោះផ្នែកទាំងពីរនេះ។ តែទោះយ៉ាងណាក៏ដោយ វាអាចមានហេតុផលល្អផ្សេងទៀតរបស់ក្រុមហ៊ុនសម្រាប់ការបន្តអនុវត្តបែបនេះតទៅទៀត។
- ចន្លោះឬវិមាត្រទីបី (**Quadrant III**)៖ បើគិតពីភក្តីភាពចំពោះម៉ាក (Brand Loyalty) វិញគឺ Brown ប៉ុន្តែត្រូវចាំថា នៅក្នុងផ្នែកនេះ Brown ទទួលបាននូវភក្តីភាពចំពោះម៉ាកពិតប្រាកដមែន ប៉ុន្តែវានៅមានអទិភាពទាប (Low Prioritiy) នៅឡើយក្នុងការជម្រុញ ឬបន្តឱ្យពួកគាត់នៅតែស្មោះស្ម័គ្រលើម៉ាកយីហោនេះ។ ហើយចន្លោះឬវិមាត្រទីបី (Quadrant III) នេះបង្ហាញពីចំណុចដែលមានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានរវាងវិមាត្រ X និង វិមាត្រ Y។ ត្រង់ចំណុចនេះ អ្នកឆ្លើយសំណួរបានវាយតម្លៃទាបទាក់ទងនឹងការផ្តល់ភាពស្មោះត្រង់ចំពោះម៉ាកយីហោ Brown។ ប៉ុន្តែ អតិថិជនមានទំនោរបន្តភក្តីភាពលើម៉ាកយីហោនេះបន្តិចបន្តួចប៉ុណ្ណោះ។
- ចន្លោះឬវិមាត្រទីបួន (**Quadrant IV**)៖ គឺគ្មានលទ្ធផលបង្ហាញទេ។

សរុបមក យុទ្ធសាស្ត្រដែលល្អបំផុតគឺនៅក្នុងចន្លោះឬវិមាត្រទីមួយ (Quadrant I) ដែលក្រុមហ៊ុនត្រូវបន្តការសិក្សា និងស្រាវជ្រាវផលិតផលរបស់ខ្លួនដើម្បីធ្វើយ៉ាងណាផ្តល់នូវភាពទុកចិត្តខ្ពស់ និងបង្កើនចំណង់ចំណូលចិត្តដល់អ្នកប្រើប្រាស់ឱ្យមានការគាំទ្រកាន់តែច្រើន។ ហើយចំពោះ ម៉ាក KOI Thé Starbucks និង Brown ត្រូវរិះរកយុទ្ធសាស្ត្រទីផ្សារដើម្បីចាប់យកចំណែកទីផ្សារ ឬទីតាំងរបស់ខ្លួនឱ្យឈរជើងក្នុងវិមាត្រទីមួយ (Quadrant I) នេះទើបល្អ។



ដ្យាក្រាម១៥.១៤. លទ្ធផលវិភាគតាម MDS លើការប្រើប្រាស់កេសជ្ជៈនៅក្នុងព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា

៥. សេចក្ដីសន្និដ្ឋាន

ការវិភាគតាមរបៀបបង្កើតមាត្រដ្ឋានពហុវិមាត្រ (MDS) ផ្តល់នូវគុណសម្បត្តិមួយចំនួននៃការវាយតម្លៃដោយទទួលការយករបស់អតិថិជនចំពោះកម្មវិធីទីផ្សារ។ វាគឺជាបច្ចេកទេសដែលមិនចំណាយធនធានច្រើន និងងាយយល់ ហើយអាចផ្តល់នូវការយល់ដឹងដ៏សំខាន់ទៅក្នុងទិដ្ឋភាពនៃទីផ្សារចម្រុះ (marketing mix) របស់ក្រុមហ៊ុនដែលគួរយកចិត្តទុកដាក់បន្ថែម ក៏ដូចជាចង្អុលបង្ហាញផ្នែកដែលអាចប្រើប្រាស់ធនធានច្រើនពេក។ ការបង្ហាញលទ្ធផលលើបណ្តាញប្រតិបត្តិការសំខាន់នៃវិមាត្ររបស់ MDS បង្ហាញការបកស្រាយដល់ការគ្រប់គ្រងទិន្នន័យនិងបង្កើនភាពមានប្រយោជន៍របស់វាក្នុងការសម្រេចចិត្តក្នុងការរៀបចំយុទ្ធសាស្ត្រទីផ្សារ។

មេរៀនទី១៦ ការវិភាគដោយប្រើកម្មវិធីអេម៉ូស

ការវិភាគដោយប្រើកម្មវិធីអេម៉ូស (Analysis of a Moment Structures: AMOS)គឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈកម្មវិធីកុំព្យូទ័រ AMOS (Analysis of a Moment Structures) ត្រូវអនុវត្តដូចកម្មវិធីសម្រាប់វិភាគកត្តាកំណត់ (Confirmatory Factor Analysis) ដែលហៅកាត់ថា "CFA" និង កម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) ដែលហៅកាត់ថា "SEM" សម្រាប់ជួយគាំទ្រការស្រាវជ្រាវនិងទ្រឹស្តីរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវ ដោយពង្រីកវិធីសាស្ត្រវិភាគស្តង់ដាររួមទាំងពហុរីក្រេសសិន (multiple regression) ផងដែរ។ មេរៀនេះនឹងអធិប្បាយអំពីការវាស់វែងទ្រឹស្តីដែលត្រូវបានលើកឡើងដោយអ្នកស្រាវជ្រាវល្បីៗ ដែលជាការវាស់វែងនូវទ្រឹស្តីដែលបង្ហាញពីរបៀបដែលអថេរត្រូវបានកំណត់យកមកសិក្សាស្រាវជ្រាវ។ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយប្រើកម្មវិធីអេម៉ូស (AMOS) នេះត្រូវបានយកមកប្រើយ៉ាងទូលាយលើផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម ដែលជាវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិមួយម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវ ដើម្បីបោះពុម្ពផ្សាយស្នាដៃក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិជាដើម។ ការអនុវត្តនៃវិធីសាស្ត្រនេះតាមជំហាននីមួយៗក៏នឹងមានពន្យល់ដោយមានឧទាហរ៍នៅក្នុងមេរៀនេះផងដែរ។

១. សេចក្តីផ្តើម

មុននឹងសិក្សាអំពីកម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) ដែលហៅកាត់ថា SEM អ្នកគួរតែមានការយល់ដឹងល្អអំពី៖

- លក្ខខណ្ឌមួយចំនួនក្នុងការវិភាគរីក្រេសសិន (regression analysis techniques) ដែលក្នុងនោះ មានពហុរីក្រេសិន (multiple regression) និង ឡូជីស្ទិករីក្រេសសិន (Logistic regression)

- ការបកស្រាយទិន្នន័យឱ្យបានត្រឹមត្រូវតាមលទ្ធផលនៃតេស្តសម្មតិកម្មដោយផ្អែកលើសារសំខាន់ស្ថិ និង

- ការត្រួតពិនិត្យទិន្នន័យនិងប្រើប្រាស់មាត្រដ្ឋានវង្វាស់សម្រាប់ការស្ទាប់ស្ទង់មតិឱ្យបានត្រឹមត្រូវជាមុនសិន។

ចំណុចទាំងនេះត្រូវបានពិនិត្យឡើងវិញសម្រាប់ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការជួយឱ្យដឹងថា ហេតុអ្វីបានជាជំពូកខាងលើមានសារសំខាន់សម្រាប់ក្នុងមេរៀននេះ។ ប្រភេទនៃការប៉ាន់ស្មានស្ថិតិមួយចំនួននៅក្នុង SEM ត្រូវបានបកស្រាយយ៉ាងពិតប្រាកដថាជាមេគុណរីក្រេសសិន (regression coefficient)។ តម្លៃនៃមេគុណទាំងនេះត្រូវបានកែតម្រូវសម្រាប់អថេរព្យាករ ដែលទាក់ទងគ្នាដូចដែលអថេរទាំងនេះមាននៅក្នុងការអនុវត្តស្តង់ដាររីក្រេសសិនដែរ។ ការរៀបចំទិន្នន័យសម្រាប់វិភាគនៅក្នុង SEM តម្រូវឱ្យមានភាពយ៉ាងហ្មត់ចត់ ហើយត្រូវពិនិត្យលើបញ្ហាដែលអាចកើតមាននិងចាត់វិធានការដោះស្រាយ ប្រសិនបើចាំបាច់។

កម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ SEM ត្រូវបានអនុវត្តក្នុងការធ្វើតស្តសម្មតិកម្ម ចំពោះនិន្នន័យដែលមានទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យច្រើន និងអថេរមិនឯករាជ្យក៏ច្រើនក្នុងពេលតែមួយ។ កម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ SEM នេះទទួលបានការពេញនិយមប្រើពីអ្នកស្រាវជ្រាវដែលត្រូវការបោះពុម្ពស្នាដៃរបស់ខ្លួនក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិល្បីៗលើជុំវិញពិភពលោក។ ក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយប្រើកម្មវិធី SEM គេអាចត្រូវការប្រើកម្មវិធីកុំព្យូទ័រ (Software) មួយចំនួនដូចជា AMOS, LISREL និង EQS ជាដើម។ មេរៀននេះនឹងប្រើកម្មវិធី

AMOS (មេរៀនទី16) និង LISREL នៅមេរៀនទី17។ មេរៀនេះគឺជាមគ្គុទេសក៍សម្រាប់អ្នកស្រាវជ្រាវនិងនិស្សិតដែលគ្មានមូលដ្ឋានគ្រឹះទាក់ទិនទៅនឹងការសិក្សាតាមបែបបរិមាណវិស័យស្តីពីគោលការណ៍ ការសន្មតលើភាពខ្លាំងដែនកំណត់ និងការអនុវត្តកម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (SEM)។ SEM បានជួយបង្កើនប្រសិទ្ធិភាពក្នុងការស្វែងរកដើមហេតុនិងដំណោះស្រាយនៃបញ្ហា។ វាត្រូវបានអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវយកមកអនុវត្តយ៉ាងទូលំទូលាយក្នុងការសិក្សាបែបបរិមាណវិស័យក្នុងវិស័យផ្សេងៗដូចជា ចិត្តវិទ្យា (ឧទាហរណ៍៖ Martens, 2005; Pingani, Coriani, Galeazzi, Nasi, & Franceschini, 2020; Quintana & Maxwell, 1999; Raykov, Tomer, & Nesselroade, 1991) ការអប់រំ (ឧទាហរណ៍៖ Boubker, Arroud, & Ouajdouni, 2021; Ghasemy, Teeroovengadum, Becker, & Ringle, 2020; Thongsri, Chootong, Tripak, Piyawanitsatian, & Saengae, 2021) វិទ្យាសាស្ត្រសុខាភិបាល (ឧទាហរណ៍៖ Barello, Palamenghi, & Graffigna, 2020; Shahzad, Hassan, Abdullah, Hussain, & Fareed, 2020; Talukder, Sorwar, Bao, Ahmed, & Palash, 2020) ទេសចរណ៍ (ឧទាហរណ៍៖ Abou-Shouk, Mannaa, & Elbaz, 2021; Ali, Rasoolimanesh, Sarstedt, Ringle, & Ryu, 2018; C. F. Chen, Leask, & Phou, 2016; Olya, 2020; Papastathopoulos, Ahmad, Al Sabri, & Kaminakis, 2020; Rather, 2021; Rather, Hollebeek, & Rasoolimanesh, 2021; Veasna et al., 2013; E. Wang, Shen, Zheng, Wu, & Cao, 2021) ឥរិយាបទទីផ្សារក្នុងការអភិវឌ្ឍន៍ម៉ាកយីហោ (ឧទាហរណ៍៖ W.-S. Chen & Tsai, 2021; Grace, Ross, & King, 2020; Jamshidi & Rousta, 2021; Pareek & Harrison, 2020; Sarstedt, Hair Jr, Nitzl, Ringle, & Howard, 2020; Tran, Nguyen, & Tran, 2020) និងវិស័យផ្សេងៗទៀតផងដែរ។

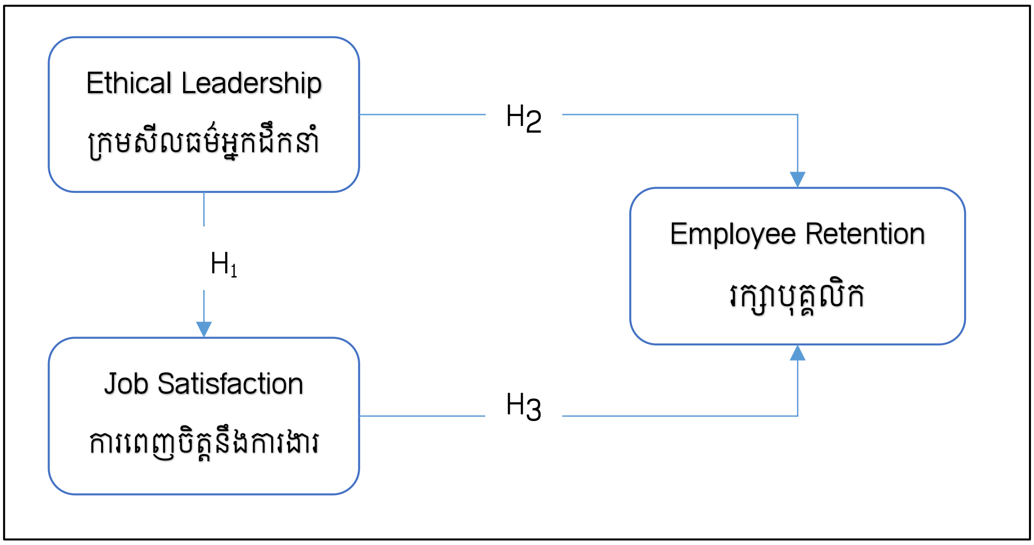
ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដោយប្រើកម្មវិធី SEM នេះត្រូវបានចែកជាពីរដំណាក់កាល។ ដំណាក់កាលទីមួយគឺការរៀបចំវិភាគទិន្នន័យតម្រូវតាមកម្មវិធីវិភាគកត្តាកំណត់ (Confirmatory Factor Analysis) ដែលហៅកាត់ថា CFA និង ដំណាក់កាលទីពីរគឺការវិភាគទិន្នន័យដោយប្រើកម្មវិធីបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) ដែលហៅកាត់ថា SEM។

២. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (Confirmatory Factor Analysis)

ការវិភាគកត្តាកំណត់ (Confirmatory Factor Analysis) ហៅកាត់ថា CFA មានបីផ្នែកសំខាន់ៗគឺ៖ (1) គំរូទីមួយនៃកត្តាលំដាប់ (first order-factor model), (2) គំរូទីពីរនៃកត្តាលំដាប់ (second order-factor model) និង (3) គំរូឋានានុក្រម (hierarchy model) (Koufteros, Babbar, & Kaighobadi, 2009)។ វិធីវិភាគទាំងបីខាងលើគឺដើម្បីសម្រិតសម្រាំងទិន្ន័យនិងលទ្ធផលឱ្យបានល្អសម្រាប់ SEM។

ការរៀបចំ "ការវិភាគកត្តាកំណត់" គឺជាជំហានទីមួយសម្រាប់ការត្រួតពិនិត្យ និងសំអាតទិន្នន័យឱ្យបានត្រឹមត្រូវមុននឹងចាប់ផ្តើមធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ SEM។ ការរៀបចំ "ការវិភាគកត្តាកំណត់" មានបីដំណាក់កាល។ របៀបកំណត់ដំណាក់កាលទាំងបីខាងក្រោមនេះគឺជាផ្នែកដ៏សំខាន់ក្នុងការរៀបចំនិងការវិភាគទិន្នន័យប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាព។ ដើម្បីអនុវត្ត CFA និង SEM មេរៀននេះបានរៀបចំនូវក្របខណ្ឌទស្សនទានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវមួយដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបវិភាគ ព្រមទាំងមានការបកស្រាយលទ្ធផលនៃវិធីទាំងពីរទៀតផង។ ឧទាហរណ៍៖ ក្របខណ្ឌទស្សនទានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវនេះគឺជាការសិក្សាមួយផ្តោតលើគោលការណ៍នៃការថែរក្សាបុគ្គលិក ដែលជាផ្នែកមួយនៃគោលការណ៍អនុវត្ត និងអភិវឌ្ឍនូវធនធានមនុស្សក្នុងវិស័យធនាគារឯកជននៅព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជាក្នុង

ឆ្នាំ2019-2020។ ការសិក្សានេះមានអ្នកចូលរួមឆ្លើយកម្រងសំណួរសរុបចំនួន 255នាក់ មកពីធនាគារចំនួន16 ដែលពួកគាត់មានឋានៈនិងតួនាទីជាអ្នកគ្រប់គ្រងសាខាតាមខេត្ត-ក្រុង។ ដើម្បីរក្សាសិទ្ធិ និងក្រមសីលធម៌នៃការស្រាវជ្រាវ មេរៀននេះសូមលើកយកតែផ្នែកតូចមួយសម្រាប់ធ្វើការបង្ហាញពីរបៀបអនុវត្តកម្មវិធីក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មឱ្យស្របតាមតម្រូវការជាក់ស្តែងនៃមេរៀន ហើយម្យ៉ាងវិញទៀត ព័ត៌មានមួយចំនួនដែលមិនពាក់ព័ន្ធនឹងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មគឺមិនត្រូវបានបង្ហាញជូនទេ។



ដ្យាក្រាម១៦.១. ក្របខណ្ឌទស្សនទានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវអំពី "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" (Conceptual Framework for Employee Retention)

- **ក្រមសីលធម៌អ្នកដឹកនាំ** (Ethical leadership **តាងដោយ** ELS):
  - ELS1: កន្លែងធ្វើការរបស់ខ្ញុំជំរុញយ៉ាងសកម្មឱ្យបុគ្គលិកទាំងអស់មានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (My workplace actively encourages ethical behaviour by all of its employees.)
  - ELS2: អ្នកគ្រប់គ្រងជាន់ខ្ពស់ក្នុងស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំធ្វើជាគំរូគេក្នុងការមានអាកប្បកិរិយាប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ល្អ។ (Senior managers in my agency lead by example in ethical behavior.)
  - ELS3: ទំនាស់ផលប្រយោជន៍ត្រូវបានរកឃើញនិងដោះស្រាយប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាព។ (Conflicts of interest are identified and managed effectively in my workplace.)
  - ELS4: អ្នកមើលការខុសត្រូវផ្ទាល់របស់ពួកយើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្ដីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our immediate supervisor demonstrates honesty and integrity in the workplace.)
  - ELS5: សហការីរបស់យើងបង្ហាញភាពស្មោះត្រង់និងសេចក្ដីថ្លៃថ្នូរនៅកន្លែងធ្វើការ។ (Our co-workers demonstrate honesty and integrity in the workplace)

ចំពោះមាត្រដ្ឋានរង្វាស់សម្រាប់ការវាស់វែង ដែលគេប្រើក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់អថេរឯករាជ្យ (Ethical leadership) មានចំនួន 7 កម្រិត (7-Point Likert) គឺ៖ 1 = មិនយល់ស្របទាល់តែសោះ (Strongly disagree), 2 = មិនសូវយល់ស្រប (Moderately disagree) 3 = មិនយល់ស្របតិចតួច (Mildly disagree), 4 = មិនដឹង (Neither agree nor disagree), 5 = យល់ស្របតិចតួច (Mildly agree), 6 = យល់ស្របមធ្យម (Moderately agree), 7 = យល់ស្របខ្លាំង (Strongly agree)។

- **ភាពពេញចិត្តការងារ (Job Satisfaction តាងដោយ JS):**
  - JS1: សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះការងាររបស់អ្នកជារួម។ (Please indicate your level of satisfaction with: My job overall)
  - JS2: សូមមេត្តាបង្ហាញនូវកម្រិតពេញចិត្តរបស់អ្នកចំពោះកន្លែងការងាររបស់អ្នកក្នុងនាមជាអ្នកគ្រប់គ្រង។ (Please indicate your level of satisfaction with: My workplace as an employer)
  - JS3: ការងាររបស់ខ្ញុំអនុញ្ញាតឱ្យខ្ញុំប្រើអស់លទ្ធភាពនូវបំណិន ចំណេះដឹង និងសមត្ថភាពរបស់ខ្ញុំ។ (My job allows me to utilise my skills, knowledge and abilities.)
  - JS4: ខ្ញុំដឹងច្បាស់ថា ភារកិច្ចនិងការទទួលខុសត្រូវរបស់ខ្ញុំមានអ្វីខ្លះ។ (I am clear what my duties and responsibilities are)
  - JS5: ខ្ញុំបានយល់ថាកិច្ចការរបស់ខ្ញុំរួមចំណែកដល់ទិសដៅរបស់ស្ថាប័នរបស់ខ្ញុំយ៉ាងដូចម្តេច។ (I understand how my work contributes to my workplace's objectives.)
  - JS6: ខ្ញុំមានសមត្ថកិច្ច (ឧទាហរណ៍ដូចជា ប្រតិភូចាំបាច់ ស្វ័យភាព កម្រិតទទួលខុសត្រូវ)។ (I have the authority (e.g. the necessary delegations, autonomy, level of responsibility) to do my job effectively.)
  - JS7: ខ្ញុំត្រូវប្រឈមនឹងការងាររបស់ខ្ញុំយ៉ាងពេញទំហឹង។ (I am sufficiently challenged by my work.)
  - JS8: ខ្ញុំត្រូវបានទទួលស្គាល់ដោយសារការរួមចំណែករបស់ខ្ញុំ។ (I am recognised for the contribution I make)
  - JS9: ខ្ញុំពេញចិត្តចំពោះឱកាសការងារក្នុងស្ថាប័នបច្ចុប្បន្នរបស់ខ្ញុំ ដែលធ្វើឱ្យមានភាពរីកចម្រើនដល់អាជីពរបស់ខ្ញុំ។ (I am satisfied with the opportunities available to me for career progression in my current agency.)

ចំពោះមាត្រដ្ឋានរង្វាស់សម្រាប់កម្រងសំណួរផ្នែកអថេរមិនឯករាជ្យ (Job Satisfaction) គឺត្រូវបានប្រើចំនួន 7 កម្រិតដូចគ្នាដែរគឺ៖ 1 = មិនពេញចិត្តទាល់តែសោះ (Very dissatisfied), 2 = មិនពេញចិត្តមធ្យម (Moderately dissatisfied), 3 = មិនពេញចិត្តតិចតួច (Mildly dissatisfied), 4 = មិនដឹង (Neither satisfied

nor dissatisfied), 5 = ពេញចិត្តតិចតួច (Mildly satisfied), 6 = ពេញចិត្តមធ្យម (Moderately satisfied), 7 = ពេញចិត្តខ្លាំង (Very satisfied)។

- **ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention តាងដោយ EMR)**
    - EMR1: គោលនយោបាយតុល្យភាពរវាងការងារនិងជីវភាពត្រូវបានអនុវត្តនៅក្នុងក្រុមហ៊ុននេះ។ (Work–life balance policies were implemented in this company.)
    - EMR2: ក្រុមហ៊ុននេះវិនិយោគយ៉ាងច្រើនក្នុងការកែលម្អកម្រិតសមត្ថភាពរបស់និយោជិក។ (This company invests extensively in improving the levels of competency among the employees.)
    - EMR3: ក្រុមហ៊ុននេះលើកទឹកចិត្តបុគ្គលិករបស់ខ្លួនឱ្យចូលរួមក្នុងសកម្មភាពស្ម័គ្រចិត្តក្នុងតម្រូវការសង្គម។ (This company encourages its employees to participate in volunteer activities in social needs.)
    - EMR4: ក្រុមហ៊ុននេះផ្តល់ប្រាក់ខែលើកម្រិតមធ្យម។ (This company offers above average salary.)
    - EMR5: ឱកាសផ្សព្វផ្សាយល្អនៅក្នុងស្ថាប័នរក្សាខ្ញុំនៅក្នុងក្រុមហ៊ុននេះ។ (Good promotion opportunities within the organization retain me in this company.)
    - EMR6: ក្រុមហ៊ុនដែលខ្ញុំធ្វើការផ្តល់ឱ្យខ្ញុំនូវឱកាសដើម្បីប្រើប្រាស់ជំនាញនិងសមត្ថភាពរបស់ខ្ញុំ។ (The company I work for gives me opportunities to utilize my skills and abilities.)

ចំពោះមាត្រដ្ឋានវង្វាស់សម្រាប់ប្រើក្នុងកម្រងសំណួរផ្នែកអថេរឯករាជ្យ (Training and Development) មានចំនួន 7 កម្រិត (7-Point Likert)ដូចគ្នាដែរគឺ៖ 1 = មិនយល់ស្របទាល់តែសោះ (Strongly disagree), 2 = មិនសូវយល់ស្រប (Moderately disagree) 3 = មិនយល់ស្របតិចតួច (Mildly disagree), 4 = មិនដឹង (Neither agree nor disagree), 5 = យល់ស្របតិចតួច (Mildly agree), 6 = យល់ស្របមធ្យម (Moderately agree), 7 = យល់ស្របខ្លាំង (Strongly agree)។

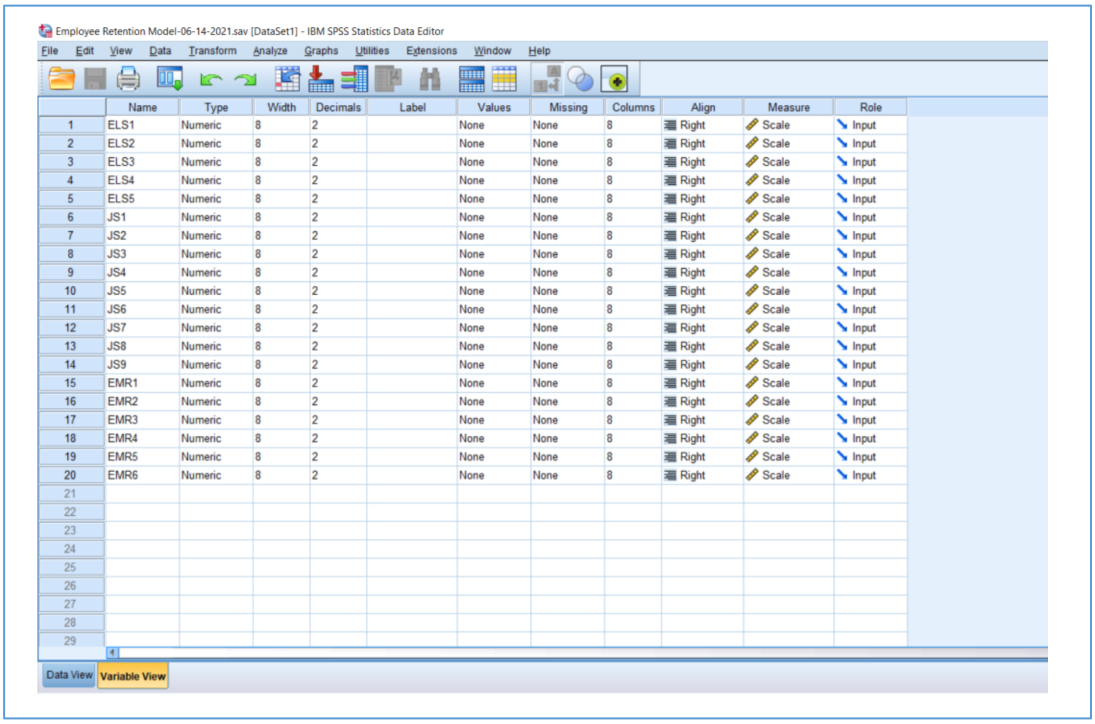
យោងតាមក្របខណ្ឌទស្សនទានសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ និងកម្រងសំណួរខាងលើ យើងមានសម្មតិកម្មចំនួនបីដូចដូចខាងក្រោមនេះ៖

សម្មតិកម្មទី1 (Hypothesis-1)៖ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ភាពពេញចិត្តការងារ" របស់បុគ្គលិក។

សម្មតិកម្មទី2 (Hypothesis-2)៖ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" របស់បុគ្គលិក។

សម្មតិកម្មទី3 (Hypothesis-3)៖ "ភាពពេញចិត្តការងារ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" របស់បុគ្គលិក។

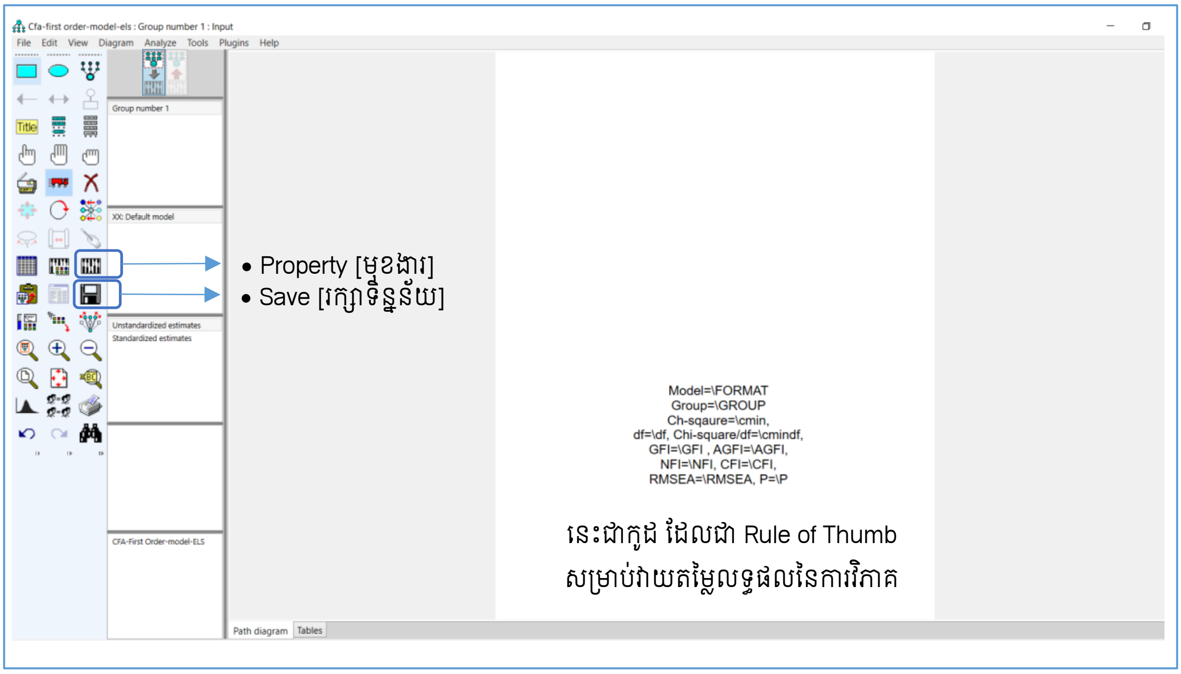
ដើម្បីធ្វើការវិភាគទិន្នន័យតាម CFA និង SEM យើងត្រូវរៀបចំនូវរាល់ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយនៅកម្រងសំណួរឱ្យបានរួចរាល់ក្នុងកម្មវិធី SPSS និងឱ្យបានត្រឹមត្រូវទៅតាមនីតិវិធី និងរបៀបចងក្រងទិន្នន័យ ព្រមទាំងការកំណត់មុខងាររបស់វាឱ្យបានច្បាស់លាស់ផងដែរ។ មេរៀននេះមានទិន្នន័យក្នុង SPSS ឈ្មោះថា "គំរូនៃការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention Model)" ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៥-២។



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	ELS1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
2	ELS2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
3	ELS3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
4	ELS4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
5	ELS5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
6	JS1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
7	JS2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
8	JS3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
9	JS4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
10	JS5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
11	JS6	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
12	JS7	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
13	JS8	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
14	JS9	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
15	EMR1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
16	EMR2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
17	EMR3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
18	EMR4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
19	EMR5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
20	EMR6	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											

ដ្យាក្រាម១៦.២. ការបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុងកម្មវិធី SPSS

ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការអនុវត្តន៍នូវការវិភាគតាម CFA និង SEM មេរៀននេះនឹងធ្វើការបង្ហាញនូវមុខងាររបស់កម្មវិធីកុំព្យូទ័រមួយគឺ AMOS 23 ដូចខាងក្រោម។ កម្មវិធី AMOS នេះគឺចាំបាច់ត្រូវធ្វើការជាមួយកម្មវិធី SPSS គឺមិនអាចយកមកប្រើការសម្រាប់វិភាគតែម្នាក់ឯងបាននោះទេ។ ដ្យាក្រាម១៦-៣ នេះគឺគ្រាន់តែជាការបង្ហាញនូវផ្ទាំងរបស់កម្មវិធីតែប៉ុណ្ណោះ។ រីឯការអនុវត្តន៍លម្អិតនឹងត្រូវបានបង្ហាញក្នុងដំណាក់របស់ CFA និង SEM។



ដ្យាក្រាម១៦.៣. ផ្ទាំងបង្ហាញពីកម្មវិធី AMOS

២.១. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA)៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី១ (First-Ordered Factor Model)

អ្នកសិក្សាត្រូវមានកម្មវិធីកុំព្យូទ័រពីរគឺ SPSS 25 និង AMOS 23 (ឬមានកម្មវិធីជំនាន់ណាមួយក៏បានដែលអាចប្រើប្រាស់បាន) ហើយសម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យ អ្នកត្រូវបញ្ចូលទិន្នន័យឱ្យបានរួចរាល់ក្នុងកម្មវិធី SPSS។ "ការវិភាគកត្តាកំណត់៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី១" គឺជាដំណាក់កាលនៃការរៀបចំទិន្នន័យដោយការវិភាគទិន្នន័យដំបូងដើម្បីដកចេញនូវសំណួរណាដែលមិនត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌកំណត់ ឬគោលការណ៍ណែនាំរបស់អ្នកស្រាវជ្រាវមុនៗ។ ដូច្នេះ ជំហាននីមួយៗខាងក្រោម អ្នកសិក្សាត្រូវយកចិត្តទុកដាក់សម្រាប់ការវិភាគទិន្នន័យឱ្យមានប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់ និងទៅតាមស្តង់ដារនៃការស្រាវជ្រាវសម្រាប់បោះពុម្ពស្នាដៃក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិល្បីៗ។

ជំហានទី 1៖ គោលការណ៍ឬលក្ខខណ្ឌ (Rule of Thumbs) របស់ CFA និង SEM

អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវយកគោលការណ៍មួយចំនួន ដែលបានកំណត់ដោយអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវល្បីៗ ដូចខាងក្រោម។ ចំពោះពាក្យអក្សរកាត់ទាំងអស់ អ្នកអាចមើលលម្អិតក្នុងតារាង១៦-១ខាងក្រោម។ នេះគឺគ្រាន់តែជាព័ត៌មានបឋមសម្រាប់យកមកសសេរកូដក្នុងកម្មវិធី AMOS ប៉ុណ្ណោះ។

Model Fit Statistics (ស្ថិតិដែលត្រូវតាមគំរូ)	Rule of Thumbs (គោលការណ៍កំណត់)
χ^2/D.F	< 2.50
GFI	≥ 0.90
AGFI	≥ 0.90
NFI	≥ 0.95
CFI	≥ 0.95

RMSEA	< 0.08
RMR	< 0.05

ប្រភព៖ (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008; Kline, 2016; Thakkar, 2020; J. Wang & Wang, 2020)

ជំហានទី 2៖ ការសរសេរកូដ

ការសរសេរកូដក្នុងកម្មវិធី AMOS គឺមានគោលបំណងឱ្យអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវងាយមើល និងប្រៀបធៀបរវាងតម្លៃគោលការណ៍កំណត់ (Rule of Thumbs) ជាមួយលទ្ធផលដែលយើងបានរកឃើញ ហើយក៏ងាយស្រួលក្នុងការពិនិត្យលទ្ធផលបានលឿន ដើម្បីកែសម្រួលទិន្នន័យសម្រាប់វិភាគឱ្យបានឆាប់រហ័សផងដែរ។ ចំពោះកូដនេះវិញគឺគ្រាន់តែចម្លង (copy) ពីព័ត៌មានទាំងអស់នេះ យកទៅដាក់ក្នុងកម្មវិធី AMOS ដូចខាងក្រោម៖

Model=\FORMAT

Group=\GROUP

Ch-sqaure=\cmin,

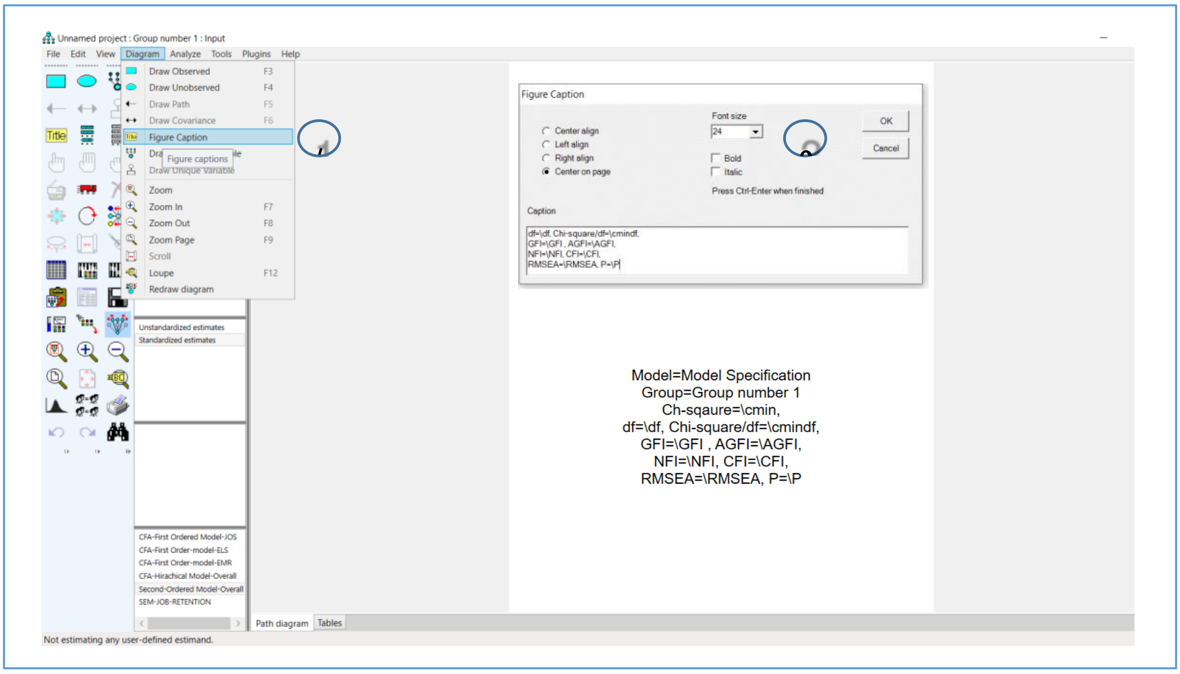
df=\df, Chi-square/df=\cmindf,

GFI=\GFI , AGFI=\AGFI,

NFI=\NFI, CFI=\CFI,

RMSEA=\RMSEA, P=\P

- ដំបូង អ្នកបើកកម្មវិធីរបស់ AMOS រួចហើយរកមើលពាក្យ [Diagram] → ចុចលើពាក្យ [Figure Caption] ហើយយកវាមកគូសលើផ្ទៃសរាង4ជ្រុងទ្រវែងនោះអ្នកនឹងបានផ្ទាំងរបស់ [Figure Caption] នេះ រួចហើយចម្លងកូដ យកទៅបញ្ចូលក្នុងប្រអប់របស់ [Caption] → បន្ទាប់មកចុច [OK] ជាការរួចរាល់ (ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-៤)។

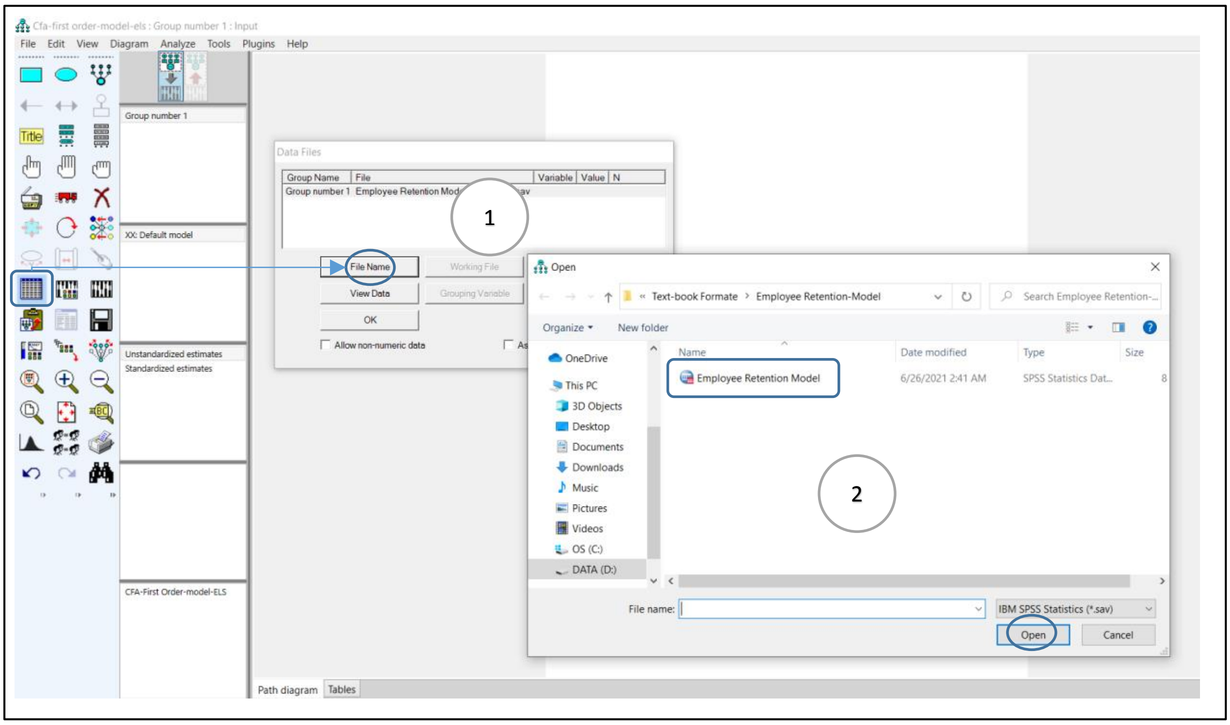


រូបភាពទី១៦.៤. ការបញ្ចូល Syntax ក្នុង AMOS

ជំហានទី 3៖ ជំហាននេះបង្ហាញសេចក្តីណែនាំលម្អិតក្នុងការអនុវត្តកម្មវិធី AMOS

ជំហានទី 3-1៖ ជំហាននេះគឺជាលំនាំទូទៅសម្រាប់អនុវត្តទាំង CFA និង SEM ផងដែរ។ ដូច្នេះ សូមអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវធ្វើកិច្ចការនេះដោយការប្រុងប្រយ័ត្នខ្ពស់ចំពោះរាល់ការទាញយកទិន្នន័យមកវិភាគ។ ចូរចាំថា អ្នកត្រូវដំឡើងកម្មវិធី SPSS និង AMOS ឱ្យបានរួចរាល់ជាមុនសិន ទើបអាចវិភាគទិន្នន័យបាន។ ដំណាក់នេះគឺគ្រាន់តែបង្ហាញពីរបៀបនៃការទាញយកទិន្នន័យពីកម្មវិធី SPSS សម្រាប់ឯកសារដែលយើងបានរក្សាទុកតាំងពីពេលដែលយើងចាប់ផ្តើមរៀបចំបញ្ចូលទិន្នន័យក្នុង SPSS មកម្លេះ។ មេរៀននេះបានរក្សាទុក និងកំណត់ឈ្មោះទិន្នន័យជា "Employee Retention Model"។ ដូច្នេះ អ្នកអាចមើលជំហាននៃការទាញយកទិន្នន័យចូលក្នុងកម្មវិធី AMOS ដូចខាងក្រោម៖

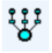
- នៅលើផ្ទាំងរបស់ AMOS [ដែលមាននិមិត្តសញ្ញានេះ ហើយប្រសិនបើអ្នកយកសញ្ញាព្រួញរបស់ Mouse ដែលហៅថា Pointer របស់កុំព្យូទ័រមកចង្អុលចំលើវានោះ អ្នកនឹងឃើញពាក្យ Select data file(s)] រួចអ្នកចុចលើវា ហើយវានឹងសួរអ្នកឱ្យរកឯកសារណាដែលអ្នកមានបំណងចង់យកមកសិក្សាក្នុងកម្មវិធី AMOS នេះ។
- បន្ទាប់មក អ្នកត្រូវចុចលើ [File Name] ហើយរកឯកសារដែលអ្នកបានរក្សាទុក បន្ទាប់អ្នកចុចលើឈ្មោះឯកសារនោះ រួចហើយសូមចុចលើពាក្យ [Open] គឺជាការស្រេច (រូបភាព១៦-៥)។



រូបភាព១៦.៥. Import SPSS Data (ការទាញចូលទិន្នន័យពី SPSS)

ជំហានទី3-2៖ ក្នុងជំហាននេះផងដែរ ក្រោយពីការទាញចូលទិន្នន័យចូក្នុងកម្មវិធី AMOS រួចហើយ៖

ដំបូង យើងត្រូវរកកម្រងសំណួរដែលមាននៅក្នុងកម្មវិធីរបស់ SPSS ដែលយើងបានទាញចូលក្នុងកម្មវិធី AMOS នេះដោយចុចលើ [ ] [List variables in data set] នោះ យើងនឹងឃើញផ្ទាំងមួយដែលមានកូដនៃកម្រងសំណួរទាំងអស់ដែលបានបញ្ចូលក្នុងកម្មវិធី SPSS។ គោលបំណងនៃការបង្ហាញនូវកម្រងសំណួរទាំងនេះគឺសម្រាប់ចាប់យកវាមកដាក់ក្នុងប្រអប់នៅពេលដែលយើងគូសគំនូសសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យ។

បន្ទាប់មក រកមើលមានសញ្ញា [ ] [Draw unobserved variables] យកវាមកគូសលើផ្ទៃស រួចត្រូវយក [] [Draw a laten variable] រួចចុចលើរង្វង់មូលមុនទៅតាមចំណង់ចំណូលចិត្តដែលអ្នកចង់បានដែលអាស្រ័យលើចំនួនសំណួររបស់អថេរនីមួយៗ។ ចំពោះមេរៀននេះ អថេររបស់ Ethical leadership មានសំណួរសរុបចំនួនប្រាំ ដូច្នេះ យើងត្រូវកំណត់ប្រអប់ចំនួនប្រាំដែរសម្រាប់បញ្ចូលកូដរបស់សំណួរទាំងអស់នេះចូលទៅក្នុងរូបភាពនេះដើម្បីគណនារកលទ្ធផល។

បន្ទាប់មកទៀត អ្នកត្រូវយក Mouse ស្តាំចុចលើរង្វង់មូលដែលយើងបានគូសដើម្បីកំណត់ និងដាក់ឈ្មោះអថេរ "Ethical Leadership" ចូលទៅក្នុងរង្វង់នោះ រួចហើយ ចុចលើ [Text] រួចហើយវាយអក្សររបស់អថេរដែលយើងចង់បញ្ចូលចំពោះពាក្យខ្លះវែងដែលមានចាប់ពី2ពាក្យឡើងទៅ អ្នកត្រូវតែប្រើមុខងាររបស់ Keyboard ដោយចុច [Shift] ហើយ [Enter] ដើម្បីចុះបន្ទាត់ធ្វើបែបនេះទើបកម្មវិធីនេះស្គាល់ ឬអ្នកអាចប្រើ Underscore (_) ពីពាក្យមួយទៅពាក្យមួយទៀតក៏បាន (ឧ. Ethical_Leadership)។

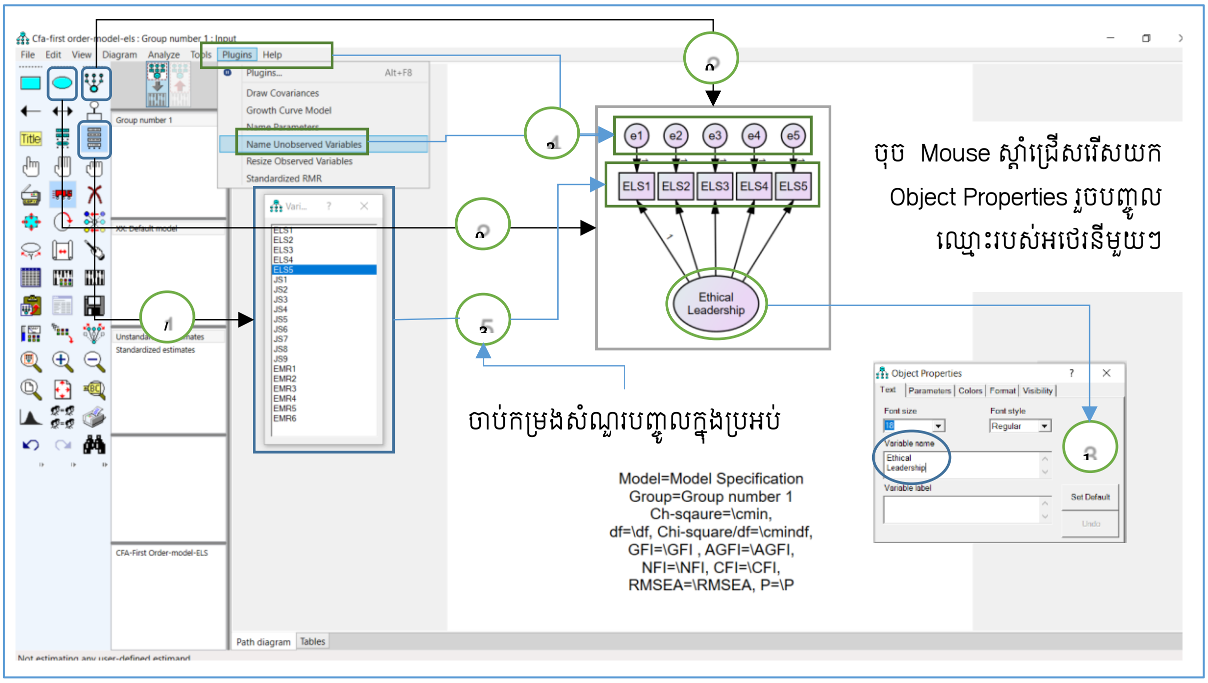
បន្ទាប់មកទៀត អ្នកត្រូវដាក់អក្សរ e (error variance) សម្រាប់កម្រងសំណួរនីមួយៗដោយគ្រាន់តែចុចលើ [Plugins] → [Name Unoberved Variables] នោះកម្មវិធីនេះនឹងដាក់អក្សរ e ឱ្យយើងដោយស្វ័យប្រវត្តិ។

ជាចុងក្រោយ អ្នកអាចចាប់នូវកូដកម្រងសំណួរនោះទៅដាក់ក្នុងប្រអប់បួនជ្រុងទៅតាមលំដាប់លំដោយរបស់អថេរជាការស្រេច។ ប៉ុន្តែត្រូវចាំថា ប្រសិនបើអ្នកដាក់វាខុសទីកន្លែងរបស់វានោះ កម្មវិធីមិនអាចបង្ហាញនូវទិន្នន័យបានទេ (ដ្យាក្រាម១៦-៣)។

ជំហានទី3-3៖ នៅជំហាននេះ យើងត្រូវគណនារកចម្លើយរបស់ CFA ដែលអ្នកចំបាច់ត្រូវធ្វើនោះគឺ៖

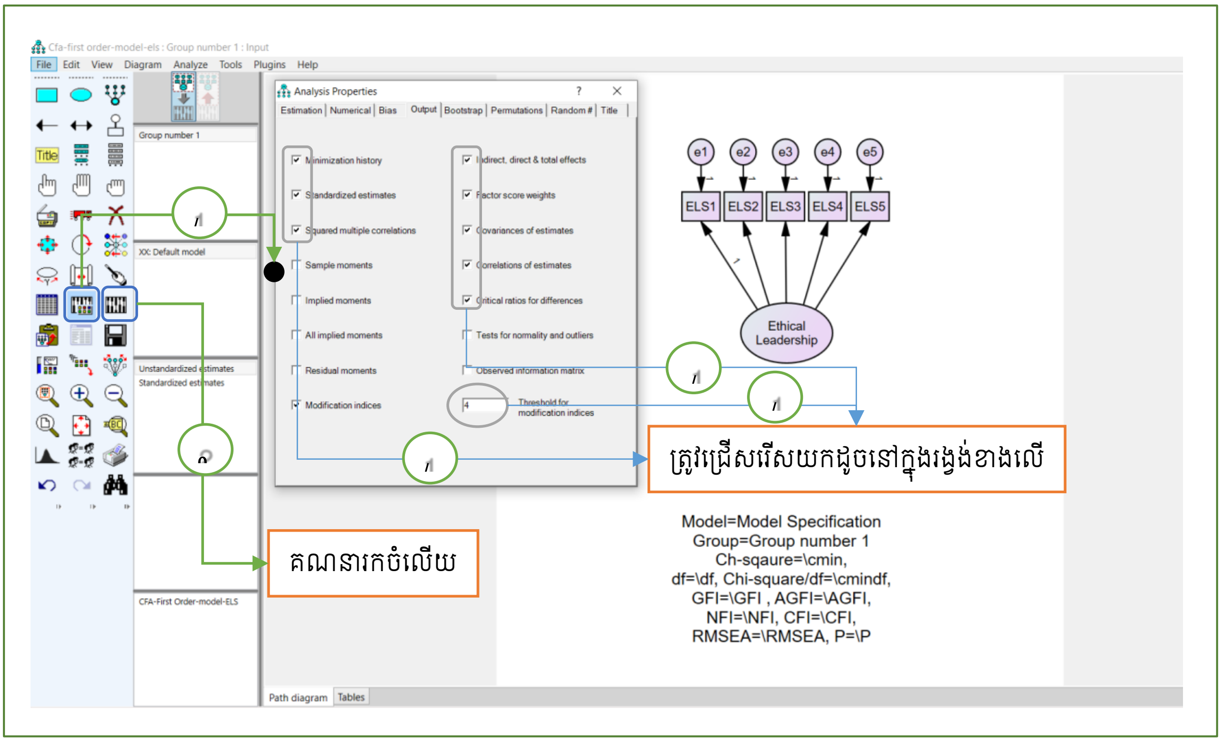
ដំបូង អ្នកត្រូវចុចលើ [ ] [Analysis Property] ហើយចុចយកនូវព័ត៌មានក្នុងប្រអប់មួយចំនួនដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-៤។ មូលហេតុនៃជ្រើសរើសយកព័ត៌មានទាំងនោះគឺសម្រាប់ជាការបង្ហាញលទ្ធផលដែលយើងចង់បានសម្រាប់ធ្វើរបាយការណ៍។

បន្ទាប់មកអ្នកត្រូវចុចលើ [ ] [Calculate Estimates] ដើម្បីគណនារកចម្លើយ។



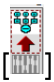
ដ្យាក្រាម១៦.៦. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)

ដ្យាក្រាម១៦-៦ និងដ្យាក្រាម១៦-៧: គឺជាគំរូសម្រាប់ការបង្កើតនៅអថេរផ្សេងៗទៀត។ នេះបានន័យថា អ្នកត្រូវតាមជំហាននេះដូចៗគ្នាដោយវាគ្រាន់តែខុសព័ត៌មានទៅតាមប្រភេទអថេរ និងកម្រងសំណួរនីមួយៗដែលអាចផ្ទុកនូវសំណួរតិច ឬច្រើនតែប៉ុណ្ណោះ។



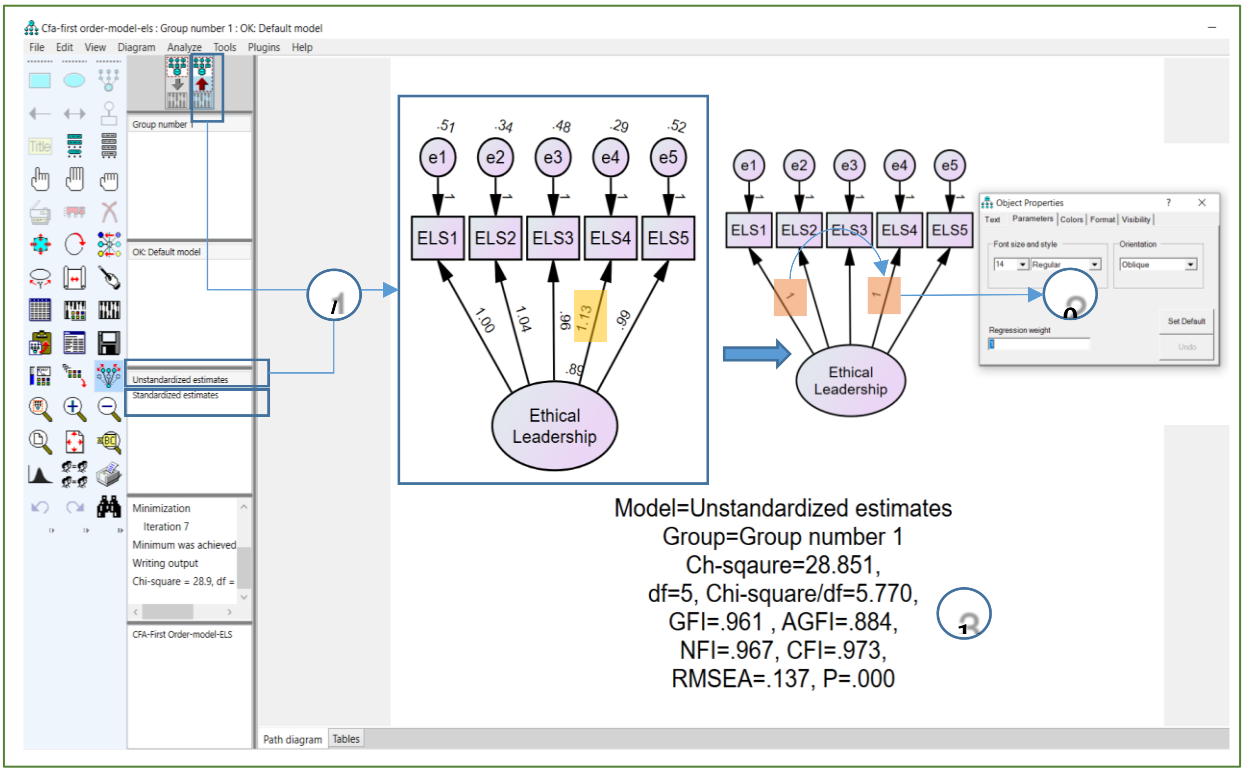
ដ្យាក្រាម១៦.៧. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Run Data]

ជំហានទី3-4៖ ក្នុងជំហាននេះ យើងត្រូវរៀបចំទិន្នន័យឱ្យបានល្អទៅតាមលក្ខណៈបច្ចេកទេសនៃការសំអាតទិន្នន័យ ហើយលទ្ធផលបានបង្ហាញថា នៅក្នុងផ្ទាំងនៃរូបភាព៖

ដំបូង នៅពេលចុចលើ [] [View the output path diagram] និង [Unstandardized estimates] យើងនឹងឃើញផ្ទាំងចម្លើយដែលបានបង្ហាញ កម្រងសំណួររបស់អថេរ "Ethical Leadership" មានកូដកម្រងសំណួរ "ELS4" ដែលមានពិន្ទុស្មើនឹង 1.13។ ពិន្ទុនេះជាតួលេខបង្ហាញសារសំខាន់នៃក្រែសសិនដែលត្រូវបានគេហៅថាជា "Regresion weight"។ ដូច្នេះ កម្រងសំណួរ "ELS4" នេះមានពិន្ទុធំជាងគេក្នុងចំណោមកម្រងសំណួរដទៃទៀត។ គោលបំណងនៃការត្រួតពិនិត្យនេះគឺដើម្បីពង្រឹងនូវគុណភាពទិន្នន័យឱ្យស្របតាមក្បួនខ្នាត AMOS។

បន្ទាប់មក យើងត្រូវប្តូរមុខងាររបស់ "ELS4" ដោយកំណត់ពីតម្លៃរបស់ 1.13 ទៅជាលេខ 1 វិញ ដោយចុច Mouse ស្តាំលើបន្ទាត់កម្រងសំណួរ "ELS4" រួចចុចលើ [Parameters] ហើយវាយលេខ 1 នេះចូលទៅក្នុងប្រអប់ [Regression Weight]។ ចំពោះសំណួរណាដែលមានលេខ 1 ដែលបានជាប់តម្លៃតាមរយៈកម្មវិធីបង្កើតឱ្យស្រាប់នោះ គឺយើងត្រូវលុបវាចោល។ ត្រូវចាំថា ក្នុងចំណោមកម្រងសំណួរទាំងអស់គឺត្រូវបានតម្លៃរបស់ Regression weight ស្មើ 1 នេះមានតែមួយគត់ ហើយតម្លៃរបស់កម្រងសំណួរដទៃទៀតត្រូវតែមានតម្លៃតូចជាង 1។

ជាចុងក្រោយ យើងគ្រាន់តែបង្ហាញលទ្ធផលបឋមប៉ុណ្ណោះ។ បន្ទាប់ពីបានក្រែសម្រួលទិន្នន័យរួចហើយ យើងនឹងយកគោលការណ៍កំណត់នេះធ្វើជារបាយការណ៍ផ្លូវការបានតែម្តង (ដ្យាក្រាម១៦-៧)។ ហើយរៀងរាល់ពេលដែលមានការកែប្រែទិន្នន័យណាមួយក្នុងប្រអប់នេះ យើងត្រូវគណនារកចម្លើយសារជាថ្មីឡើងវិញ។

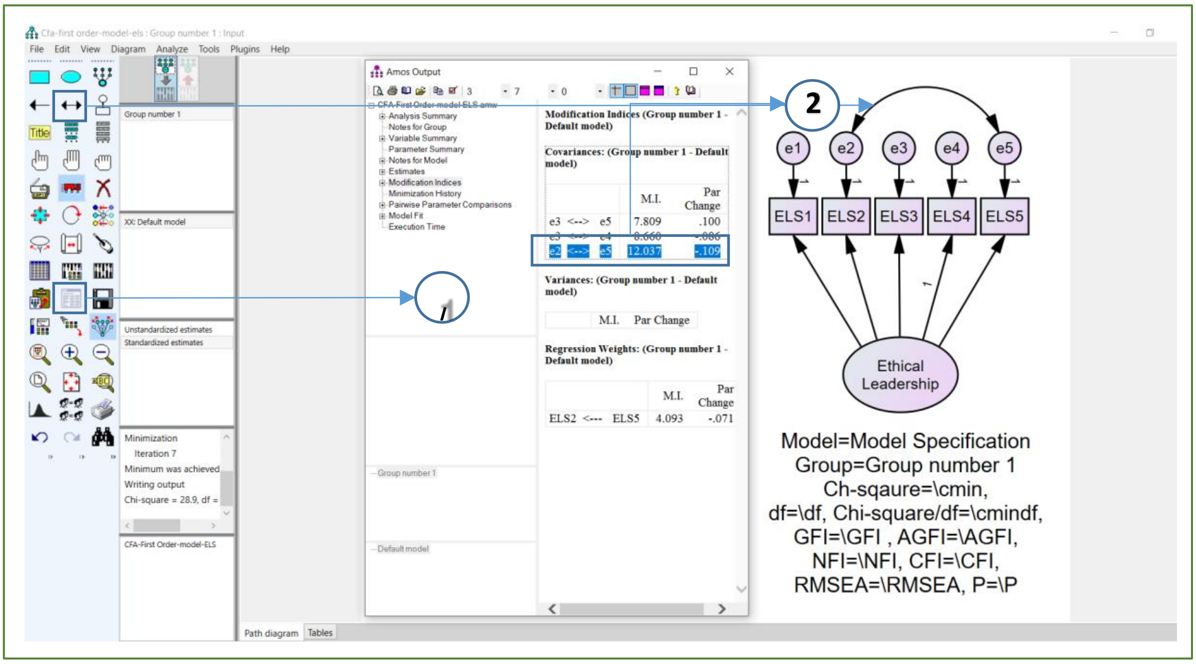


ដ្យាក្រាម១៦.៧. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Unstandard Estimates]

ជំហានទី3-5៖ ការលៃតម្រូវនូវទិន្នន័យមួយចំនួនឱ្យស្របតាមនីតិវិធីរបស់ AMOS៖

ដំបូង ចុចលើ [ ] [View Text] ដើម្បីរកមើលចម្លើយដែលយើងបានគណនារួច (អ្នកត្រូវរកឱ្យឃើញនូវផ្ទាំងចម្លើយថ្មីរបស់ AMOS)។ បន្ទាប់មក ត្រូវរកមើលឱ្យឃើញហើយចុចលើពាក្យ [Modification Indices]។ ត្រូវលៃលកក្នុងការកែសម្រួលទិន្នន័យដែលស្ថិតនៅត្រង់ជួរឈររបស់ [M.I = Modification Indices]។ យើងឃើញថា

តម្លៃ e_2←-->e_5 = 12.037 ដែលធំជាង 4 គឺយើងអាចយកសញ្ញាព្រួញដែលមានក្បាលពីរសងខាង (↔) មកគូសភ្ជាប់ទំនាក់ទំនងរវាង e_2 និង e_5 (ដ្យាក្រាមទី16-8) រួចហើយចុចលើប្រអប់ដែលគណនារកតម្លៃថ្មី។ វិធីនេះគឺជាការបង្កើនតម្លៃនៃភាពត្រឹមត្រូវ (Goodness-of-fit) តាមគោលការណ៍ឬលក្ខខណ្ឌ (Rule of Thumbs) ដែលបានកំណត់ក្នុងការសរសេរកូដដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង1ខាងលើ។ ក្រោយពីកែសម្រួលទិន្នន័យត្រង់ផ្នែកនេះរួចអ្នកត្រូវមើលចម្លើយថ្មីក្នុងជំហានទី3-6ខាងក្រោម។



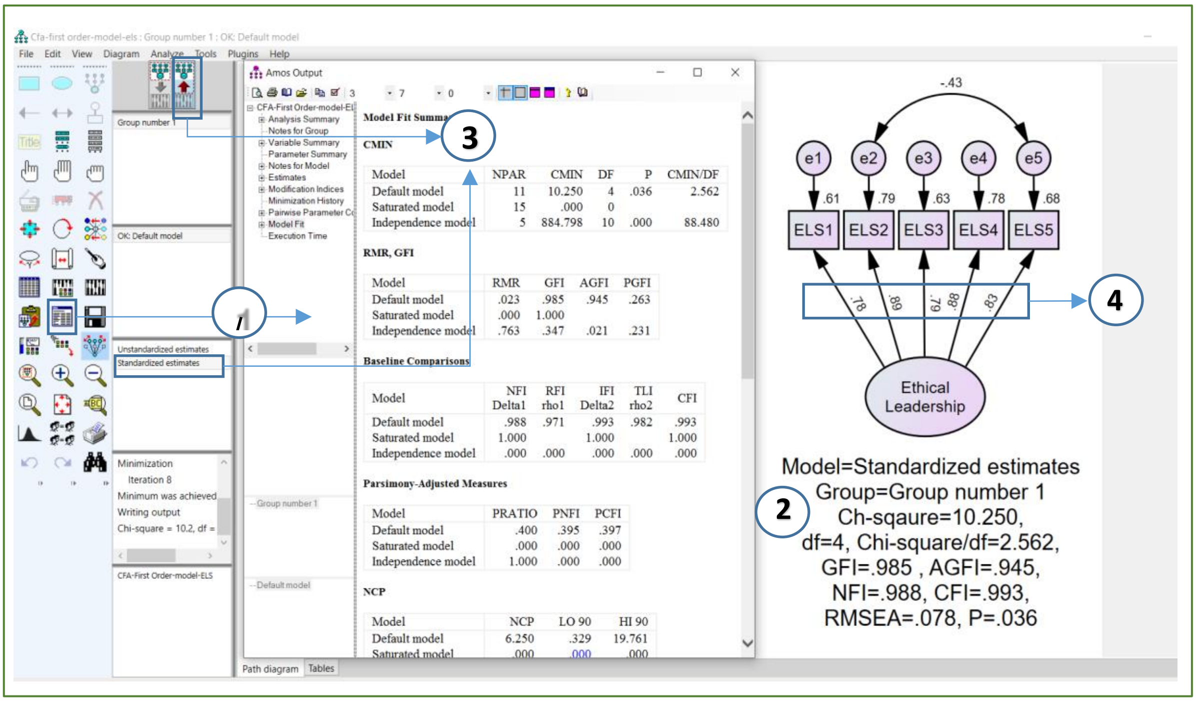
ដ្យាក្រាម១៦.៨. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Modification Index]

ជំហានទី3-6៖

ដំបូង អ្នកត្រូវមើលលទ្ធផលថ្មីក្នុងកម្មវិធីរបស់ AMOS ហើយបន្ទាប់មក មើលអក្សរកូដសាំងតាក់ដែលយើងបានសរសេរ ដើម្បីទាញយកនូវគោលការណ៍កំណត់សម្រាប់ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះក្នុងការវាយតម្លៃលទ្ធផលស្រាវជ្រាវរបស់យើង។ យើងឃើញថា តម្លៃរបស់ $\chi^2/_{D.F} = 2.562$ ដែលស្ថិតក្នុងតម្លៃដែលបានកំណត់គឺចន្លោះ 2.0-3.0 ហើយតម្លៃសន្ទស្សន៍នៃភាពល្អប្រសើរ (Goodness of Fit Index) ដែលហៅកាត់ថា GFI = 0.985, តម្លៃសន្ទស្សន៍នៃភាពល្អប្រសើរដែលបានកែសម្រួលហើយ (Adjusted Goodness of Fit Index) ដែលហៅកាត់ថា AGFI = 0.945, NFI = 0.988, និង CFI = 0.993 ដែលសុទ្ធតែធំជាង 0.90 ត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌដែលបានកំណត់ទាំងអស់ ហើយតម្លៃ RMSEA = 0.078 < 0.08 និងតម្លៃ p-value < 0.05។

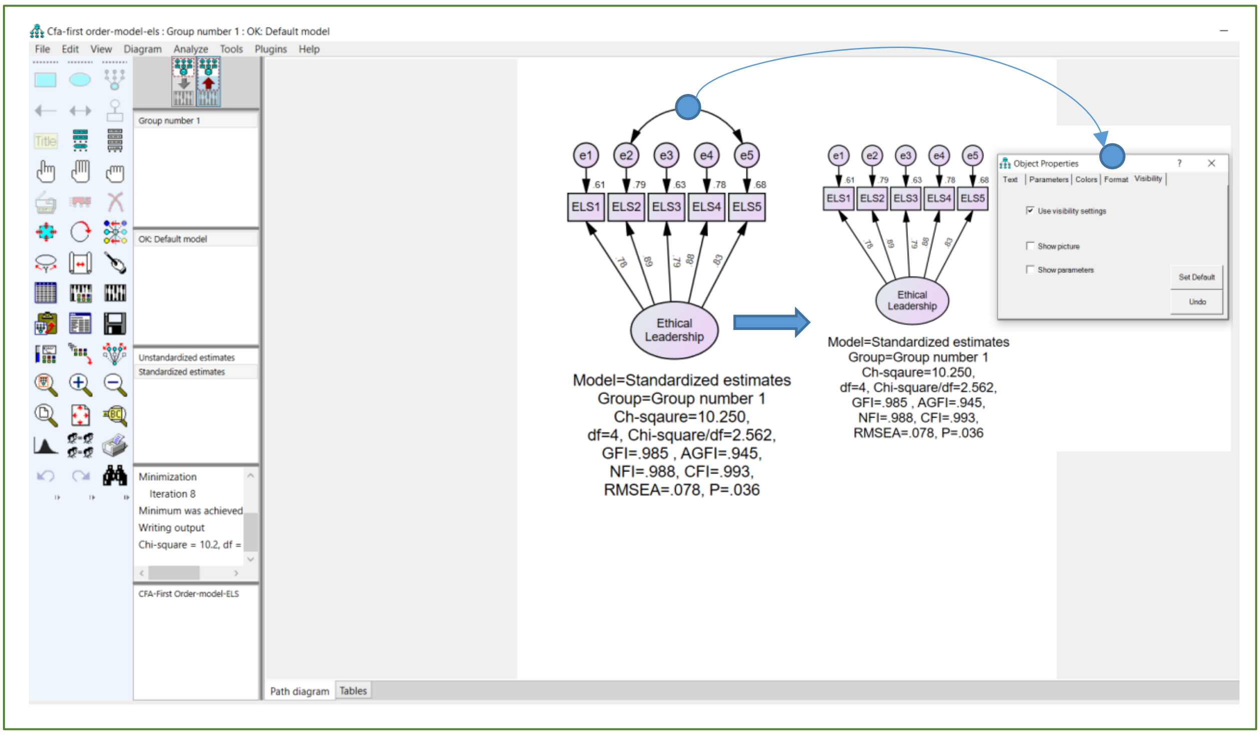
បន្ទាប់មក យើងត្រូវធ្វើរបាយការណ៍សម្រាប់លទ្ធផលនេះ ដោយយកលទ្ធផលជាតម្លៃប៉ាន់ស្មានដែលមានលក្ខណៈស្តង់ដារស្រេចទៅហើយ (Standardized estimates)។ តម្លៃនេះគឺជាពិន្ទុរីក្រេសសិន ដែលជាស្តង់ដាររវាងអថេរ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" ជាមួយនឹងកម្រងសំណួរនីមួយៗ ដែលត្រូវបានហៅថាជា "ពិន្ទុកត្តាស្តង់ដារ (Standardized Factor Loading)" តាងដោយអក្សរ λ ។ ពិន្ទុកត្តាស្តង់ដារ λ នេះត្រូវមានតម្លៃធំជាង 0.70 ឬ តម្លៃ λ^2 ត្រូវធំជាង 0.5។ ឧទាហរណ៍៖ ELS1 មាន $\lambda = 0.78 > 0.70$ *និង* $\lambda^2 = (0.78)^2 = 0.608 > 0.5$។ ដូច្នេះ តម្លៃ λ និង λ^2 គឺស្របតាមលក្ខណ្ឌទាំងអស់ ហើយក៏គ្មានកម្រង

សំណួរណាមួយដែលត្រូវបានលុបចោលដែរ។ ចំពោះឧទាហរណ៍អំពីករណីសំណួរទាំងឡាយណាដែលមានតម្លៃ $\lambda < 0.7$ និង $\lambda^2 < 0.5$ ដែលយើងត្រូវតែលុបវាចេញពីដ្យាក្រាម សូមមើលក្នុងជំហានបន្ទាប់។



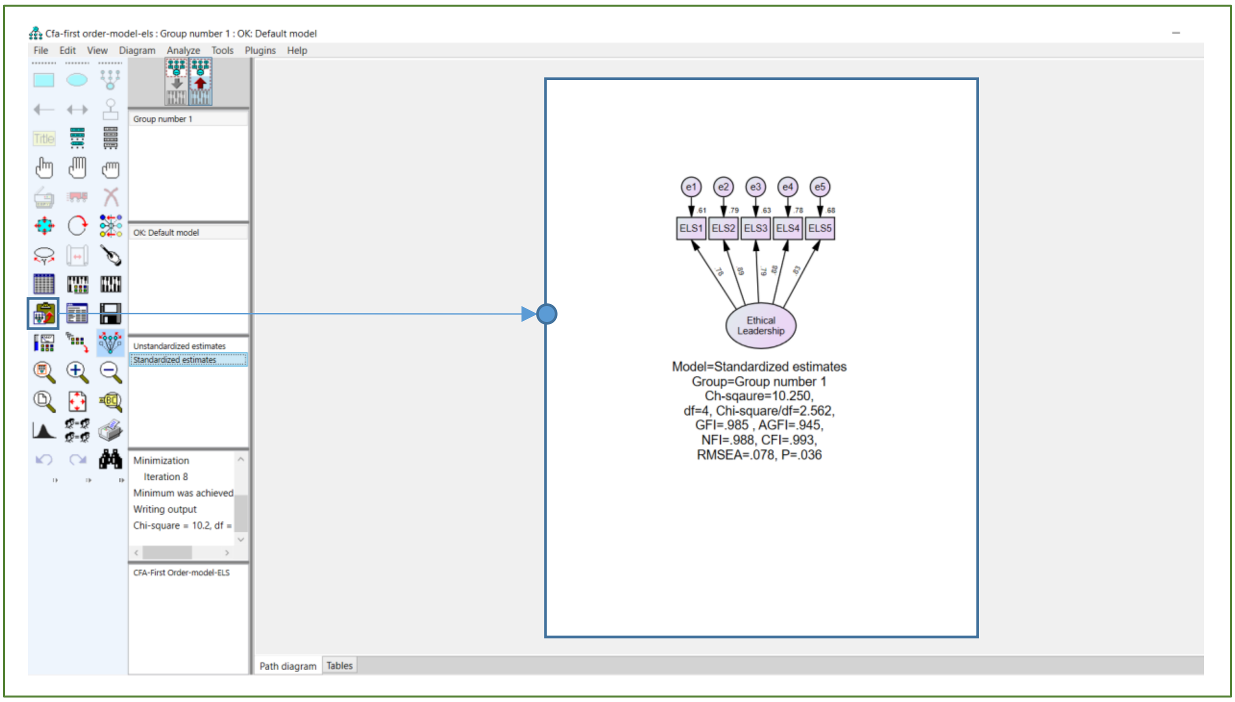
ដ្យាក្រាម១៦.៩. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Standardized estimates]

ជំហានទី3-7៖ ចំពោះការរៀបចំទិន្នន័យឱ្យបានស្អាតនិងមានរបៀប អ្នកត្រូវលាក់នូវសញ្ញាដែលបានភ្ជាប់ពីតម្លៃរបស់ e នីមួយៗចេញពីរូបភាព មុនពេលចម្លងវាយកទៅប្រើជាផ្លូវការ។ ដោយអ្នកយក Mouse ស្តាំចុចលើសញ្ញាព្រួញដែលមានក្បាលពីរសងខាងនោះ ហើយជ្រើសរើសយកពាក្យ [Visiblity] រួចហើយអ្នកនឹងឃើញនូវប្រអប់របស់ [Show picture] និង [Show parameters] (ដ្យាក្រាមទី16-10)។ បន្ទាប់មក សញ្ញាព្រួញនោះត្រូវបានលាក់បាត់ ហើយបើចង់ឱ្យឃើញវាមកវិញ យើងគ្រាន់តែធ្វើបញ្ច្រាសពីវិធីនេះវិញ (undo) ជាការស្រេច។

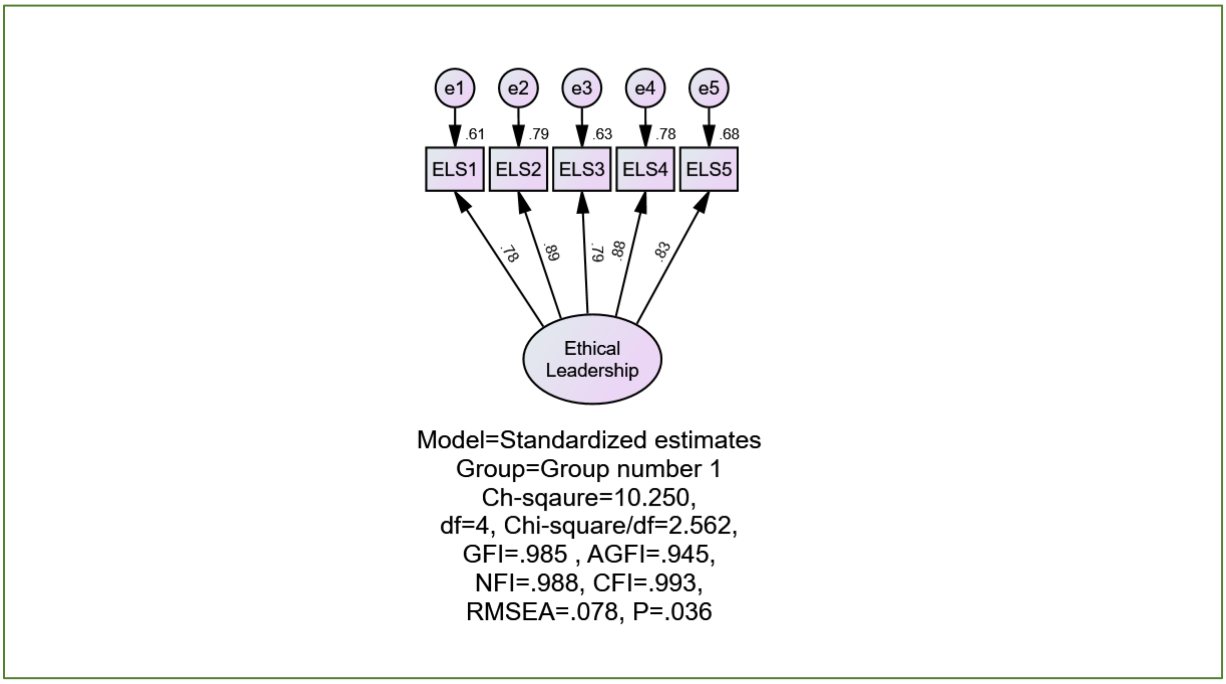


ដ្យាក្រាម១៦.១០. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Invisible Modification Index]

ជំហានទី3-8៖ ក្នុងជំហាននេះ យើងត្រូវចម្លងយករូបភាពនេះទៅប្រើជាបទបង្ហាញ ឬរបាយការណ៍ផ្សេងៗទៅតាមគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ និងតាមទម្រង់នៃរបាយការណ៍ដូចជា Word, PowerPont និង Excel ជាដើម ដោយយើងគ្រាន់តែចុចលើ [ ] [Copy the path diagram...] រួចហើយអ្នកអាចដាក់ (Past) វាចូលទៅក្នុងឯកសារជា Word តាមទីតាំងដែលយើងចង់បានគឺជាការស្រេច (ដ្យាក្រាមទី16-11 និងដ្យាក្រាមទី16-12)។ សរុបមក $\lambda > 0.70$ GFI, AGFI, CFI, NFI, RSMEA, និង p-value មានភាពត្រឹមត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌទាំងអស់។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា គំរូរបស់ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" គឺជាម៉ូដែលល្អបំផុត (Best fit model) សម្រាប់តំណាងឱ្យអថេរនេះ។



ដ្យាក្រាម១៦.១១ First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Copy Results]

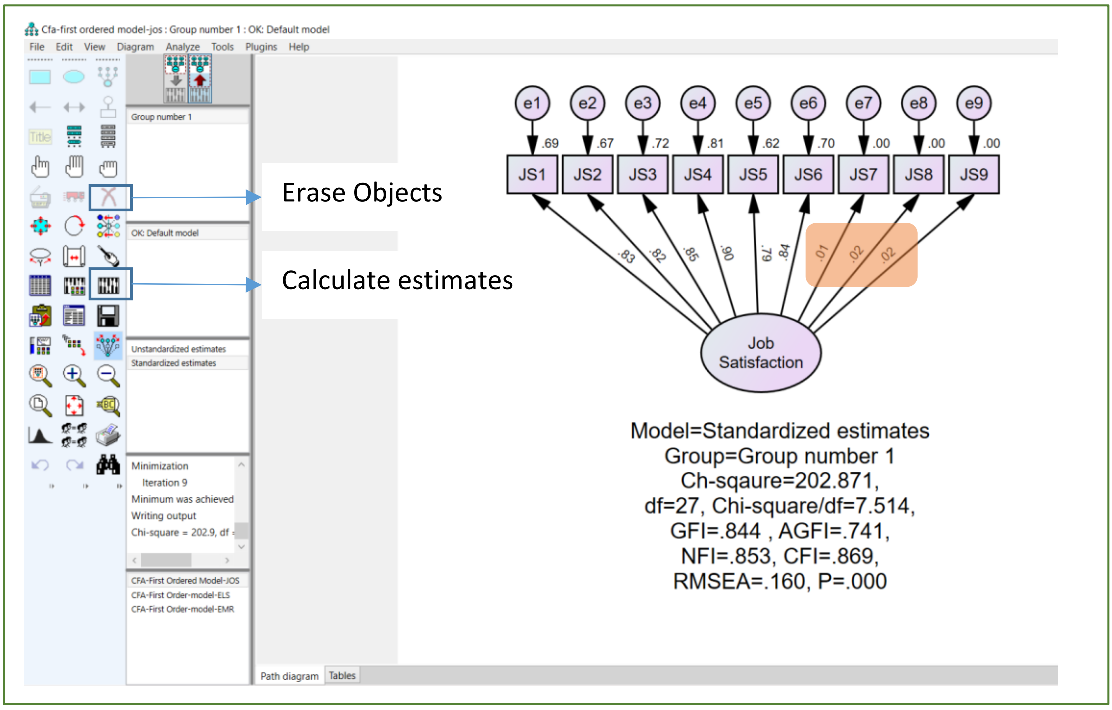


ដ្យាក្រាម១៦.១២. First-Ordered Factor Model: Ethical Leadership (ELS)-[Final Report]

ចំពោះដំណាក់កាលបន្តបន្ទាប់នេះគឺជាការអនុវត្តអថេ “ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)” និង “ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention)” ហើយចំពោះនីតិនៃការគណនារកចម្លើយគឺមានតាមជំហាននីមួយៗដូចគ្នាទាំងស្រុងទៅនឹងរបៀបខាងលើ។ ចំពោះការគណនារកចម្លើយរបស់ “ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)” មានសំណួរចំនួន 3 គឺ JS7, JS8, និង JS9 ដែលត្រូវបានលុបចេញពីរូបភាពនេះ (ដ្យាក្រាមទី16-11)។ ការលុបសំណួរដែលមានតម្លៃរបស់ $\lambda < 0.7$ គឺយើងគ្រាន់តែយកនូវសញ្ញារបស់ [ ] [Earase Objects]

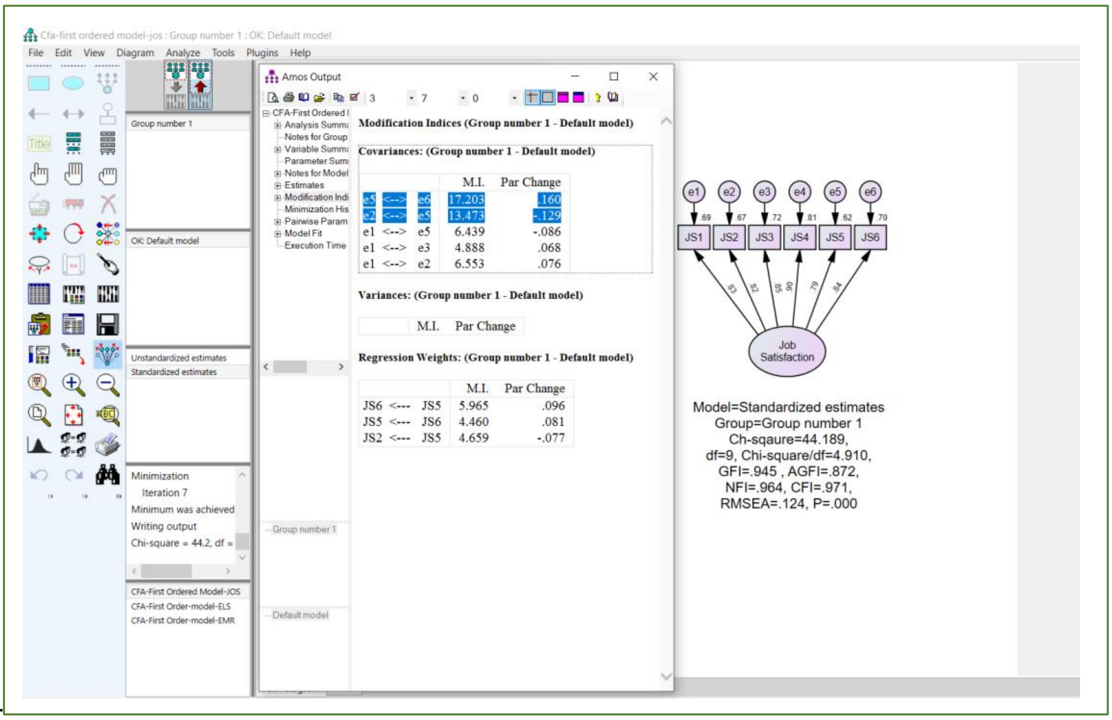
ទៅលុបសំណួរដែលយើងមានចង់លុបគឺជាការស្រេច។ បន្ទាប់មក យើងត្រូវចុចលើ [Calculate estimates] ដើម្បីគណនារកលទ្ធផល។

ចំណាំ៖ ប្រសិនបើអ្នកលុបសំណួរណាមួយដែលមានជាប់លេខ1ដែលតំណាងឱ្យ Regression weight គឺអ្នកត្រូវកំណត់ Regression weight ឱ្យស្មើ 1 នេះនៅលើសំណួរណាមួយសិនក៏បានដែរ ដើម្បីឱ្យកម្មវិធីអាចគណនារកចម្លើយឱ្យយើងបាន រួចហើយអ្នកកែតម្រូវនូវតម្លៃរបស់ Regression weigth នេះបានតាមក្រោយ។ សូមមើលរបៀបនៃការប្តូរ Regression weight ខាងលើបាន។



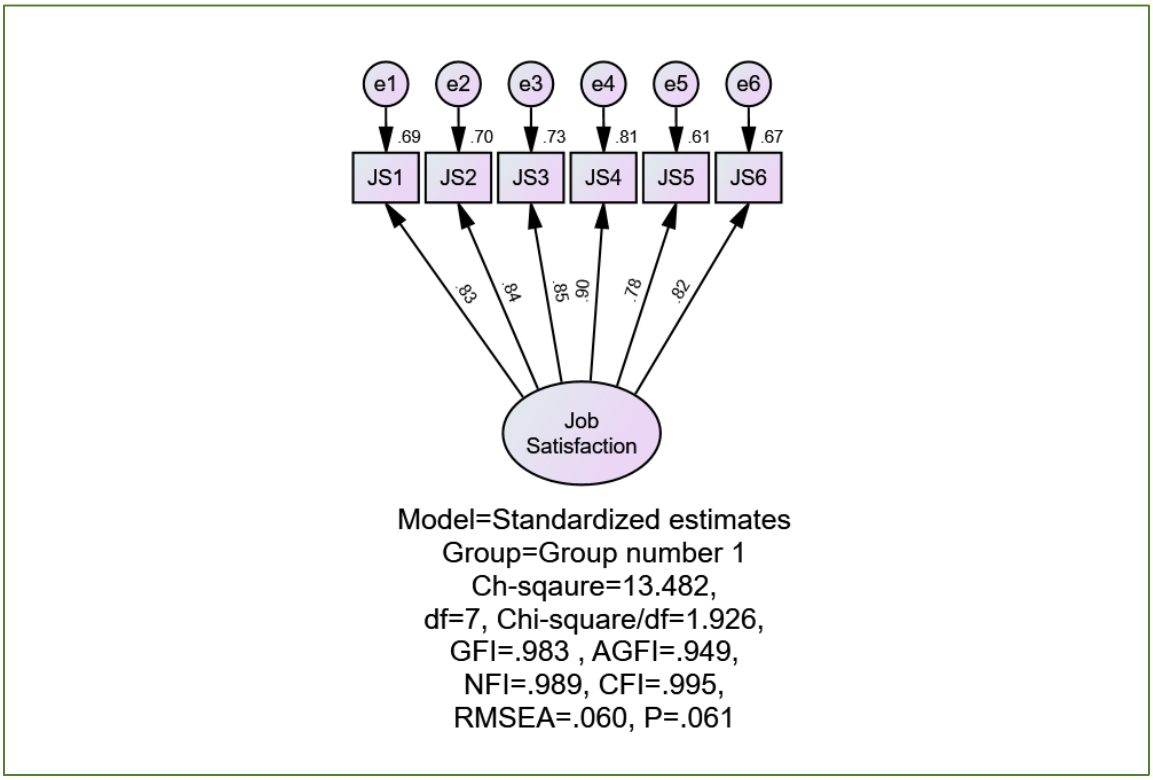
ដ្យាក្រាម១៦.១៣. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Deleted items]

ដ្យាក្រាមទី16-14 បង្ហាញនូវលទ្ធផលដែលយើងអាចភ្ជាប់ពីករណីនៃតម្លៃរបស់ “សញ្ញាណសម្គាល់ការកែប្រែ (Modification Indices)” (1): e_5 < -- > e_6 និង (2): e_2 < -- > e_5។ ការភ្ជាប់នេះគឺមកពីតម្លៃរបស់ AGFI = 0.872 < 0.90 និង RMSEA = 0.124 > 0.08 ដែលលក្ខខណ្ឌតម្រូវឱ្យតម្លៃទាំងនេះតូចជាង 0.08។ ក្រោយពីភ្ជាប់តម្លៃទាំងនេះរួចហើយ អ្នកត្រូវដកខ្សែភ្ជាប់រវាង e ទាំងនោះចេញ ហើយចម្លង (ចោផយ) រូបភាពនេះសម្រាប់ជារបាយការណ៍ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១៣ ផងដែរ។



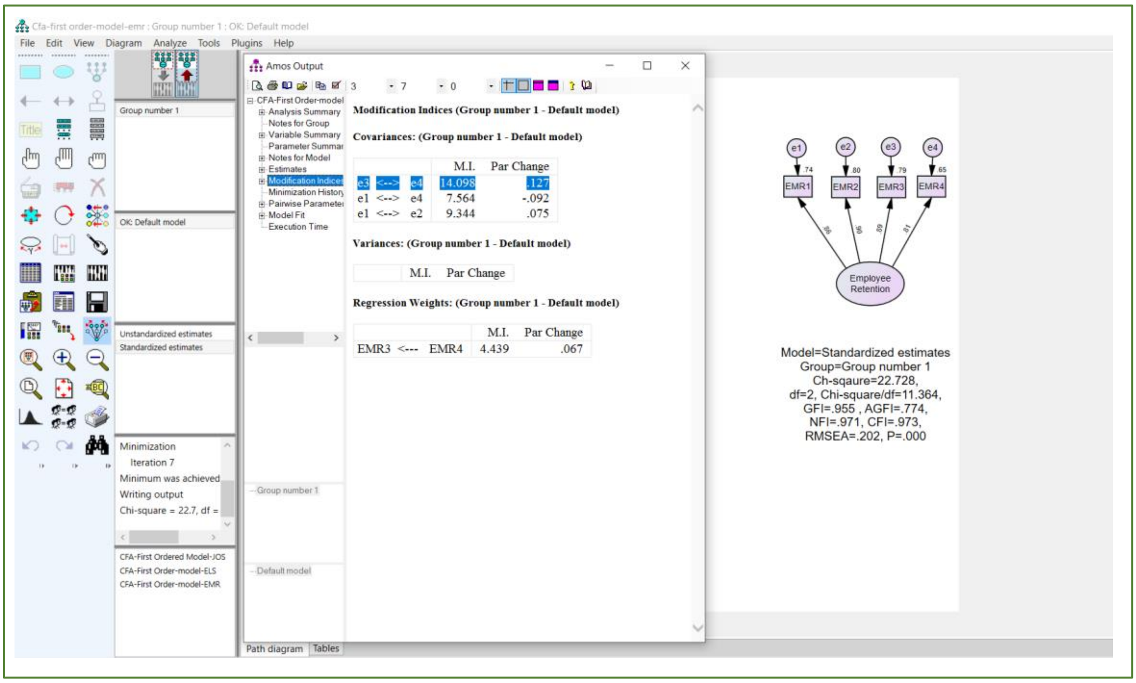
ដ្យាក្រាម១៦.១៤. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Modification Index]

ដ្យាក្រាម១៦-១៥ នេះបង្ហាញថា មានតម្លៃ p-value = 0.06 > 0.05 ដែលតាមលក្ខខណ្ឌ p-value ត្រូវតូចជាង 0.05។ តាមពិត នេះគឺជាយសារយើងគ្មានតម្លៃ "សញ្ញាណសម្គាល់ការកែប្រែ (Modification Indices)" នៅសល់សម្រាប់ឱ្យយើងធ្វើការភ្ជាប់ទៀតបានទេ ហើយក្រៅពីនេះ រាល់ព័ត៌មានទាំងអស់ដូចជា $\lambda > 0.70$, GFI, AGFI, CFI, NFI និង RMSEA គឺត្រឹមត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌអស់ហើយ។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា គំរូរបស់ "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" នេះគឺជាម៉ូដែលត្រឹមត្រូវសមរម្យល្មម (Adequately fit model) ដែលអាចទទួលយកបានសម្រាប់អថេរនេះ។



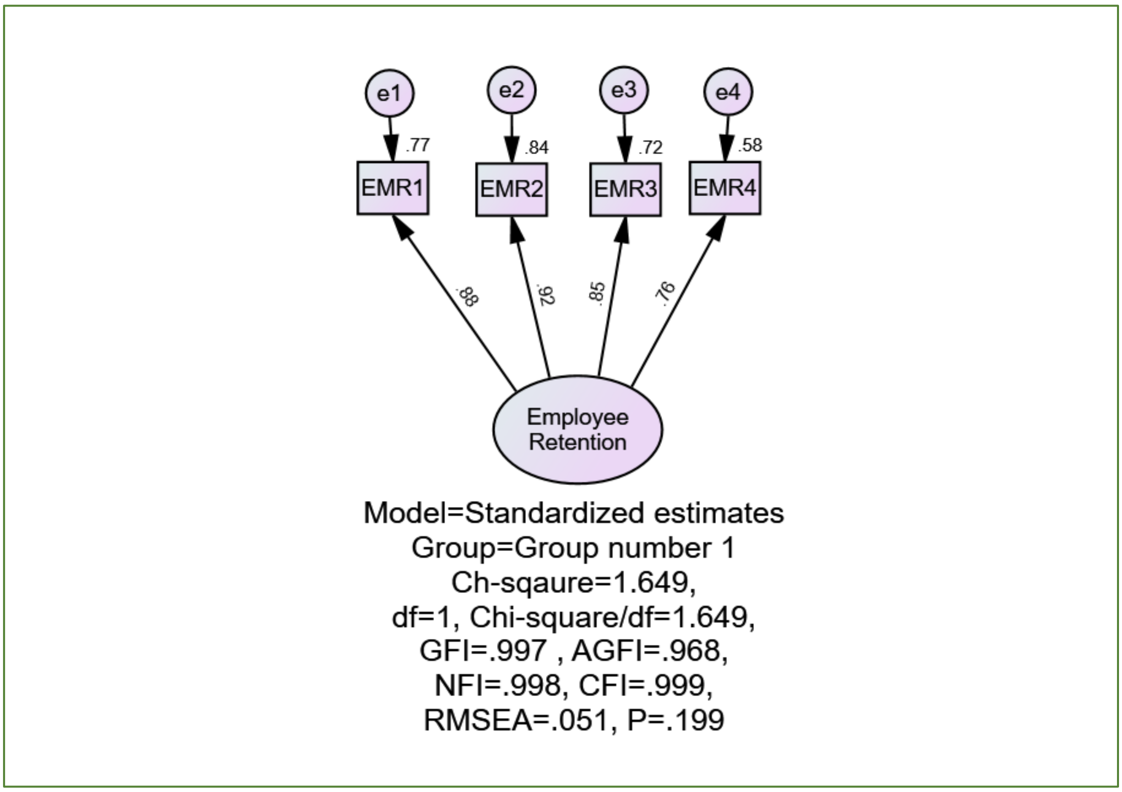
ដ្យាក្រាម១៦.១៥. First-Ordered Factor Model: Job Satisfaction (JS)-[Final Report]

ដ្យាក្រាម១៦-១៦ បង្ហាញការគណនា CFA នៃ "ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention)" ហើយ តម្លៃ AGFI = 0.774 < 0.90 និង RSMEA = 0.202 > 0.08។ ដូច្នេះ យើងត្រូវធ្វើការភ្ជាប់ពី e_3 < -- > e_4 ដែលមានតម្លៃ M.I = 14.098 (ដ្យាក្រាម១៦-១៥) ដើម្បីឱ្យតម្លៃ AGFI និង RSMEA បានកាន់តែខ្ពស់ជាងនេះ។



ដ្យាក្រាម១៦.១៦. First-Ordered Factor Model: Employee Retention (EMR)-[Modification Index]

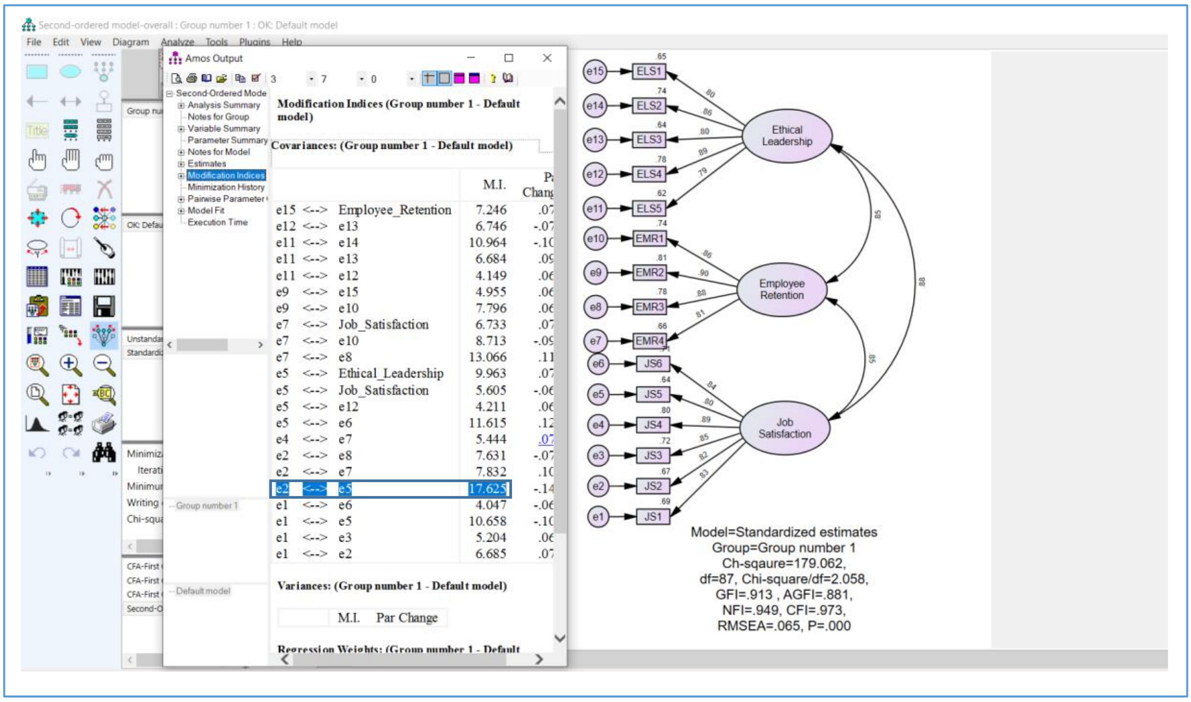
បន្ទាប់ពីការភ្ជាប់តម្លៃរបស់ e_3 < -- > e_4 ខាងលើនេះរួចមក យើងបានតម្លៃថ្មីមួយដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម ១៦-១៧ ហើយតម្លៃ p-value = 0.199 > 0.05 និងតម្លៃ GFI, AGFI, CFI, NFI, និង RSMEA ត្រឹមត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌទាំងអស់។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា គំរូរបស់ "ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention)" នេះគឺជាម៉ូដែលត្រឹមត្រូវសមរម្យល្អ (Adequately fit model) ដែលអាចទទួលយកបានសម្រាប់អថេរនេះ។



ដ្យាក្រាម១៦.១៧. First-Ordered Factor Model: Employee Retention (EMR)-[Final Report]

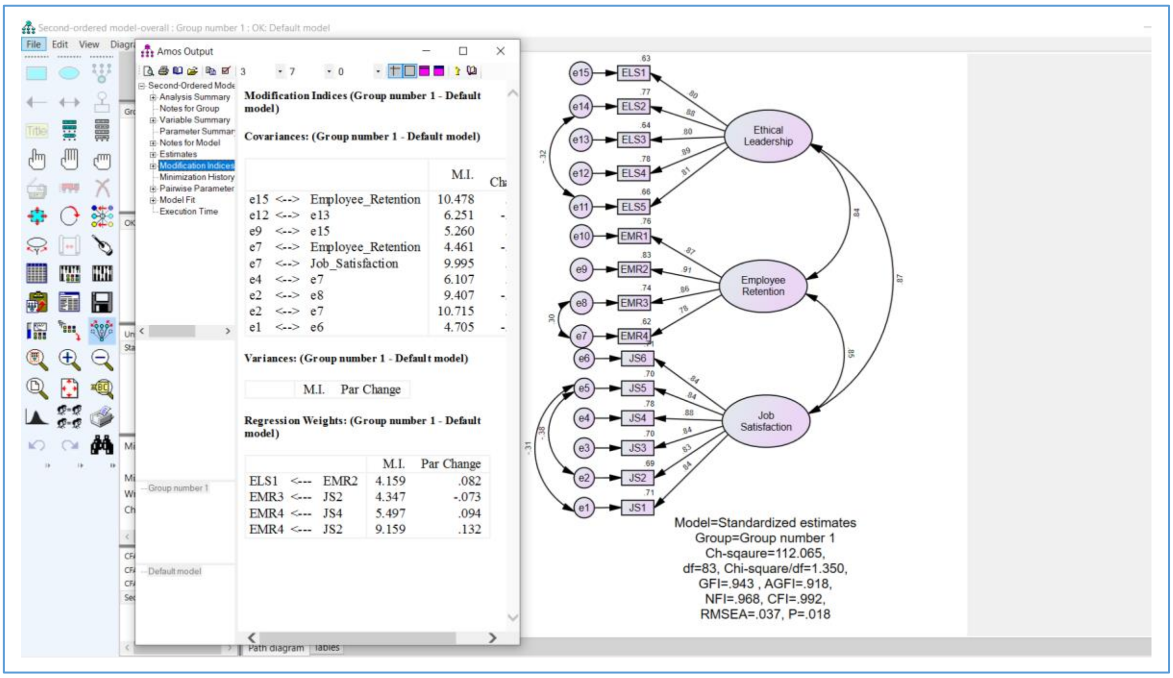
២.២. ការវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA)៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី២ (Second-Ordered Factor Model)

ការវិភាគកត្តាកំណត់សម្រាប់ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី2គឺជាការបញ្ចូលគ្នានូវអថេរទាំងបីគឺ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" ដែលមានសំណួរនៅសល់ពីការធ្វើ CFA ដំបូង ចំនួន 5 សំណួរ (ELS1-ELS5), កម្រងសំណួរអំពី "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" នៅមាន 6 សំណួរ (JS1-JS6) ដែលសល់ពីការលុបចោលនៅក្នុងដំណាក់ CFA ដំបូង, និង សំណួរអំពី "ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention)" នៅសល់ 4 សំណួរផងដែរ។ ដូច្នេះ សំណួរទាំងឡាយដែលនៅសល់ពីដំណាក់កាលវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA) ដំបូងនេះគឺត្រូវបានយកមកធ្វើការវិភាគកត្តាកំណត់ (CFA) ដំណាក់កាលទី2 រួមគ្នា ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១៦។ ក្នុងនេះ ដោយសារតម្លៃ AGFI = 0.881 < 0.90 នៅឡើយ យើងត្រូវភ្ជាប់ e_2 < -- > e_5 (ដែលមាន M.I = 17.625) ដំបូងមួយសិន។ រួចអ្នកអាចបន្តភ្ជាប់តម្លៃ e ណាមួយទៀត ដែលមានតម្លៃធំជាងគេបន្ទាប់ក៏បាន ឱ្យតែវាមានតម្លៃ M.I > 4 គឺអាចភ្ជាប់បាន។



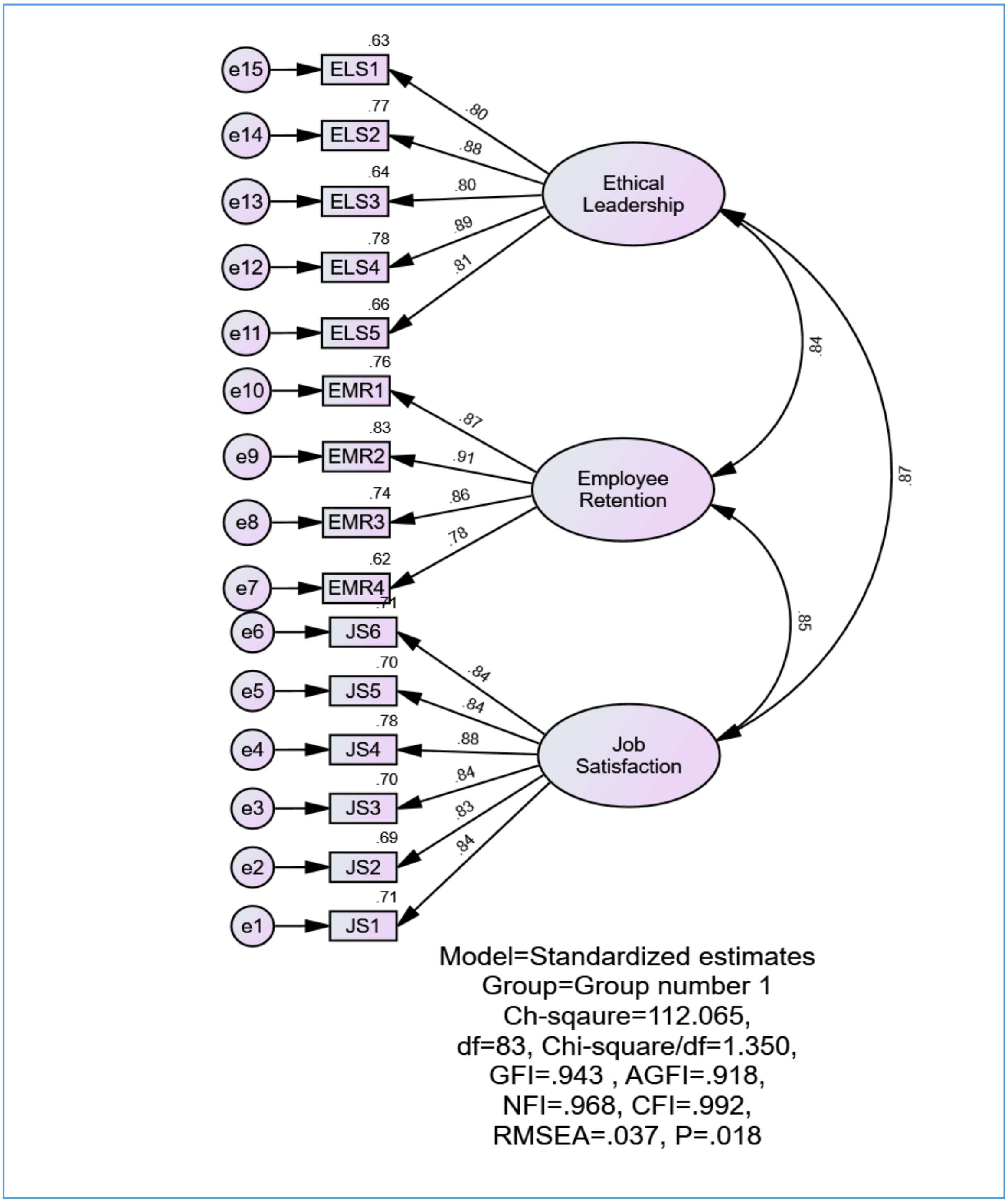
ដ្យាក្រាម១៦.១៨. Second-Ordered Factor Model: Overall Model

ក្រោយពីការភ្ជាប់តម្លៃរបស់ e_2 < -- > e_5 រួចហើយ យើងអាចបន្តភ្ជាប់តម្លៃរបស់ e ពីរផ្សេងទៀតដូចបាន បង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១៩ ហើយយើងឃើញថា តម្លៃ $\lambda > 0.70$ និង $\lambda^2 > 0.50$ របស់សំណួរនីមួយ ហើយតម្លៃ របស់ម៉ូដែលស្ថិតិ (Model Fit Statistics) GFI, AGFI, CFI, NFI, RSMEA និង $\chi^2/_{D.F}$ គឺមានភាពត្រឹមត្រូវតាម លក្ខខណ្ឌដែលបានកំណត់ទាំងអស់។ ដូច្នេះ ដំណាក់កាលនេះ យើងអាចយកចម្លើយនេះបានសម្រាប់ជារបាយការណ៍ចុងក្រោយ។



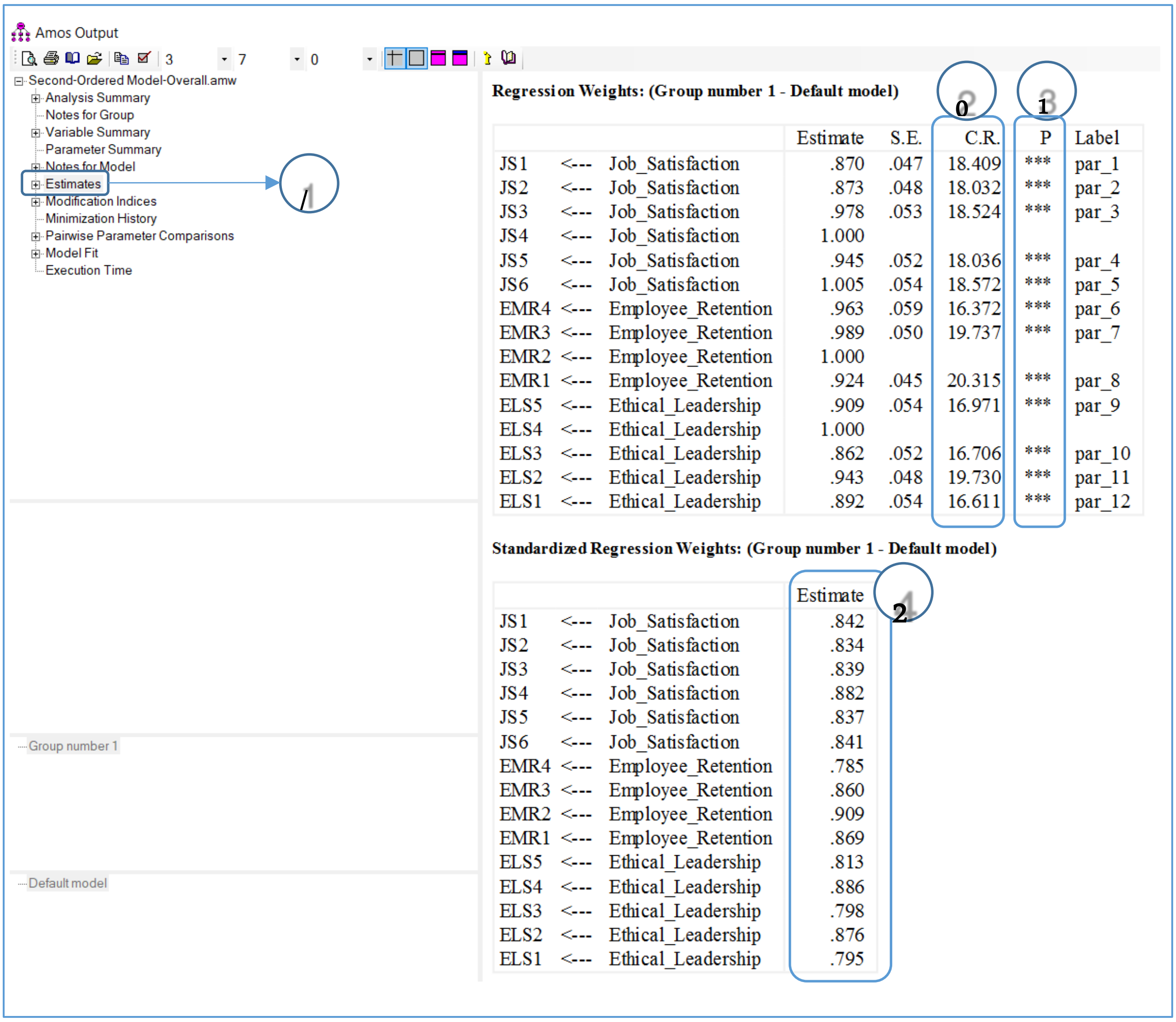
ដ្យាក្រាម១៦.១៩. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Modification Index]

ដ្យាក្រាមទី16-20 គឺជាលទ្ធផលសម្រេចចុងក្រោយ ហើយរាល់ព័ត៌មាននៅក្នុងដ្យាក្រាមនេះនឹងត្រូវបានយកទៅធ្វើការគណនាសម្រាប់ដំណាក់កាលនៃការវិភាគតាមកម្មវិធី SEM។ អ្នកត្រូវមានការប្រុងប្រយ័ត្នខ្ពស់ចំពោះដំណាក់កាលនៃការវិភាគទិន្នន័យក្នុងជំហាន "ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទីពីរ" (Second-Ordered Factor Model) នេះ ពីព្រោះវាមានសារសំខាន់ក្នុងការជួយឱ្យទទួលបានលទ្ធផលល្អក្នុងការវិភាគទិន្នន័យតាមកម្មវិធី SEM នៅដំណាក់កាលធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។ ហើយគំរូរបាយការណ៍ក្នុងដ្យាក្រាមនេះគឺសម្រាប់ធ្វើជារបាយការណ៍ផ្លូវការ ហើយអ្នកក៏ត្រូវរៀបចំតារាងសង្ខេបលទ្ធផលរួមមួយទៀតដើម្បីឱ្យងាយយល់ផងដែរ ដូចក្នុងតារាង១៦-១ខាងក្រោម។



ដ្យាក្រាម១៦.២០. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Final Report]

ដ្យាក្រាម១៦-២១ និង ១៦-២២ នេះបង្ហាញពីរបៀបរកមើលលទ្ធផលនៃតម្លៃប៉ាន់ស្មាន (Estimates) និង ភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែល (Model Fit)។ ដ្យាក្រាម១៦-១៩ បង្ហាញថា នៅពេលចុចលើពាក្យ [Estimates] ខាងឆ្វេងដៃនោះ អ្នកបាននឹងឃើញផ្ទាំងដែលមានព័ត៌មាននៅក្នុងតារាងរបស់ [Regression Weights] ដែលមានផលធៀបសំខាន់ (Critical Ratio) CR ស្មើនឹងតម្លៃ t-value ដែលត្រូវធំជាង 1.96 រួមទាំងតម្លៃ p-value ត្រូវធំជាង 0.05 ។ ហើយក្នុងជួរឈររបស់ p-value គឺស្មើ * * * នេះបានន័យថា តម្លៃរបស់ p-value < 0.001។ ហើយចំណែក [Standardized Regression Weights] គឺជាតម្លៃរបស់ជួរឈរ [Estimate] ដែលត្រូវតែតូចជាងមួយទាំងអស់។ លទ្ធផលនេះគឺបង្ហាញពីតម្លៃរបស់ Stadardized Factor Loading (λ) ដូចគ្នានឹងលទ្ធផលដែលបានរកឃើញក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១៩ខាងលើ។ ហើយយើងត្រូវដកស្រង់នូវតម្លៃរបស់លទ្ធផលទាំងអស់នេះទៅដាក់បញ្ចូលក្នុងតារាង១៦-១១។



Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
JS1	<---	Job_Satisfaction	.870	.047	18.409	***	par_1
JS2	<---	Job_Satisfaction	.873	.048	18.032	***	par_2
JS3	<---	Job_Satisfaction	.978	.053	18.524	***	par_3
JS4	<---	Job_Satisfaction	1.000				
JS5	<---	Job_Satisfaction	.945	.052	18.036	***	par_4
JS6	<---	Job_Satisfaction	1.005	.054	18.572	***	par_5
EMR4	<---	Employee_Retention	.963	.059	16.372	***	par_6
EMR3	<---	Employee_Retention	.989	.050	19.737	***	par_7
EMR2	<---	Employee_Retention	1.000				
EMR1	<---	Employee_Retention	.924	.045	20.315	***	par_8
ELS5	<---	Ethical_Leadership	.909	.054	16.971	***	par_9
ELS4	<---	Ethical_Leadership	1.000				
ELS3	<---	Ethical_Leadership	.862	.052	16.706	***	par_10
ELS2	<---	Ethical_Leadership	.943	.048	19.730	***	par_11
ELS1	<---	Ethical_Leadership	.892	.054	16.611	***	par_12

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

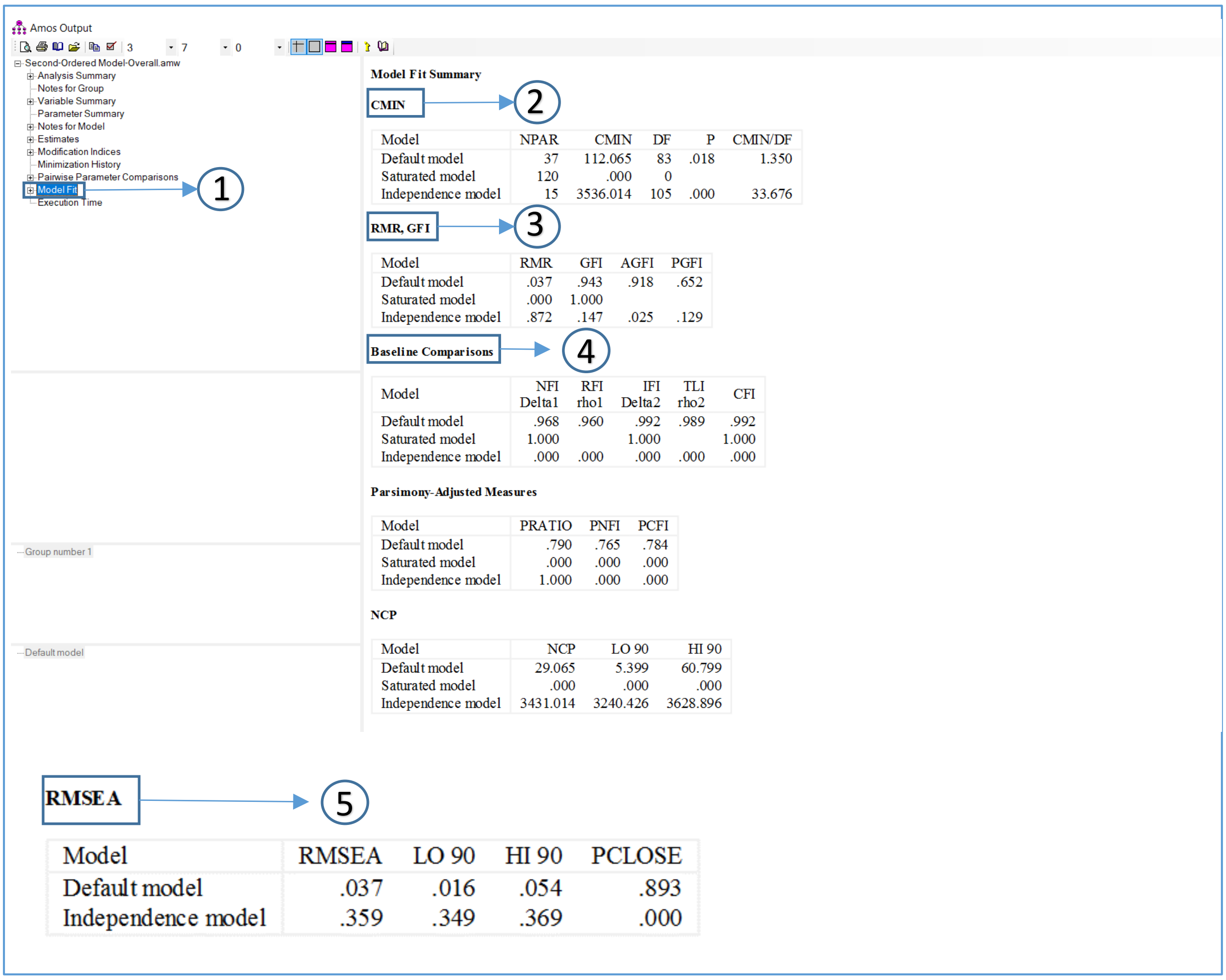
			Estimate
JS1	<---	Job_Satisfaction	.842
JS2	<---	Job_Satisfaction	.834
JS3	<---	Job_Satisfaction	.839
JS4	<---	Job_Satisfaction	.882
JS5	<---	Job_Satisfaction	.837
JS6	<---	Job_Satisfaction	.841
EMR4	<---	Employee_Retention	.785
EMR3	<---	Employee_Retention	.860
EMR2	<---	Employee_Retention	.909
EMR1	<---	Employee_Retention	.869
ELS5	<---	Ethical_Leadership	.813
ELS4	<---	Ethical_Leadership	.886
ELS3	<---	Ethical_Leadership	.798
ELS2	<---	Ethical_Leadership	.876
ELS1	<---	Ethical_Leadership	.795

ដ្យាក្រាម១៦.២១. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Estimates Outputs]

ដ្យាក្រាម១៦-២២ នេះបង្ហាញពីការកត់ត្រាចម្លើយរបស់ម៉ូដែលស្ថិតិដូចខាងក្រោម៖

ដំបូង នៅពេលដែលយើងចុចលើ [Model Fit] យើងនឹងឃើញ CMINនេះដែលជាតម្លៃឆាយស្វ៊ែរ (Chi-square) χ = 112.065, DF (Degree of Freedom) = 83, និង CMIN/DF = 1.350។ បន្ទាប់មក យើងឃើញ

តម្លៃ RMR = 0.037, GFI = 0.943, និង AGFI = 0.918 ហើយក៏ឃើញផងដែរនូវតម្លៃប្រៀបធៀបជាមូលដ្ឋាន (Basedline comparisons) ដែលមាន CFI = 0.968 និង NFI = 0.992 និង RMSEA = 0.037។ តម្លៃទាំងនេះ ដូចគ្នាទាំងស្រុងនៅក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១៨ ហើយតម្លៃរបស់វានឹងត្រូវបានយកទៅបញ្ចូលក្នុងតារាង១៦-១ ផងដែរ។



Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	37	112.065	83	.018	1.350
Saturated model	120	.000	0		
Independence model	15	3536.014	105	.000	33.676

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	.037	.943	.918	.652
Saturated model	.000	1.000		
Independence model	.872	.147	.025	.129

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	.968	.960	.992	.989	.992
Saturated model	1.000		1.000		1.000
Independence model	.000	.000	.000	.000	.000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	.790	.765	.784
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	1.000	.000	.000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	29.065	5.399	60.799
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	3431.014	3240.426	3628.896

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	.037	.016	.054	.893
Independence model	.359	.349	.369	.000

ដ្យាក្រាម១៦.២២. Second-Ordered Factor Model: Overall Model-[Model Fit Outputs]

តារាង១៦.១. លទ្ធផលសរុបនៃ CFA (The results of overall CFA)

Code (កូដ)		Constructs (អថេរ)	Std.FL (λ)	t-value	p-value	EV ($1-\lambda^2$)	CR	AVE
ELS5	←	Ethical Leadership	0.842	16.971	***	0.339	**0.920**	**0.696**
ELS4	←		0.834	A	***	0.215		
ELS3	←		0.839	16.706	***	0.363		
ELS2	←		0.882	19.73	***	0.233		
ELS1	←		0.837	16.611	***	0.368		
JS1	←	Job Satisfaction	0.841	16.971	***	0.291	**0.938**	**0.716**
JS2	←		0.785	18.409	***	0.304		
JS3	←		0.86	18.032	***	0.296		

JS4	←		0.909	18.524	***	0.222		
JS5	←		0.869	A	***	0.299		
JS6	←		0.813	18.036	***	0.293		
EMR4	←	Employee Retention	0.886	16.372	***	0.384	**0.917**	**0.734**
EMR3	←		0.798	19.737	***	0.260		
EMR2	←		0.876	A	***	0.174		
EMR1	←		0.795	20.315	***	0.245		

Model Fit Statistics (ស្ថិតិម៉ូដែល)

χ^2 (CMIN) = 112.065

D.F = 83

$\chi^2/_{D.F} = 1.35$

GFI = 0.943

AGFI = 0.918

CFI = 0.992

NFI = 0.968

RMSEA = 0.037

RMR = 0.037

p-value = 0.018

ចំណាំ៖

- Std.FL= Standardized Factor Loading (ពិន្ទុកត្តាស្តង់ដារ)
- EV = Error Variance (បម្រែបម្រួលកំហុស)
- A គឺជាទម្ងន់ប៉ារ៉ាម៉ែត្ររីក្រេសសិន (parameter regression weight) ដែលត្រូវបានកំណត់ស្មើនឹង 1 ដែលមានកម្រិតសំខាន់ p-value < 0.05 និងតម្លៃរបស់ t-value > 1.96 ។
- $^{***}p < 0.001$
- Chi-square = χ^2
- CMIN = Chi-sqare mean (មធ្យមធាយស្វ៊ែរ)
- D.F = Degree of Freedom (កម្រិតនៃភាពសេរី)
- GFI = Goodness of Fit (ភាពត្រូវល្អ)
- AGFI = Adjusted Goodness of Fit (ភាពត្រូវល្អដែលបានកែសម្រួល)
- NFI = Normed Fit Index (សន្ទស្សន៍នៃភាពត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌ)
- CFI = Comparative Fit Index (សន្ទស្សន៍នៃភាពត្រូវធៀប)
- RMSEA = Root Mean Square Error of Approximation (តម្លៃប៉ាន់ស្មានកំហុសមធ្យមនៃឫសការ៉េ)
- RMR = Root Mean Square Residual (សំណល់មធ្យមនៃឫសការ៉េ)

តារាង១៦-១ ខាងលើនេះអាចយកជារបាយណ៍ផ្លូវការសម្រាប់បោះពុម្ពក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិ។ ហើយ តម្លៃ CR និង AVE គឺចាំបាច់ត្រូវតែធ្វើការគណនារកតម្លៃរបស់វាដែលមានលក្ខខណ្ឌកំណត់ដូចជា កម្រិតជឿជាក់នៃសមាសធាតុ (Composite Reliability) CR > 0.70, និងតម្លៃមធ្យមរបស់វ៉ារ្យ៉ង់ (Average Variance Extracted) AVE > 0.50 ជាដើម (Fornell and Larcker (1981) និង (Kline (2016)។ J. F. Hair-Jr et al. (2019) បានផ្តល់អនុសាសន៍ថា តម្លៃ t-value ត្រូវធំជាង 1.96 និងតម្លៃ p-value ត្រូវតូចជាង 0.05។

ទន្ទឹមនឹងនេះ ដើម្បីជៀសវាងការយល់ច្រឡំ យើងត្រូវយល់ថា សមីការ AVE និង CR ក៏ដូចជាទំនាក់ទំនងរបស់វាទាំងពីរជាមួយនឹងការកំណត់សុពលភាព (validity) និងភាពអាចជឿជាក់ (relaiblity)។ មេរៀននេះបង្ហាញដោយប្រើម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី2 (Second-ordered factor model) សម្រាប់គណនារកតម្លៃរបស់ AVE និង CR ដូចរូបមន្តខាងក្រោម៖

$$AVE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i^2}{n} \quad (1)$$

$$CR = \frac{(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i)^2 + (\sum_{i=1}^{n} \delta_i)} \quad (2)$$

ដែល៖

- λ (Lamda) តំណាងឱ្យពិន្ទុកត្តាស្តង់ដារ
- i គឺជាសំណួរនីមួយៗក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់អថេរនីមួយៗ
- δ (Delta) តំណាងឱ្យបម្រែបម្រួលកំហុសនៅពេលដែល $\delta = 1\text{-}\lambda_i^2$.
- n គឺជាចំនួនសំណួរក្នុងកម្រងសំណួរសម្រាប់អថេរនីមួយៗ

ឧទាហរណ៍៖ ដើម្បីគណនាតម្លៃ AVE របស់អថេរ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" យើងត្រូវគណនាផលបូកការ៉េនៃ Standardized Factor Loading (λ) នីមួយៗនៃអថេរ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)"។

- $\mathrm{AVE} = \frac{\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \lambda_{\mathrm{i}}^2}{\mathrm{n}}$
- $\mathrm{AVE} = \frac{(0.842)^2+(0.834)^2+(0.839)^2+(0.882)^2+(0.837)^2}{5} = 0.696$

រីឯការគណនា "Compiste Reliability: CR" នៃអថេរ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" គឺយើងត្រូវកំណត់ដូចខាងក្រោម៖

ត្រូវគណនាការ៉េនៃផលបូក λ នីមួយៗ ដែលជាពិន្ទុកត្តាស្តង់ដារ (Standardized Factor Loading) ដោយសរសេរសង្ខេបបែបនេះ $(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i)^2$។

ដូច្នេះ តម្លៃរបស់ $(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i)^2 = (0.842 + 0.834 + 0.839 + 0.882 + 0.837)^2 = \mathbf{17.372}$

គណនាតម្លៃរបស់៖ $(\sum_{i=1}^{n} \delta_i)$ ដែល $\delta_i = 1 - \lambda_i^2$

ដូច្នេះ តម្លៃរបស់ $(\sum_{i=1}^{n}\delta_i) = (0.339) + (0.215) + (0.363) + (0.233) + (0.368) = \mathbf{1.518}$

សរុបមកគឺ៖ CR = $\frac{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2 + (\sum_{i=1}^{n}\delta_i)} = \frac{17.372}{(17.372+1.518)} = 0.920$

មេរៀននេះផ្តល់នូវវិធីសាស្ត្រក្នុងការគណនារកតម្លៃមធ្យមរបស់វ៉ារ្យ៉ង់ AVE និង "Composite Reliablity: CR" សម្រាប់តែអថេរ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌ (Ethical Leadership)" មួយប៉ុណ្ណោះ។ ចំណែកអថេរដែលនៅសល់ឯទៀត អ្នកអាចសាកល្បងរកចម្លើយឱ្យឃើញដោយខ្លួនឯង ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង ១៦-១ ខាងលើ។

ផ្អែកលើលទ្ធផលនៃការវិភាគកត្តាកំណត់ CFA (ឧទាហរណ៍៖ ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទី 2: Second-order factor model) ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី16-18 និងតារាងទី16-1 បានបង្ហាញថា រាល់ពិន្ទុរបស់ λ > 0.70, t – value > 1.96, AVE > 0.50, និង CR > 0.70 និង គ្រប់ម៉ូដែលស្ថិតិ (GFI, AGFI, CFI, NFI, RMR, RMSEA, និង p-value) ទាំងអស់ ដែលសុទ្ធតែត្រូវតាមលក្ខខណ្ឌដែលបានកំណត់ ឬតាមច្បាប់នៃការវាយតម្លៃដែលបានកំណត់នៅម៉ូដែលនេះគឺមានភាពត្រឹមត្រូវល្អបំផុត (best model fit)។

២.៣. ការវិភាគកត្តាកំណត់ CFA ៖ គំរូតាមលំដាប់ឋានានុក្រម (Hierarchical-Ordered Model)

វិធីសាស្ត្របង្កើតម៉ូដែលតាមឋានានុក្រមគឺជា "ដំណើរការជាប្រព័ន្ធសម្រាប់វាយតម្លៃម៉ូដែលផ្សេងៗដែលមានសក្តានុពលក្នុងការពិពណ៌នាពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរដែលសង្កេតឃើញ (observed variables) និងមិនទាន់ឃើញច្បាស់ (latent variables)" (Koufteros et al., 2009, p. 639)។ វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានអនុវត្តសម្រាប់តែអថេរណាដែលមានផ្ទុកអថេរមួយចំនួនជាផ្នែកតូចៗទៀត (sub-dimension) ឧទាហរណ៍ដូចជា "ភាពវៃឆ្លាតផ្នែកវប្បធម៌ (Cultural Intelligence)" CQ គឺមានបែកជាបួនផ្នែកតូចៗទៀត ហើយសរុបទាំងអស់មាន 20 សំណួរ។ ចំពោះរបៀបនៃការរៀបចំម៉ូដែលតាមលំដាប់ឋានានុក្រម (Hierarchical-ordered model) នេះ សូមមើលព័ត៌មានលម្អិតរបស់ L. Y. Lee, Veasna, and Wu (2013, pp. 405-406)។

Cultural Intelligence (CQ) (ភាពវៃឆ្លាតផ្នែកវប្បធម៌)	គំរូសំណួរ (រក្សាសិទ្ធិក្នុងការមិនបកប្រែ)
Meta-cognitive CQ (ការយល់ដឹងអំពីវប្បធម៌ផ្សេងៗគ្នា)	1. I adjust my cultural knowledge as I interact with people from a culture that is unfamiliar to me. 2. I am conscious of the cultural knowledge I use when interacting with people with different cultural backgrounds. 3. I am conscious of the cultural knowledge I apply to cross-cultural interactions.

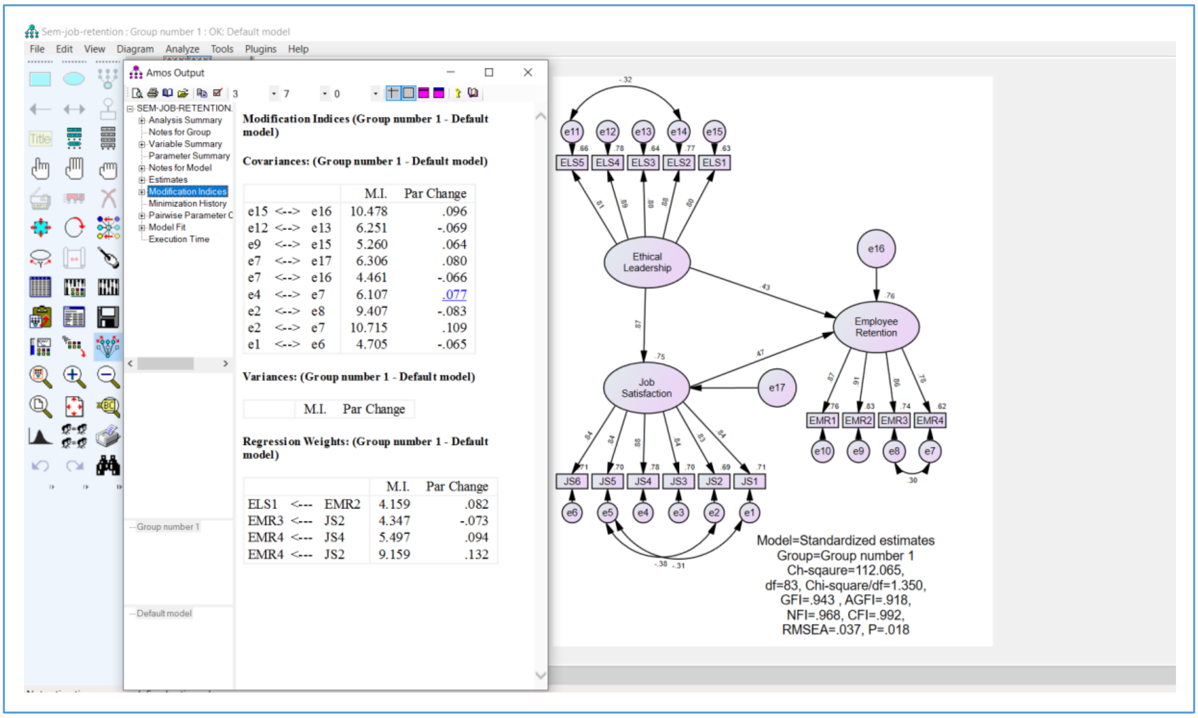
	4. I check the accuracy of my cultural knowledge as I interact with people from different cultures.
Cognitive CQ (ការយល់ដឹងអំពីប្រពៃណី)	1. I am aware of the cultural values and religious beliefs of other cultures. 2. I am aware of the legal and economic systems of other cultures. 3. I am aware of the rules (e.g. vocabulary, grammar) of other languages. 4. I am aware of the marriage systems of other cultures. 5. I am aware of the arts and crafts of other cultures. 6. I am aware of the rules for expressing nonverbal behavior in other cultures.
Behavior CQ (អាកប្បកិរិយាចំពោះវប្បធម៌)	1. I am a flexible person in culturally diverse situations. 2. I am a flexible person in regard to changing my verbal behavior (e.g. accent, tone) when a cross-cultural interaction requires it. 3. I vary the rate of my speaking when a cross-cultural interaction requires it. 4. I am a flexible person in regard to changing my nonverbal behavior when a cross-cultural interaction requires it. 5. I alter my facial expressions when a cross-cultural interaction requires it.
Motivational CQ (ការលើកទឹកចិត្តចំពោះវប្បធម៌)	1. I am confident that I can socialize with locals in a culture that is unfamiliar to me.

2. I enjoy interacting with people from different cultures.
3. I am confident that I can deal with the stress of adjusting to a culture that is new to me.
4. I enjoy living in cultures that are unfamiliar to me.
5. I am confident that I can get accustomed to the shopping situations in a different culture.

៣. ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling)

ម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (SEM) គឺជាវិធីសាស្ត្រស្ថិតិដែលត្រូវការវិធីសាស្ត្របញ្ជាក់ (ឧទាហរណ៍៖ ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម) លើការវិភាគទ្រឹស្តីរចនាសម្ពន្ធដែលមានលើបាតុភូតមួយចំនួន។ ជាធម្មតា ទ្រឹស្តីនេះតំណាងឱ្យ "ហេតុ: Causual" ដែលបង្កើតការសង្កេតលើអថេរជាច្រើន (Bentler, 1988)។ ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័នបង្ហាញពីទិដ្ឋភាពសំខាន់ៗពីរក្នុងនីតិវិធីគឺ "ហេតុ" ដែលកំពុងសិក្សាតាងដោយស៊េរីនៃសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (មានសមីការរីគ្រេសសិន) និង ដែលទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធអាចត្រូវបានយកគំរូតាមរូបភាពដើម្បីអាចយល់កាន់តែច្បាស់អំពីទ្រឹស្តីដែលកំពុងសិក្សា (Byrne, 2013)។ គំរូសម្មតិកម្មអាចត្រូវបានធ្វើតេស្តតាមក្បួនស្ថិតិដោយការវិភាគដំណាលគ្នានៃប្រព័ន្ធអថេរទាំងមូលដើម្បីកំណត់វិសាលភាពរបស់ទិន្នន័យ។

ដំណាក់កាលនៃការរៀបចំ SEM នេះគឺបន្ទាប់ពីការរៀបចំរួចរាល់នូវនីតិវិធីរបស់ CFA ម៉ូដែលលំដាប់ទី2 ហើយសំណួរទាំងអស់ត្រូវបានយកមកធ្វើការតេស្តសម្មតិកម្ម។ ហើយរបៀបនៃការគណនាតាមកម្មវិធី SEM មានលំនាំដូចគ្នាទាំងស្រុងក្នុងដំណាក់របស់កម្មវិធី CFA ដែរ វាគ្រាន់តែខុសគ្នាត្រង់ SEM ប្រើ ព្រួញដែលមានក្បាលតែមួយសម្រាប់ភ្ជាប់រវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ (ដើម្បីងាយស្រួលអ្នកគ្រាន់តែថតចម្លងទុកឯកសារថ្មីមួយដែលមានស្រាប់ពីម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទីពីរ (Second-ordered factor model) ហើយដាក់ឈ្មោះថ្មីសម្រាប់ SEM។ បន្ទាប់មក អ្នកត្រូវយកសញ្ញា [ ] [Add a unique variable] ដោយចុចតែលើអថេរមិនឯករាជ្យប៉ុណ្ណោះ។ ឧទាហរណ៍៖ e_{16} នៅលើអថេរ "ការពេញចិត្តនឹងការងារ (Job Satisfaction)" និង e_{17} នៅលើអថេរ "ការថែរក្សាបុគ្គលិក (Employee Retention)"។ អ្នកត្រូវចាំថា ទាំង CFA និង SEM គឺសុទ្ធតែទាមទារឱ្យយើងកែតម្រូវទិន្នន័យតាមរយៈតម្លៃដែលបានបង្ហាញលើសញ្ញាណសម្គាល់ការកែប្រែ (Modification index) រវាងតម្លៃរបស់ e នីមួយៗ ដើម្បីឱ្យតម្លៃរបស់ម៉ូដែលស្ថិតិមានភាពប្រសើរជាងមុន។ ដូចដែលបង្ហាញក្នុងជ្យាក្រាម១៦-២៣ មានតម្លៃ e_{11} < -- > e_{14} , e_5 < -- > e_2, e_1 < -- > e_5 និង e_7 < -- > e_8 ដែលត្រូវបានគូសភ្ជាប់ ហើយតម្លៃ λ, GFI, AGFI, NFI, CFI, RMR, RMSEA, និង p-value សុទ្ធតែត្រូវគោរពតាមលក្ខខណ្ឌដែលបានកំណត់ទាំងអស់។



ដ្យាក្រាម១៦.២៣. SEM (Modification Index)

ស្រដៀងគ្នាដែរ របៀបកត់ត្រានូវលទ្ធផលរបស់ SEM គឺដូចគ្នាទៅនឹងរបៀបកត់ត្រាលទ្ធផលរបស់ CFA ផងដែរ។ លទ្ធផលដែលបានបង្ហាញពីដ្យាក្រាមទី16-24 ដល់ដ្យាក្រាមទី16-25គឺត្រូវដកស្រង់យកមកបំពេញក្នុងតារាង១៦-២ ខាងក្រោមនេះ។

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Job_Satisfaction	<---	Ethical_Leadership	.899	.056	16.122	***	par_15
Employee_Retention	<---	Ethical_Leadership	.439	.093	4.739	***	par_13
Employee_Retention	<---	Job_Satisfaction	.461	.089	5.176	***	par_14
JS1	<---	Job_Satisfaction	.870	.047	18.409	***	par_1
JS2	<---	Job_Satisfaction	.873	.048	18.032	***	par_2
JS3	<---	Job_Satisfaction	.978	.053	18.524	***	par_3
JS4	<---	Job_Satisfaction	1.000				
JS5	<---	Job_Satisfaction	.945	.052	18.036	***	par_4
JS6	<---	Job_Satisfaction	1.005	.054	18.572	***	par_5
EMR4	<---	Employee_Retention	.963	.059	16.372	***	par_6
EMR3	<---	Employee_Retention	.989	.050	19.737	***	par_7
EMR2	<---	Employee_Retention	1.000				
EMR1	<---	Employee_Retention	.924	.045	20.315	***	par_8
ELS5	<---	Ethical_Leadership	.909	.054	16.971	***	par_9
ELS4	<---	Ethical_Leadership	1.000				
ELS3	<---	Ethical_Leadership	.862	.052	16.706	***	par_10
ELS2	<---	Ethical_Leadership	.943	.048	19.730	***	par_11
ELS1	<---	Ethical_Leadership	.892	.054	16.611	***	par_12

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
Job_Satisfaction	<---	Ethical_Leadership	.868
Employee_Retention	<---	Ethical_Leadership	.433
Employee_Retention	<---	Job_Satisfaction	.471
JS1	<---	Job_Satisfaction	.842
JS2	<---	Job_Satisfaction	.834
JS3	<---	Job_Satisfaction	.839
JS4	<---	Job_Satisfaction	.882
JS5	<---	Job_Satisfaction	.837
JS6	<---	Job_Satisfaction	.841
EMR4	<---	Employee_Retention	.785
EMR3	<---	Employee_Retention	.860
EMR2	<---	Employee_Retention	.909
EMR1	<---	Employee_Retention	.869
ELS5	<---	Ethical_Leadership	.813
ELS4	<---	Ethical_Leadership	.886
ELS3	<---	Ethical_Leadership	.798
ELS2	<---	Ethical_Leadership	.876
ELS1	<---	Ethical_Leadership	.795

ដ្យាក្រាម១៦.២៨. SEM (Estimates)

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	37	112.065	83	.018	1.350
Saturated model	120	.000	0		
Independence model	15	3536.014	105	.000	33.676

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	.037	.943	.918	.652
Saturated model	.000	1.000		
Independence model	.872	.147	.025	.129

Baseline Comparisons

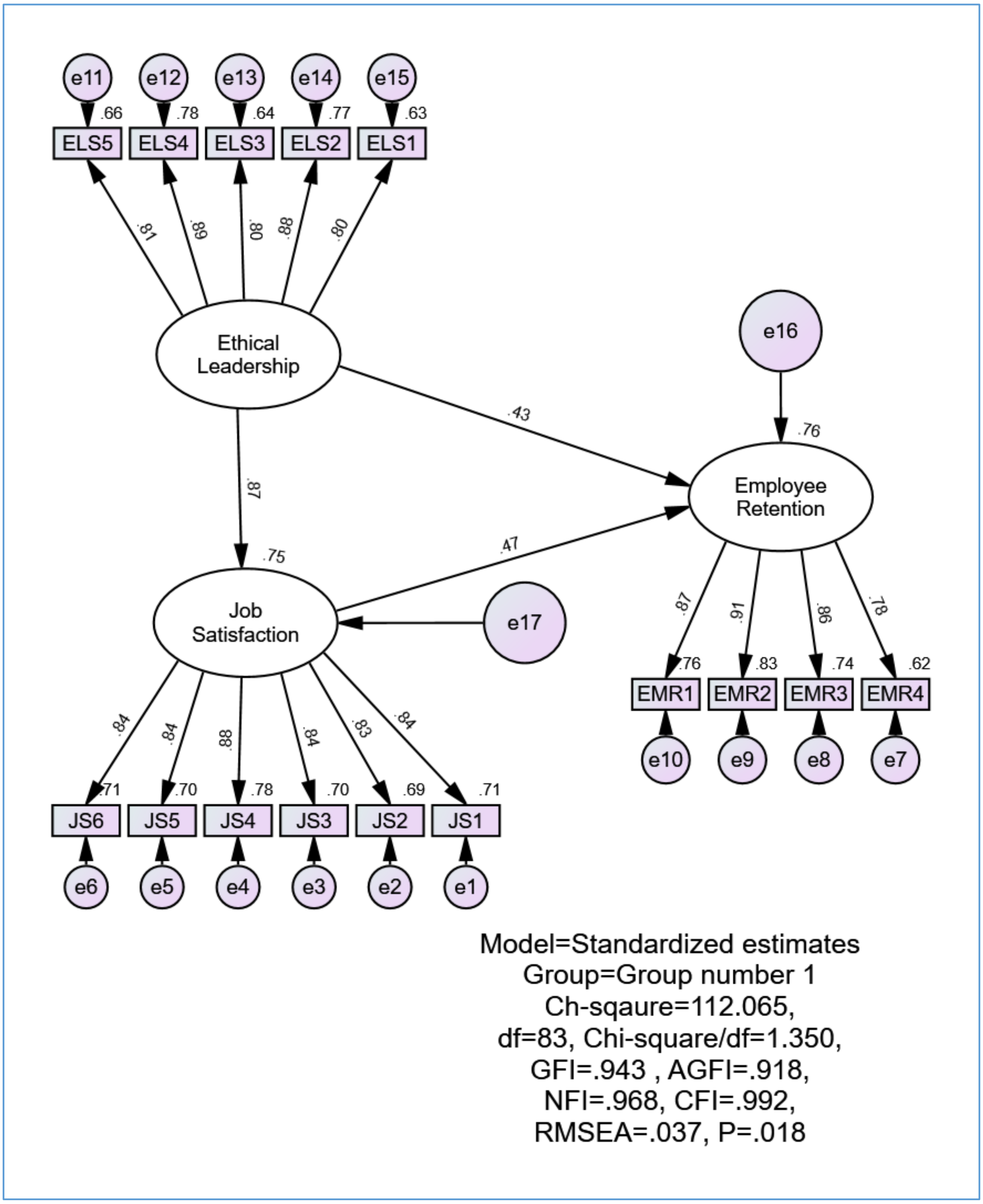
Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	.968	.960	.992	.989	.992
Saturated model	1.000		1.000		1.000
Independence model	.000	.000	.000	.000	.000

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	.037	.016	.054	.893
Independence model	.359	.349	.369	.000

ដ្យាក្រាម១៦.២៥. SEM (Model Fit)

ជាទូទៅ ព័ត៌មានដែលមានក្នុងដ្យាក្រាម១៦-២៦ និងព័ត៌មានក្នុងតារាង១៦-២ក៏ដូចគ្នាទាំងស្រុងដែរ។ ហើយជាធម្មតា ដ្យាក្រាមមិនបានបង្ហាញពីតម្លៃ t-value និង p-value របស់រីក្រេសសិននីមួយៗទេ។ ដូច្នេះហើយ ទើបបានជាយើងត្រូវរៀបជាតារាងមួយបន្ថែមទៀត ហើយវាក៏ជាតម្រូវការចាំបាច់ផងដែរពីក្រុមហ៊ុនដែលទទួលបោះពុម្ពស្នាដៃស្រាវជ្រាវអន្តរជាតិ (ឧទាហរណ៍៖ C. F. Chen et al., 2016; F.-H. Lee et al., 2010; Veasna et al., 2013) ជាដើម។ ចំពោះគោលការណ៍សម្រាប់វាយតម្លៃរបស់ SEM ត្រូវមានលក្ខខណ្ឌកំណត់ដូចគ្នានឹង CFA ដែរ។ លទ្ធផលរបស់ SEM បានបង្ហាញថា តម្លៃនីមួយៗរបស់អថេរគឺ $\lambda > 0.70$, GFI = 0.943 > 0.90, AGFI = 0.918 > 0.90, CFI = 0.992 > 0.95, NFI = 0.968 > 0.95, RMSEA = 0.037 < 0.08, និង p-value = 0.018 < 0.05។ ដូច្នេះ តាមច្បាប់វាយតម្លៃដែលបានកំណត់ម៉ូដែលសម្រាប់ SEM នេះគឺសមល្អបំផុត (best model fit)។



ដ្យាក្រាម១៦.២៦. SEM (Final Report)

តារាង១៦.២. លទ្ធផលនៃការតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ SEM

Constructs (អថេរស្រាវជ្រាវ)		Indicators (កម្រងសំណួរ)	Standardized Coefficient (β)	t-value	p-value
Ethical Leadership	→	ELS5	0.813	16.971	***
(ELS)	→	ELS4	0.886	A	***
	→	ELS3	0.798	16.706	***
	→	ELS2	0.876	19.73	***

	→	ELS1	0.795	16.611	***
Job Satisfaction (JS)	→	JS1	0.842	18.409	***
	→	JS2	0.834	18.032	***
	→	JS3	0.839	18.524	***
	→	JS4	0.882	A	***
	→	JS5	0.837	18.036	***
	→	JS6	0.841	18.572	***
Employee Retention (EMR)	→	EMR4	0.785	16.372	***
	→	EMR3	0.86	19.737	***
	→	EMR2	0.909	A	***
	→	EMR1	0.869	20.315	***
Path Relationships (ទំនាក់ទំងសម្មតិកម្ម)					
H1: ELS→JS (Accepted)			0.868	16.122	***
H2: ELS→EMR (Accepted)			0.433	4.739	***
H3: JS→EMR (Accepted)			0.471	5.176	***
Model Fit Statistics (គំរូស្ថិតិ)					
χ^2 (CMIN)= 112.065 D.F= 83 $\chi^2/_{D.F} = 1.35$ GFI= 0.943 AGFI= 0.918 CFI= 0.992 NFI= 0.968 RMSEA= 0.037 RMR= 0.037 p-value=0.018					

បំណាំ៖ $^{***}p < 0.001$, $^{**}p < 0.05$, $^{*}p < 0.10$

ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មបានបង្ហាញថា តម្លៃទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ (Path relationship) ក្នុងដ្យាក្រាម១៦-២៥ និងតារាង១៦-២ គឺជាសម្មតិកម្មដែលយើងបានកំណត់ក្នុងដ្យាក្រាម១៦-១នៃក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវ។

សម្មតិកម្មទី1 (Hypothesis-1)៖ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ភាពពេញចិត្តការងារ" របស់បុគ្គលិក។

លទ្ធផលបានបញ្ជាក់ថា សម្មតិកម្មទី1 (H_1) នេះត្រូវបានទទួលយក (Accepted) ដោយមានតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង (correlation coefficient) β = 0.868 ឬ 86.80%, តម្លៃរបស់ t-value = 16.122 > 1.96, និងតម្លៃ p-value = 0.000 (* * *) < 0.05 ដែលបញ្ជាក់ថា អថេរទាំងពីរនេះមានទំនាក់ទំនងគ្នាខ្លាំង។

សម្មតិកម្មទី2 (Hypothesis-2)៖ "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ការថែរក្សាបុគ្គលិក"។

លទ្ធផលបានបញ្ជាក់ថា សម្មតិកម្មទី2 (H_2) នេះត្រូវបានទទួលយក (Accepted) ដោយមានតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង (correlation coefficient) β = 0.433 ឬ 43.30%, តម្លៃរបស់ t-value = 4.739 > 1.96, និង p-value = 0.000 (***) < 0.05 ដែលបញ្ជាក់ថាមានទំនងកម្រិតមធ្យមរវាងអថេរទាំងពីរនេះ។

សម្មតិកម្មទី3 (Hypothesis-3)៖ "ភាពពេញចិត្តការងារ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" របស់បុគ្គលិក។

លទ្ធផលបានបញ្ជាក់ថា សម្មតិកម្មទី3 (H_3) នេះក៏ត្រូវបានទទួលយក (Accepted) ដែរ ដោយមានតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង (correlation coefficient) β = 0.471 ឬ 47.10%, តម្លៃរបស់ t-value = 5.176 > 1.96, និង p-value = 0.000 (***) < 0.05 ដែលបញ្ជាក់ថាមានទំនងកម្រិតមធ្យមរវាងអថេរទាំងពីរនេះ។

សរុបមក ការសិក្សានេះបានបង្ហាញថា "ភាពជាអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីលធម៌" "ភាពពេញចិត្តការងារ" និង "ការថែរក្សាបុគ្គលិក" ជាធាតុដែលមានទំនាក់ទំនងគ្នាយ៉ាងសំខាន់និងចំបាច់សម្រាប់ឱ្យការងារមានភាពរលូននៅក្នុងវិស័យធនាគារឯកជន តាមរយៈការពេញចិត្តលើការងារ និងគោលការណ៍នៃការថែរក្សាបុគ្គលិកក្នុងវិស័យសេវកម្មហិរញ្ញវត្ថុនេះ ព្រមទាំងមានអ្នកដឹកនាំប្រកបដោយក្រមសីធម៌ល្អ។

៤. សេចក្ដីសន្និដ្ឋាន

កម្មវិធី AMOS គឺជាឧបករណ៍ស្ថិតិមួយដ៏មានឥទ្ធិពលនិងពេញនិយមខ្លាំងមែនទែនសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យនៅពេលធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ចំពោះស្នាដៃស្រាវជ្រាវដែលត្រូវការបោះពុម្ពក្នុងទស្សនាវដ្ដីអន្តរជាតិល្បីៗលើពិភពលោក។ អ្នកត្រូវសិក្សាស្រាវជ្រាវបន្ថែមពីរបៀបប្រើប្រាស់កម្មវិធីកុំព្យូទ័រ SPSS និង AMOS ដែលមាននៅក្នុងឯកសារពិគ្រោះខាងក្រោមនេះស្រាប់។ ម្យ៉ាងវិញទៀត មេរៀននេះមានសភាពស្មុគ្រស្មាញខ្លាំងជាងគេ។ សេចក្ដីណែនាំអំពីរបៀបគណនារកចម្លើយរបស់ CFA និង SEM ពុំស្រួលយល់ដូចការពន្យល់ដោយផ្ទាល់មាត់នោះឡើយ។ ស្មេរបានរៀបចំជាស្រេចនូវវីដេអូសម្រាប់ជំនួយដល់ការសិក្សាមេរៀននីមួយៗ ដោយអ្នកគ្រាន់តែចូលក្នុងអាសយដ្ឋានរបស់ស្មេរក្នុង YouTube តាមតំណនេះ "https://www.youtube.com/c/ResearchMethodology" នោះអ្នកនឹងទទួលបាននូវវីដេអូតាមផ្នែកនីមួយៗនៃមេរៀនដោយឥតគិតថ្លៃ ឬតាមរយៈគេហទំព័ររបស់ស្មេរផ្ទាល់ www.spss.club ក៏បាន។

មេរៀនទី១៧ ការប្រើប្រាស់កម្មវិធីទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធលីនេអ៊ែរ

កម្មវិធីទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធ**លីនេអ៊ែរ** (Linear Structural Relations) ដែលហៅកាត់ថា "LISREL" គឺជាកញ្ចប់កម្មវិធីស្ថិតិមួយដែលត្រូវបានយកមកប្រើក្នុងការធ្វើម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) ហៅកាត់ថា "SEM" សម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម។ដើម្បីប្រើប្រាស់កម្មវិធីនេះបានអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវមានមូលដ្ឋានគ្រឹះរឹងមាំនិងកម្រិតយល់ដឹងខ្ពស់ផ្នែកស្ថិតិ ព្រោះកម្មវិធីនេះមានភាពស្មុគស្មាញក្នុងការវិភាគទិន្នន័យជាពិសេស ការបកស្រាយលទ្ធផលស្រាវជ្រាវតាមបែបបរិមាណវិស័យដែលបានមកពីការវិភាគតាមក្បួនវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិ។ កម្មវិធីនេះមិនត្រឹមតែត្រូវបានយកមកប្រើយ៉ាងទូលាយក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវកម្រិតខ្ពស់ផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គមប៉ុណ្ណោះទេ វាក៏ជាវិទ្យាសាស្ត្រស្ថិតិមួយសម្រាប់ជាជំនួយដល់អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវឈានទៅរកការបោះពុម្ពផ្សាយនូវអត្ថបទស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនក្នុងទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិផងដែរ។ មេរៀនេះនឹងបង្ហាញអំពីរបៀបអនុវត្តកម្មវិធីនេះតាមជំហាននីមួយៗ ព្រមទាំងមានឧទាហរ៍ពន្យល់បន្ថែមផងដែរ។

១. សេចក្តីផ្តើម

កម្មវិធីទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធ**លីនេអ៊ែរ** (Linear Structural Relations) ដែលហៅកាត់ថា "LISREL" គឺជាកញ្ចប់កម្មវិធីកុំព្យូទ័រមួយសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដែលត្រូវពឹងលើកម្មវិធី SPSS ភ្ជាប់ជាជំនួយផងដែរ។ ដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម យើងនឹងប្រើកម្មវិធី SPSS 25 និង LISREL 8.8 សម្រាប់ជាឧបករណ៍វិភាគស្ថិតិមួយក្នុងការគណនារកតម្លៃ "វិភាគកត្តាបញ្ជាក់ (Confirmatory Factor Analysis)" ដែលហៅកាត់ថា "CFA" និង "ម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling)" ដែលហៅកាត់ថា "SEM"។ LISREL និងកញ្ចប់កម្មវិធីសម្រាប់វិភាគរចនាសម្ព័ន្ធម៉ូម៉ង់ (Analysis of a Moment Structures) ដែលហៅកាត់ថា "AMOS" គឺជាឧបករណ៍ស្ថិតិសម្រាប់ធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មដ៏ពេញនិយមសម្រាប់អ្នកស្រាវជ្រាវដែលមានបំណងបោះពុម្ពស្នាដៃរបស់ខ្លួនក្នុងទស្សាវដ្តីល្បីៗ ឬ ទិនានុប្បវត្តិលំដាប់កំពូល (top tier e-journals) លើជំនាញស្រាវជ្រាវដូចជា វិស័យគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្ស (ឧទាហរណ៍៖ Cortina, Aguinis, & DeShon, 2017; Lin & Germain, 2003; Rahim, 2017) វិស័យអប់រំ (ឧទាហរណ៍៖ Qiu & Qi, 2020; Rahim, Civelek, & Liang, 2016) ទេសចរណ៍ (ឧទាហរណ៍៖ Ekinci & Hosany, 2006; Guizzardi & Mariani, 2020; Mikulić & Ryan, 2018; Yavari & Mansourimoayyed, 2020) ផ្នែកទីផ្សារ (ឧទាហរណ៍៖ E. Baek & Oh, 2021; Chaudhuri & Holbrook, 2001; Hasan, Shams, & Rahman, 2021; Warren, Batra, Loureiro, & Bagozzi, 2019) និង អាជីវកម្មតាមអ៊ីនធឺណែត ជាដើម (ឧទាហរណ៍៖ Childers, Carr, Peck, & Carson, 2001; Huang, 2008; Teo, Wei, & Benbasat, 2003)។ ការទទួលឱ្យបោះពុម្ពចូលក្នុងទស្សនាវដ្តីកំពូលៗទាំងនេះបាន លុះត្រាតែអ្នកស្រាវជ្រាវមានវិធីស្រាស្ត្រស្រាវជ្រាវល្អ អមដោយភាពច្នៃប្រឌិតខ្ពស់ ព្រមទាំងទទួលបានចំណាប់អារម្មណ៍ខ្លាំងលើប្រធានបទស្រាវជ្រាវផងដែរ។

២. មុខងាររបស់ LISREL

ដើម្បីរៀបចំធ្វើការវិភាគទិន្នន័យតាមកម្មវិធី LISREL អ្នកត្រូវស្គាល់អំពីអត្ថន័យពាក្យគន្លឹះនិងនិមិត្តសញ្ញាសំខាន់ៗនិងចាំបាច់បំផុតមួយចំនួនជាមុនសិនទើបអ្នកសិក្សាងាយយល់ងាយពន្យល់ផង និងបានជាមូលដ្ឋានគ្រឹះដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការបកស្រាយទិន្នន័យផងដែរ។ ដ្យាក្រាមទី17-1 ខាងក្រោមនេះជាឧទាហរណ៍មួយសម្រាប់ឱ្យ

អ្នកសិក្សាបានស្គាល់អំពីអត្ថន័យនៃពាក្យគន្លឹះនិងនិម្មិតសញ្ញានានាក្នុងមុខងារនីមួយៗរបស់ LISREL ក្នុងការវិភាគ CFA និង SEM។ មុខងារនីមួយៗដែលយើងត្រូវចាំនាពេលនេះមានបួនកម្រិតដូចខាងក្រោម៖

1. **មុខងារកម្រិតទី1៖** Latent Variable or Research Variable (អថេរស្រាវជ្រាវ)

មុខងារកម្រិតទី1គឺការតាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ ឧទាហរណ៍សម្រាប់បណ្តុំទស្សនាទាននៃការស្រាវជ្រាវ (Research construct) អំពី "បទពិសោធន៍អំពីការប្រើប្រាស់ម៉ាក (Brand Experience)"។ កម្រងសំណួរដែលជាសូចនាករសម្រាប់តំណាងឱ្យ "បទពិសោធន៍អំពីការប្រើប្រាស់ម៉ាក (Brand Experience)" មាន 4 សំណួរ។ អថេរស្រាវជ្រាវ (Latent Variable) គឺបាតុភូតពិតប្រាកដមួយដែលមិនអាចវាស់ដោយផ្ទាល់ ប៉ុន្តែអាចត្រូវបានផ្តល់ឬវាស់ដោយអថេរមួយឬច្រើនដែលជាសូចនាករ (Indicators)។ ការដាក់សូចនាកររួមបញ្ចូលគ្នាគឺដើម្បីវាស់វែងបណ្តុំទស្សនាទាននៃការស្រាវជ្រាវឱ្យបានត្រឹមត្រូវ (Research construct) (J. F. Hair-Jr et al., 2019)។

2. **អត្ថន័យនៃមុខងារកម្រិតទី2៖** Loading estimates (ពិន្ទុប៉ាន់ស្មាន)

មុខងារកម្រិតទី2 នេះសំដៅលើ "បទពិសោធន៍អំពីការប្រើប្រាស់ម៉ាក" ដែលមានបួនសំណួរហើយសំណួរនីមួយៗត្រូវបានដាក់ពិន្ទុ (ពីព្រោះវាបានមកពីការវាយតម្លៃរបស់អ្នកចូលរួមឆ្លើយ សំណួរទាំងនោះ) ហើយពិន្ទុសរុបដែលបានមកពីអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរនីមួយៗដែលត្រូវបានគេហៅថាជា "ពិន្ទុប៉ាន់ស្មាន" ច្រើនតាងដោយនិម្មិតសញ្ញា λ (ហៅថាឡាំដា)។ ឧទាហរណ៍៖ BE_1 មានពិន្ទុរបស់ $\lambda_1 = 0.78$ ឬ 78.0%។

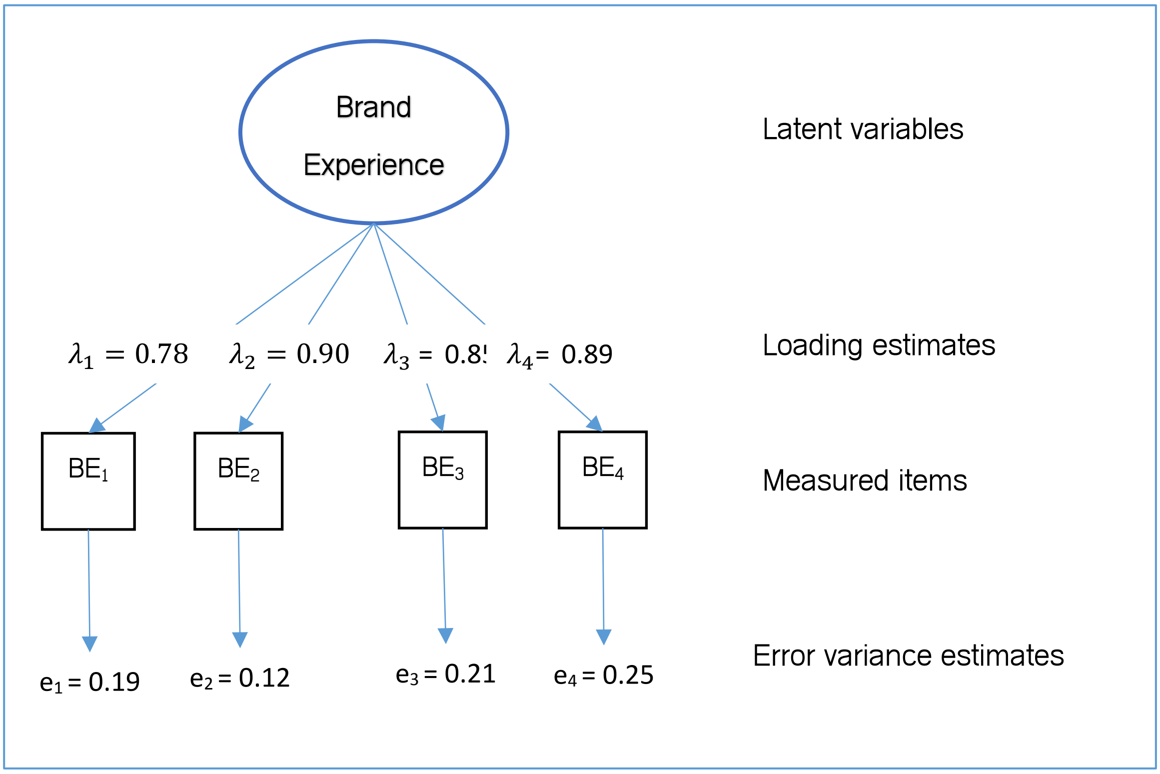
3. **មុខងារកម្រិតទី3៖** Measured items (វាស់កម្រងសំណួរ)

មុខងារទី3នេះគឺត្រូវបង្កើតមាត្រដ្ឋានរង្វាស់សម្រាប់វាស់វែងនូវសំណួរទាំង 4។ ឧបមាថា យើងយកមាត្រដ្ឋានរង្វាស់ 5 កម្រិត (5-Point Scale) គឺ៖ (1) = Very Dissatisfied (មិនពេញចិត្តសោះ), (2)= Disatisfied (មិនពេញចិត្ត), (3)= Neutral (ធម្មតា), (4) = Satisfied (ពេញចិត្ត) និង (5) = Very Satisfied (ពេញចិត្តខ្លាំង)។ អថេរវាស់វែងត្រូវបានប្រើជាសូចនាករនៃការបង្កើតអថេរស្រាវជ្រាវ។ ហើយរង្វាស់សំណួនីមួយៗនេះស្មើនឹងការ៉េនៃពិន្ទុប៉ាន់ស្មាន (square loading estimate) ដែលតាងដោយ λ^2។ ឧទាហរណ៍ថា បើ BE_1 មានពិន្ទុ $\lambda_1 = 0.78$ នោះ $\lambda_1^2 = 6.084$។ នីតិវិធីនេះនឹងត្រូវបានពន្យល់លំអិតនៅក្នុងជំហានបន្ទាប់។

4. **មុខងារកម្រិតទី4៖** ការប៉ាន់ស្មានបម្រែបម្រួលនៃកំហុស (Error variance estimates)

"ការប៉ាន់ស្មានបម្រែបម្រួលនៃកំហុស (Error variance estimates)" គឺជាវ៉ារ្យង់នៃអថេរដោយសារអាចមានកំហុសក្នុងការវាស់វែងដូចជាកំហុសក្នុងការប្រមូលទិន្នន័យជាដើម (J. F. Hair-Jr et al., 2019)។ ក្នុងមេរៀននេះ e_1, e_2, e_3 និង e_4 គឺជាតម្លៃនៃ "ការប៉ាន់ស្មានបម្រែបម្រួលនៃកំហុស" ឬកម្រិតល្អៀងនៃការឆ្លើយសំណួរនីមួយៗ។

ចំពោះមុខងារទាំង 4 កម្រិតនេះចាំបាច់ត្រូវតែមានទៅតាមលំដាប់របស់វាដើម្បីឱ្យកម្មវិធី LISREL អាចដំណើរការសម្រាប់ការគណនាតម្លៃ CFA និង SEM ផងដែរ។



ដ្យាក្រាម១៧.១. និមិត្តសញ្ញារបស់ LISREL

៣. ការវិភាគកត្តាបញ្ជាក់ (Confirmatory Factor Analysis)

ការវិភាគកត្តាបញ្ជាក់ (Confirmatory Factor Analysis) ដែលហៅកាត់ថា "CFA" ដោយប្រើ LISREL ជាមួយបម្រែបម្រួលរួមរបស់អថេរនីមួយៗសម្រាប់ម៉ាទ្រីសដែលជាធាតុចូល (Jöreskog & Sörbom, 1993)។ យើងប្រើ CFA សម្រាប់វាយតម្លៃរួមគ្នានៃធាតុទូទៅលើភាពបានការ (validity) និងភាពជឿកជាក់ (reliability) នៃការវាស់វែងកម្រងសំណួរក្នុងពេលដំណាលតែម្តង។ ចំពោះការវាស់វែងភាពបានការ (validity) និងភាពជឿជាក់ (reliability) នៃការវាស់វែងកម្រងសំណួរសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវនេះ យើងមានគោលការណ៍វាយតម្លៃមួយចំនួនជាទូទៅដូចក្នុងមេរៀនទី១៦ ដែរសម្រាប់ទាំង CFA និង SEM ដែលមានបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖

Model Fit Statistics (គំរូស្ថិតិ)	Rule of Thumbs (គោលការណ៍កំណត់)
χ^2/D.F	< 2.50
GFI	≥ 0.90
AGFI	≥ 0.90
NFI	≥ 0.95
CFI	≥ 0.95
RMSEA	< 0.08
RMR	< 0.05

ប្រភព៖ (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Hooper et al., 2008; Jöreskog, Olsson, & Wallentin, 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020; J. Wang & Wang, 2020)

ដូច្នេះ លក្ខខណ្ឌខាងលើគឺជាសូចនាករសម្រាប់វាយតម្លៃលទ្ធផលស្រាវជ្រាវរបស់យើងដែលបានរកឃើញតាមរយៈកម្មវិធី LISREL។ ហើយជាក់ស្តែង CFA នៅក្នុងកម្មវិធី LISREL គឺត្រូវបានបែងចែកជាពីរកម្រិតគឺ៖ កម្រិតទី1 ហៅថា "ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទីមួយ (First-ordered factor model)" និងកម្រិតទី2 ហៅថា "ម៉ូដែលកត្តាលំដាប់ទីពីរ (Second-ordered factor model)"។ ដើម្បីយល់ច្បាស់ពីនីតិវិធីក្នុងការអនុវត្តនេះ យើងសូមលើកយកឧទាហរណ៍មកបង្ហាញជូនទៅតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោមនេះ។

ការស្រាវជ្រាវមួយមានបំណងចង់ដឹងអំពី "ភក្ដីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ (Brand Loyalty)" នៃអតិថិជនដែលកំពុងពេញនិយមកាហ្វេសព្វថ្ងៃ ហើយដែលមានក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវ (Conceptual framework) និងមានអថេរសម្រាប់ការស្រាវជ្រាវនេះដូចខាងក្រោម។ ការចងក្រង និងប្រមូលទិន្នន័យនេះគឺរៀបចំជាកម្រងសំណួរដោយកំណត់នូវអថេរសំខាន់ៗចំនួន 4 ដូចមានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-២ ខាងក្រោមនេះ៖

6. **Brand Prestige (កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ ឬកេរ្តិ៍ឈ្មោះល្បី)**

   អថេរនេះមានសំណួរចំនួន 4 ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក T. H. Baek et al. (2010)។ សំណួរទាំង 4 នោះមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

   - ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះមានកិត្យានុភាពខ្ពស់ ឬល្បី (This coffee brand is very prestigious.)។
   - ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះមានឋានៈខ្ពស់ (This coffee brand has high status.)។
   - ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះបង្កើននូវភាពល្បីល្បាញ (This coffee brand is very upscale.)។
   - ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះមានកេរ្តិ៍ឈ្មោះល្អណាស់ (This coffee brand has a very good reputation.)។

7. **Brand Source Credibility (ភាពជឿជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោ)**

   អថេរនេះមានសំណួរចំនួន 6 ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Veasna et al. (2013)។ សំណួរទាំង 6 នោះមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

   - ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះផ្តល់ជូននូវអ្វីដែលខ្លួនបានសន្យា (This coffee brand delivers (or would deliver) what it promises.)។
   - ការអះអាងផលិតផលពីម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះគឺអាចជឿទុកចិត្តបាន (Product claims from this coffee brand are believable.)។
   - យូរៗទៅ បទពិសោធន៍របស់ខ្ញុំអំពីម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះបាននាំឱ្យខ្ញុំរំពឹងថាវានឹងរក្សាការសន្យារបស់ខ្លួន (Over time, my experiences with this coffee brand led me to expect it to keep its promises.)។

- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះប្ដេជ្ញាផ្ដល់នូវការអះអាងរបស់ខ្លួន (This coffee brand is committed to delivering on its claims.)។
- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះមានឈ្មោះដែលអ្នកអាចទុកចិត្តបាន (This coffee brand has a name you can trust.)។
- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះមានសមត្ថភាពផ្ដល់អ្វីដែលខ្លួនបានសន្យា (This coffee brand has the ability to deliver what it promises.)។

8. **Brand Experience (បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ)**

អថេរនេះមានសំណួរចំនួន 4 ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Ebrahim et al. (2016)។ សំណួរទាំង 4 នោះមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះធ្វើឱ្យមានការចាប់អារម្មណ៍យ៉ាងខ្លាំងលើអារម្មណ៍មើលឃើញ ឬអារម្មណ៍ផ្សេងទៀត (This coffee brand makes a strong impression on my visual sense or other senses.)។
- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះបង្កឱ្យមានអារម្មណ៍និងមនោសញ្ចេតនា (This coffee brand induces feelings and sentiments.)។
- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះគឺជាយីហោដែលពោពេញដោយអារម្មណ៍ (This coffee brand is an emotionally brand.)។
- ម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះផ្ដល់នូវបទពិសោធន៍រាងកាយ (This coffee brand results in bodily experiences.)។

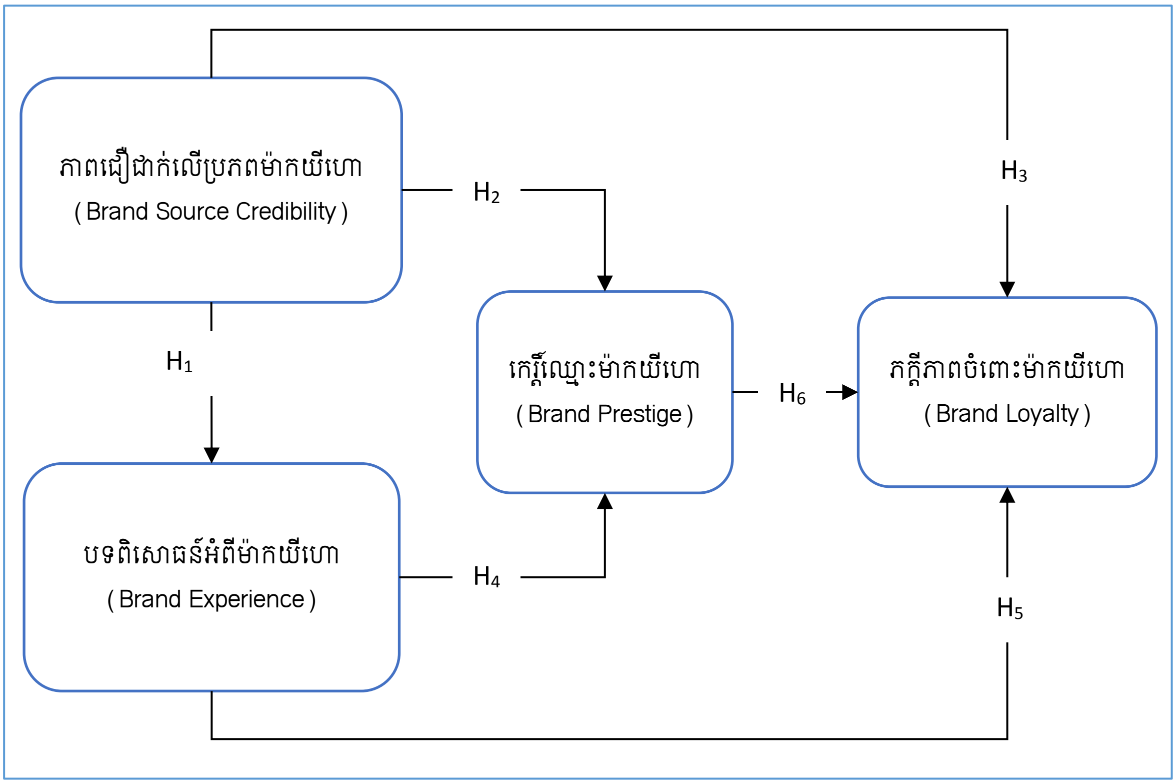
9. **Brand Loyalty (ភក្ដីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ)**

អថេរនេះមានសំណួរចំនួន 5 ដែលបានដកស្រង់ចេញពីលោក Kuenzel and Halliday (2008)។ សំណួរទាំង 5 នោះមានដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ខ្ញុំសូមណែនាំម៉ាកយីហោរបស់ហាងកាហ្វេនេះទៅមិត្តភក្ដិនិងសាច់ញ្ញាត្តិ (I would recommend this coffee brand to friends and relatives.)។
- ខ្ញុំមានបំណងបន្តទិញកាហ្វេរបស់ម៉ាកយីហោមួយនេះ (I intend to keep buying coffee at this coffee brand.)។
- ប្រសិនបើខ្ញុំត្រូវការកាហ្វេ ម៉ាកយីហោកាហ្វេនេះអាចជាជម្រើសដែលខ្ញុំពេញចិត្ត (If I need coffee, this coffee brand would be my preferred choice.)។
- ខ្ញុំនឹងនិយាយជាវិជ្ជមានអំពីម៉ាកយីហោកាហ្វេនេះ(I will speak positively about this coffee brand.)។
- ខ្ញុំមានបំណងលើកទឹកចិត្តឱ្យមនុស្សផ្សេងទៀតទិញកាហ្វេពីម៉ាកមួយនេះ (I intend to encourage other people to buy coffee from this coffee brand.)។

កម្រងសំណួរទាំងបួនមានសំណួរសរុបចំនួន19។ សំណួរទាំងនេះត្រូវបានវាស់ដោយប្រើមាត្រដ្ឋាន 7 ពិន្ទុរបស់ឡៃឃើត (7-Point Likert Scale) ដែលមានចាប់ពី 1 = Strongly Disagree (ការមិនយល់ស្របទាំងស្រុង) រហូតដល់ 7 = Strongly Agree (ការយល់ស្របទាំងស្រុង)។ ទម្រង់កម្រងសំណួរនេះតម្រូវឱ្យអ្នកចូលរួមឆ្លើយសំណួរជ្រើសរើសឈ្មោះហាងកាហ្វេដែលកំពុងពេញនិយមសម្រាប់យុវជនក្នុងអំឡុងឆ្នាំ2019។

លទ្ធផលនៃការស្ទាបស្ទង់មតិនេះគឺប្រមូលពីអ្នកចូលរួមចំនួន398នាក់ ដែលអ្នកទាំងនោះបានជ្រើសរើសនូវហាងកាហ្វេចំនួន 5 គឺ៖ Amazon, Brown, Glorea, KOI, និង Starucks។ បន្ទាប់មកទិន្នន័យត្រូវបានបញ្ចូលទៅក្នុងកម្មវិធី SPSS ដើម្បីធ្វើការវិភាគ CFA និង SEM ។



ដ្យាក្រាម១៧.២. ក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវរបស់ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"

សម្មតិកម្មនៃការស្រាវជ្រាវនេះគឺត្រូវបានអធិប្បាយដូចខាងក្រោម៖

សម្មតិកម្មទី1៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ"។

សម្មតិកម្មទី2៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"។

សម្មតិកម្មទី3៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយនឹង "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។

សម្មតិកម្មទី4៖ "បទពិសោធន៍ម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"។

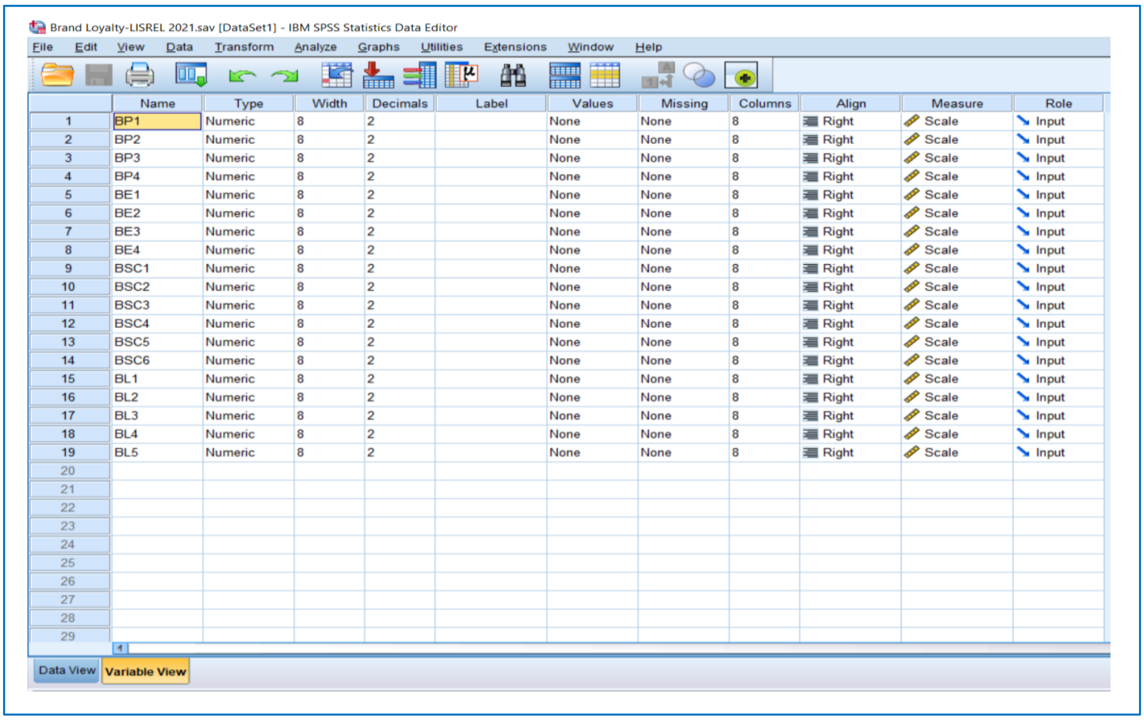
សម្មតិកម្មទី5៖ "បទពិសោធន៍ម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។

សម្មតិកម្មទី6៖ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។

ដើម្បីអនុវត្តកម្មវិធី LISREL សម្រាប់គណនារកចម្លើយរបស់ CFA និង SEM យើងត្រូវធ្វើតាមជំហានមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

ជំហានទី1៖ ការរៀបចំទិន្នន័យក្នុង SPSS

ក្នុងជំហាននេះ អ្នកត្រូវមានទិន្នន័យដែលប្រមូលបានពីអ្នកដែលយើងធ្វើការស្ទាបស្ទង់មតិ(ឧទាហរណ៍ដូចជា Brand Loyalty-LISREL 2021) ឱ្យបានរួចរាល់។ អ្នកត្រូវចាំថា ត្រូវសំអាតទិន្នន័យឱ្យបានត្រឹមត្រូវទៅតាមនីតិវិធីនៃការរៀបចំទិន្នន័យ ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី17-3។

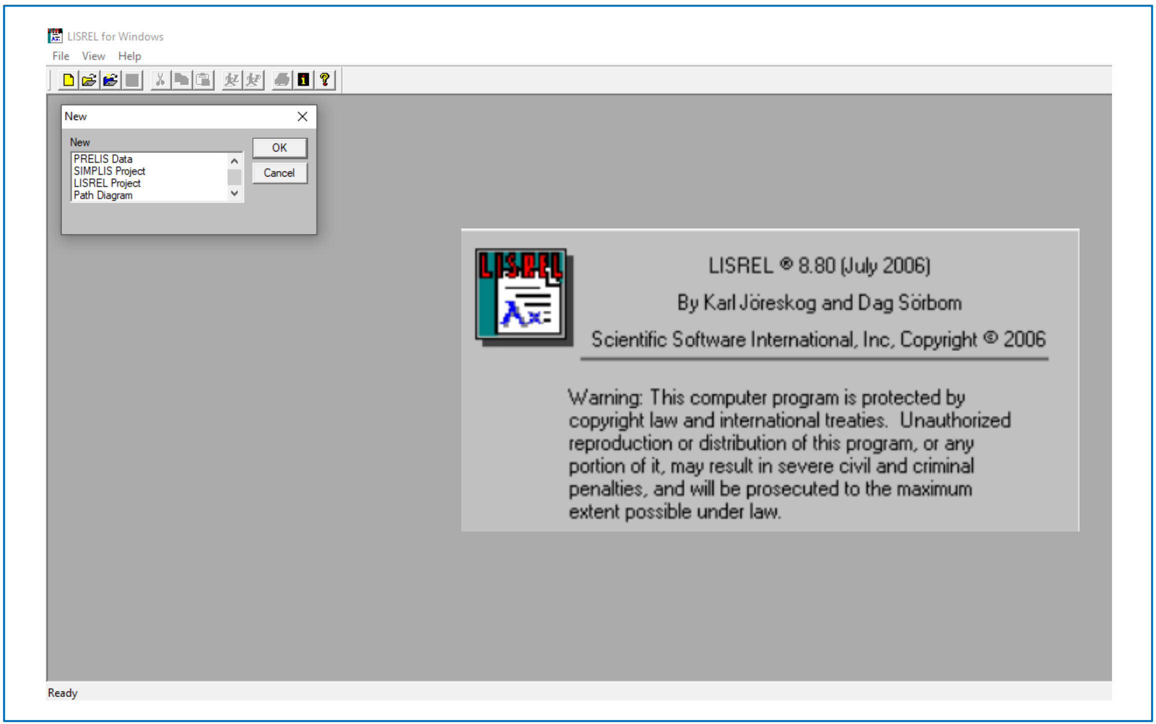


	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	BP1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
2	BP2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
3	BP3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
4	BP4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
5	BE1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
6	BE2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
7	BE3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
8	BE4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
9	BSC1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
10	BSC2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
11	BSC3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
12	BSC4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
13	BSC5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
14	BSC6	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
15	BL1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
16	BL2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
17	BL3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
18	BL4	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
19	BL5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											

ដ្យាក្រាម១៧.៣. ការរៀបចំទិន្នន័យក្នុង SPSS

ជំហានទី2៖ ការរៀបចំតំឡើងកម្មវិធី LISREL

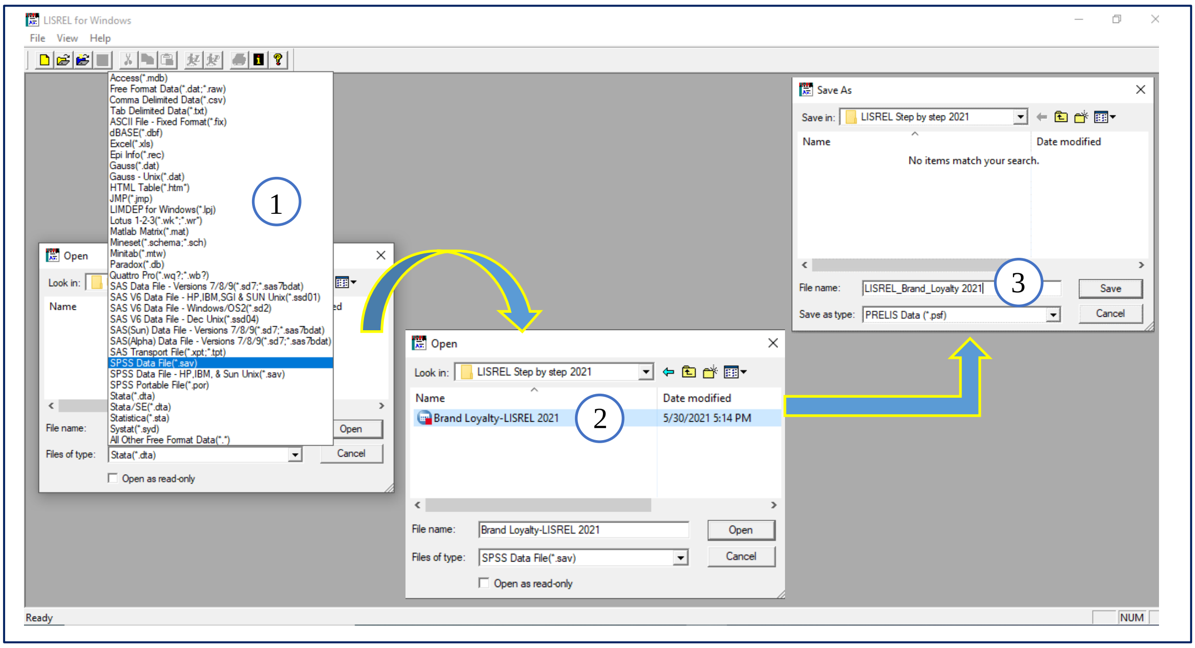
បច្ចុប្បន្ន យើងមាន LISREL 11 សម្រាប់ដួលអាជ្ញាបណ្ណអនឡាញ ឬយើងអាចប្រើកម្មវិធីសាកល្បង (trial version) រយៈពេល 14 ថ្ងៃ ដោយឥតគិតថ្លៃពីគេហទំព័រ https://ssicentral.com/ ក៏បាន។ សម្រាប់មេរៀននេះ យើងប្រើកម្មវិធី LISREL 8.80 ដែលពុំមានអ្វីខុសប្លែកគ្នាច្រើនពី LISREL 11 នោះទេ។ ដើម្បីបង្ហាញពីរបៀបអនុវត្ត CFA និង SEM កម្មវិធី LISREL នេះត្រូវការកម្មវិធីមួយចំនួនដូចជា Excel និង SPSS សម្រាប់រក្សាទុកទិន្នន័យដើម្បីទាញបញ្ចូលក្នុងកម្មវិធី LISREL ទើបអាចដំណើរការបាន ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-៤។



រូបភាព១៧.៤. ផ្ទាំងគំរូកម្មវិធី LISREL 8.80

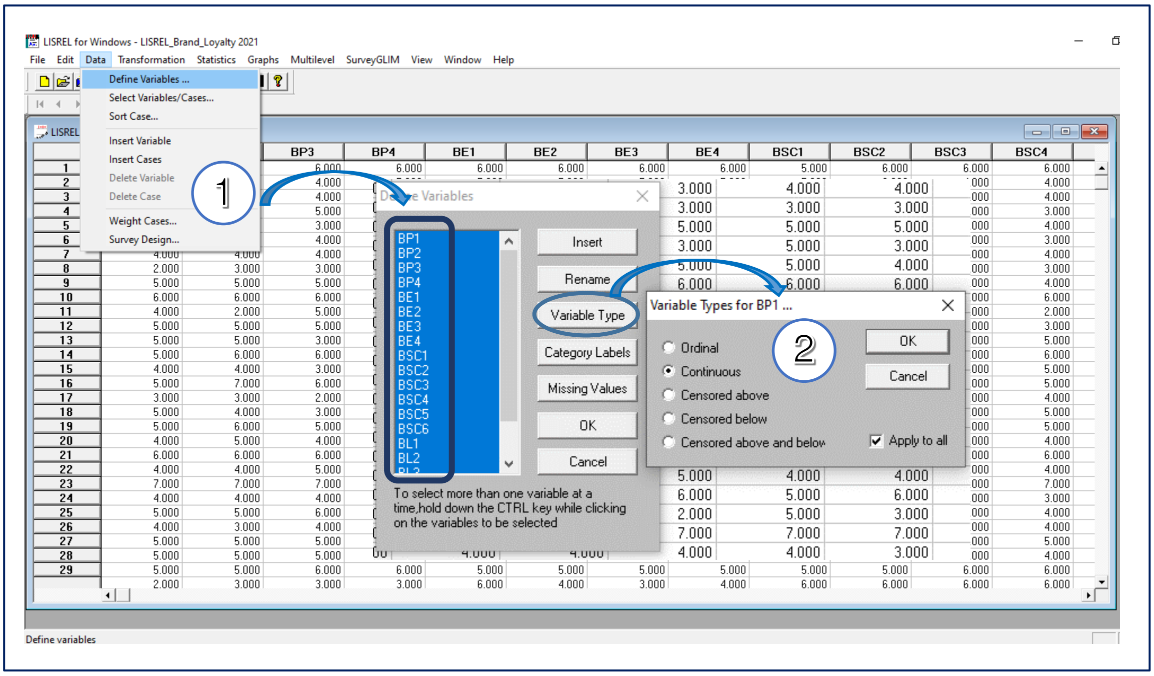
ជំហានទី3៖ ជំហានលំអិតសម្រាប់ CFA

- ការទាញទិន្នន័យចូលក្នុងកម្មវិធី LISREL៖ អ្នកត្រូវអនុវត្តតាមនីតិវិធីដូចខាងក្រោម៖
    - ចុចលើពាក្យ **[File]** នៅលើ Toolars របស់កម្មវិធី LISREL → ចុចលើ **[Import Data]** រួចត្រូវរកមើលនិងជ្រើសរើសយកឯកសារដែលបានរក្សាទុកដែលឈ្មោះខាងចុងមានអក្សរ *.SAV [Files of Type: "SPSS Data File (*.SAV)] ហើយចុចយកទិន្នន័យរបស់ SPSS (SPSS Data) → ចុចលើ **[Open]** → ហើយចុចលើពាក្យ **[Save]** ដើម្បីដាក់ឈ្មោះឯកសារតាមចំណង់ចំណូលចិត្តរបស់អ្នក។ ត្រូវចាំថា រាល់ការរក្សាទុកឯកសារនេះគឺត្រូវស្ថិតក្នុងប្រអប់ [Save as type] ត្រូវជ្រើសរើសយកឈ្មោះ "PRELIS Data (*.psf)" ឱ្យបានត្រឹមត្រូវមុននឹងចុចយកពាក្យ [Save] (រូបភាព១៧-៥)។ រួចអ្នកនឹងទទួលបាននូវផ្ទាំងទិន្នន័យថ្មីមួយដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបភាព១៧-៦ ផងដែរ។



ដ្យាក្រាម១៧.៥. ការទាញទិន្នន័យចូលក្នុងកម្មវិធីរបស់ LISREL

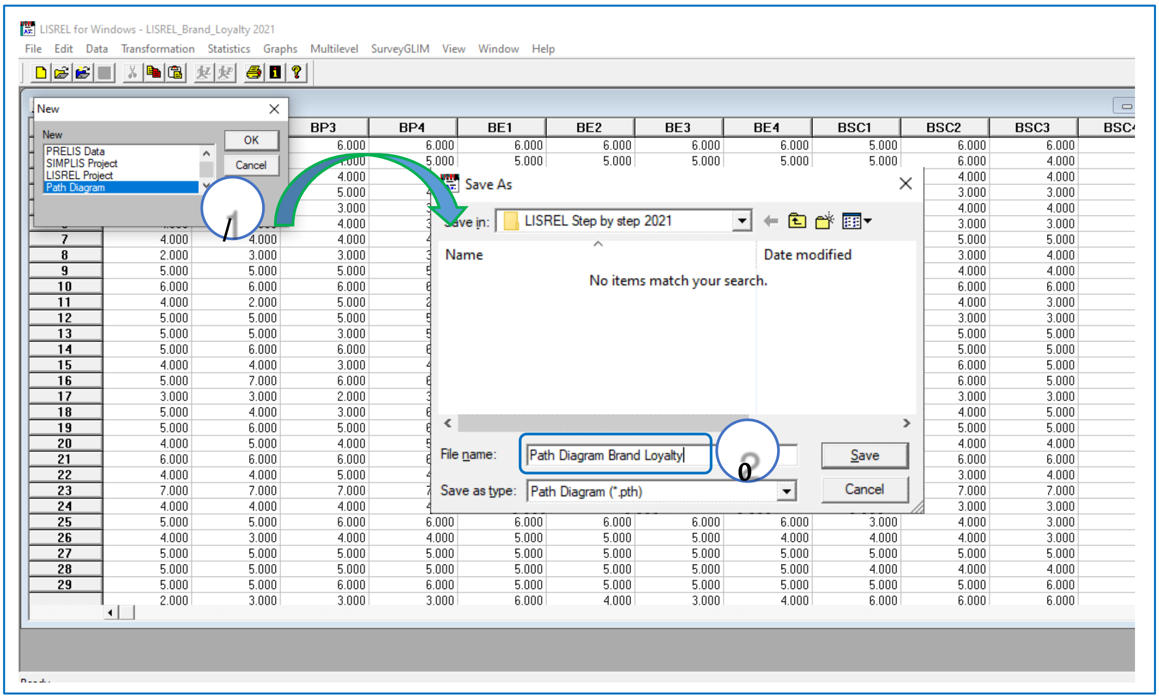
- **ការកំណត់មុខងាររបស់អថេរនីមួយៗ (Define Variables)៖** អ្នកត្រូវកំណត់និយមន័យ និងមុខងារនីមួយៗរបស់អថេរ និងអញ្ញត្តិដែលត្រូវសិក្សា។ ដូច្នេះ អ្នកត្រូវអនុវត្តតាមលំនាំដូចខាងក្រោមនេះ៖
    - នៅលើ Toolars អ្នកជ្រើសរើសយក [Data] → ជ្រើសរើសយកពាក្យ (2)-[Define Variables] → ចុចលើ [Select all items] → ចុចលើ [Variable Type] → ចុចលើ [Continuous] & [Appl to all] → ចុចលើ [OK] → និងចុចលើ [OK] ម្តងទៀត (សូមមើលដ្យាក្រាម១៧-៦)។ អ្នកត្រូវចុច [Save] ជាប្រចាំរាល់ពេលដែលអ្នកបានការកែទិន្នន័យ។



ដ្យាក្រាម១៧.៦. ការកំណត់និយមន័យ និងមុខងាររបស់អថេរ

- **ការបង្កើតដ្យាក្រាម ឬក្រាបរបស់ CFA (CFA Path Diagram)៖**

    - នៅលើ Toolars អ្នកជ្រើសរើសយក **[File]** → ចុចលើ **[New]** → ជ្រើសរើសយក **[Path Diagram]** → រួចចុច **[OK]** → នោះកម្មវិធីនឹងតម្រូវឱ្យយើងដាក់ឈ្មោះឯកសារ ហើយត្រូវរក្សាទុកនៅទីតាំងណាដែលងាយរកយកមកប្រើប្រាស់វិញក្នុងដំណាក់កាលបន្ទាប់ (យកល្អគួដាក់នៅក្នុងកញ្ចប់ (Folder) ជាមួយគ្នាសម្រាប់រាល់ការវិភាគ CFA SEM) → រួចហើយចុច **[Save]** (ដ្យាក្រាម១៧-៧)។ រួចហើយអ្នកនឹងទទួលបាននូវផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយទៀតដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-៨។



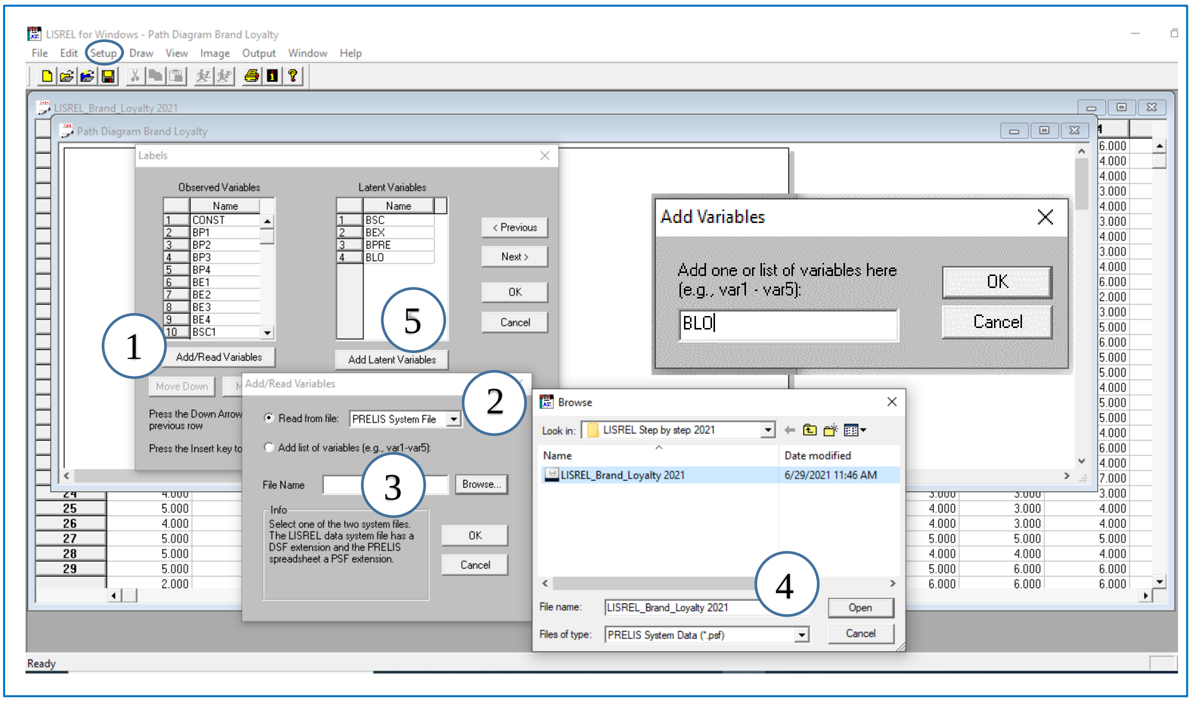
ដ្យាក្រាម១៧.៧. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA

- **រៀបចំបង្កើតអថេរស្រាវជ្រាវ និងកម្រងសំណួរ (Setup research variables and measured items)៖** អ្នកត្រូវរៀបចំបង្កើអថេរស្រាវជ្រាវ និងកម្រងសំណួរឱ្យបានរួចរាល់ជាមុន ដើម្បីងាយស្រួលក្នុងការយកកូដរបស់សំណួរទាំងនោះមកប្រើសម្រាប់គូសដ្យាក្រាមរបស់ CFA និង SEM។ អ្នកអាចអនុវត្តតាមជំហានដូចខាងក្រោមនេះ៖

    - នៅលើ Toolars អ្នកជ្រើសរើសយក **[Setup]** → **[Variables]** → ជ្រើសរើស **[Add/Red Variables]** → ចុចយក **[PRELIS System File]** (ពីកន្លែងដែលមានពាក្យ [Read from file]) → **[Browse]** → ត្រូវរកឈ្មោះឯកសារដែលបានរក្សាទុក **[LISREL_Brand_Loyalty 2021.psf]** នៅក្នុងអំឡុងពេលដែលអ្នកបានអនុវត្តនៅចំណុខាងលើ → ចុចលើ **[Open]** → និងចុច **[OK]** ។

    - រួចហើយចុចលើ **[Add Latent Variables]** → ហើយបន្ទាប់មក អ្នកត្រូវវាយឈ្មោះរបស់អថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យទាំង 4 ខាងលើជាអក្សរកាត់នៃភាសាអង់គ្លេស ដោយប្រុងប្រយ័ត្នបំផុត ពោលគឺមិនត្រូវមានខុសសូម្បីមួយអក្សរ ទើបកម្មវិធីអាចអានយល់បានសម្រាប់

ធ្វើការវិភាគទិន្នន័យ។ ឧទាហរណ៍ដូចជា "Brand Prestige: **BPRE**" "Brand Experience: **BEX**" "Brand Source Credibility: **BSC**" និង"Brand Loyalty: **BLO**" រួចហើយចុចលើ **[OK]** (ដ្យាក្រាម១៧-៨) ជាដើម។

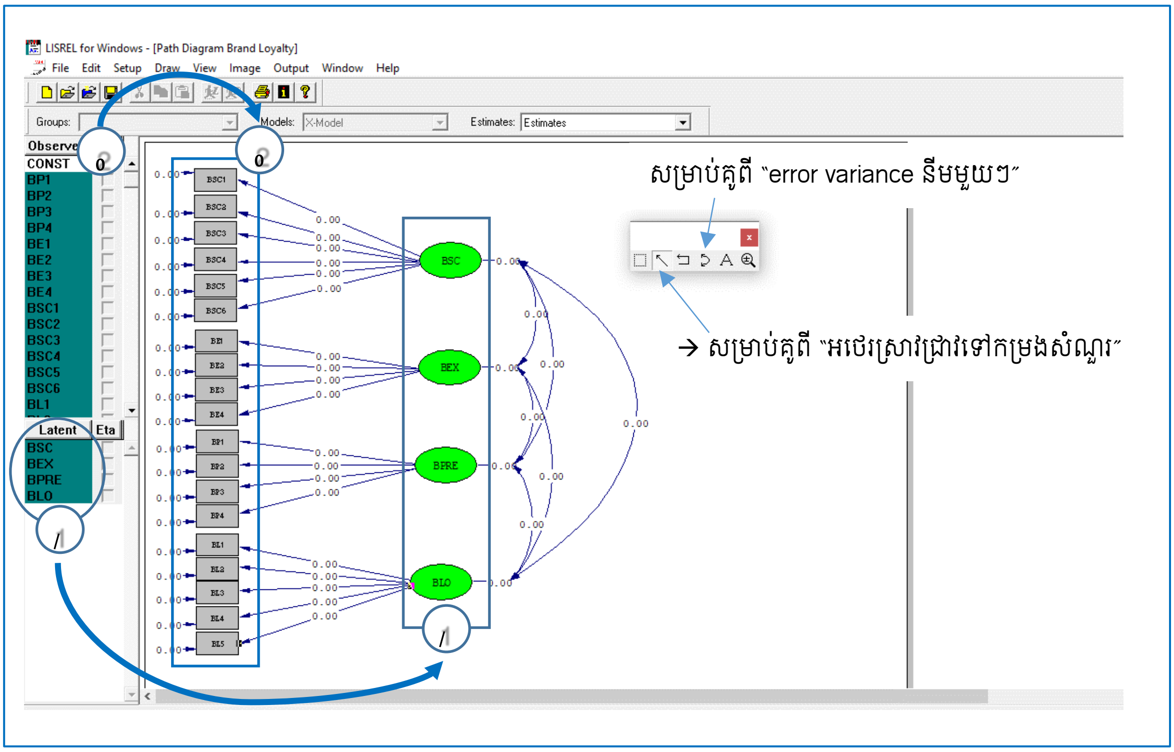


ដ្យាក្រាម១៧.៨. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA

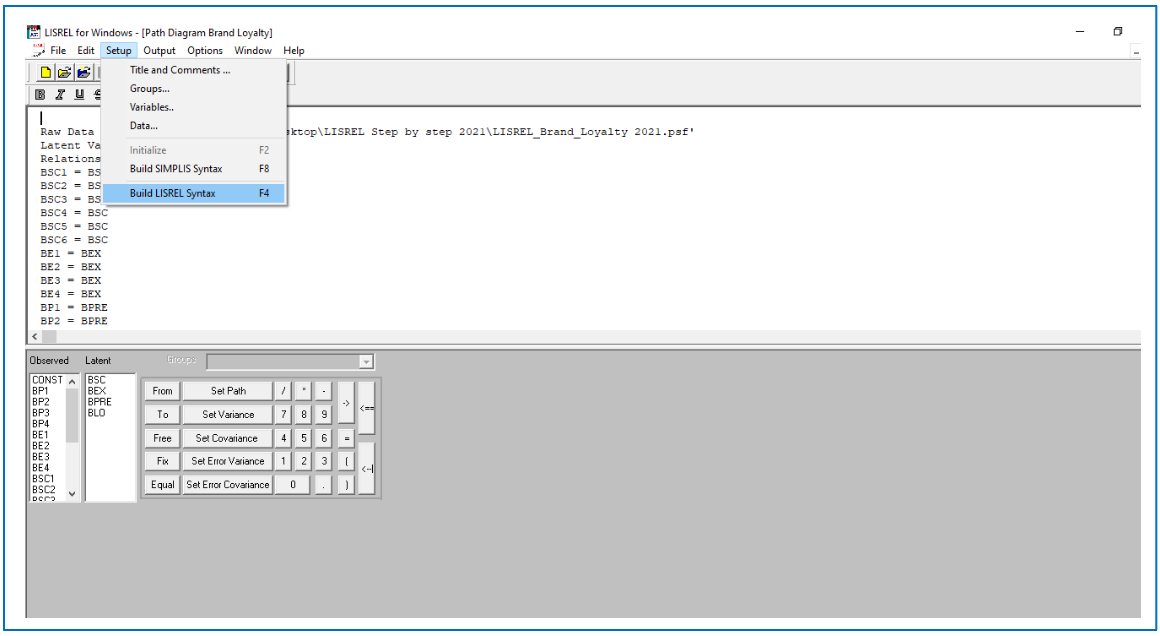
- **បង្កើតដ្យាក្រាមរបស់ CFA (Draw Diagram of CFA)៖**

ក្រោយពីអនុវត្តតាមជំហានដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៧-៨ខាងលើរួចហើយ យើងទទួលបានផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយទៀតសម្រាប់គូសដ្យាក្រាម CFA (មេរៀននេះបង្ហាញតែលទ្ធផលនៃម៉ូដែលកត្តាវិភាគលំដាប់ទី2 (Second-ordered factor model) តែប៉ុណ្ណោះ (ដ្យាក្រាម១៧-៩)។

  - ក្នុងជំហាននេះ ដំបូង អ្នកត្រូវយកពាក្យអថេរកាត់ ឬជាកូដដែលកំណត់ខាងលើរបស់អថេរនីមួយៗដែលបានបង្ហាញនៅក្រោមជ្រុងឆ្វេងដៃ (ដ្យាក្រាមទី17-9) មកគូស លើផ្ទៃខាងស្តាំម្តងមួយៗនៃអថេរទាំង 4 ដោយគ្រាន់តែចាប់ដាក់លើផ្ទៃនោះជាការស្រេច។ បន្ទាប់មក អ្នកចាប់ផ្តើមចាប់យកព័ត៌មានរបស់កម្រងសំណួរនីមួយៗ ដែលជាកម្មសិទ្ធិរបស់អថេរនីមួយៗទៅដាក់តាមលំដាប់របស់វា។ ក្រោយមក អ្នកយកសញ្ញាព្រួញដែលមានក្បាលមួយមកភ្ជាប់រវាងអថេរស្រាវជ្រាវទៅនឹងកម្រងសំណួរទៅតាមទីតាំងរបស់វារៀងៗខ្លួន។
  - ដើម្បីគណនាចម្លើយរបស់ CFA អ្នកត្រូវចុចលើពាក្យ [Setup] → ហើយជ្រើសរើសយក [Build SIMPLIS Syntax] រួចចុចលើពាក្យឬសញ្ញា [Run LISREL] (ដ្យាក្រាម១៧-១០)។ អ្នកនឹងទទួលបានចម្លើយរបស់ CFA នៅលើផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយផ្សេងទៀត។



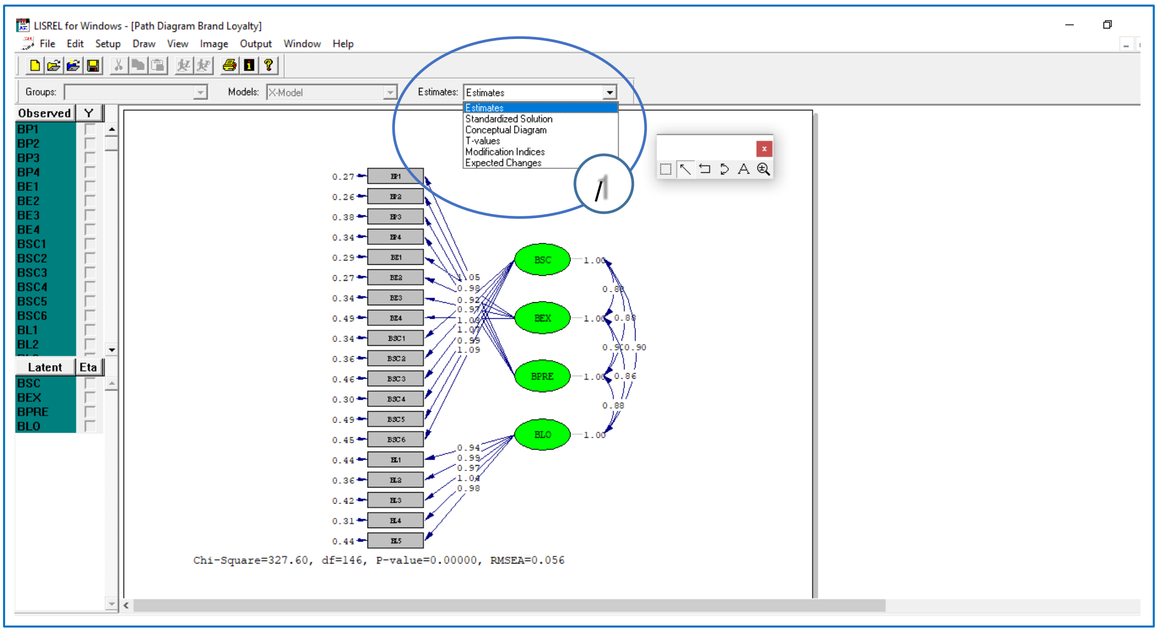
ដ្យាក្រាម១៧.៩. ការបង្កើតក្រាប ឬដ្យាក្រាមសម្រាប់ CFA



ដ្យាក្រាម១៧.១០. Run Data (បង្កើតលទ្ធផលតាម CFA)

ជំហានទី4៖ ការរៀបចំតារាងលទ្ធផលតាម CFA

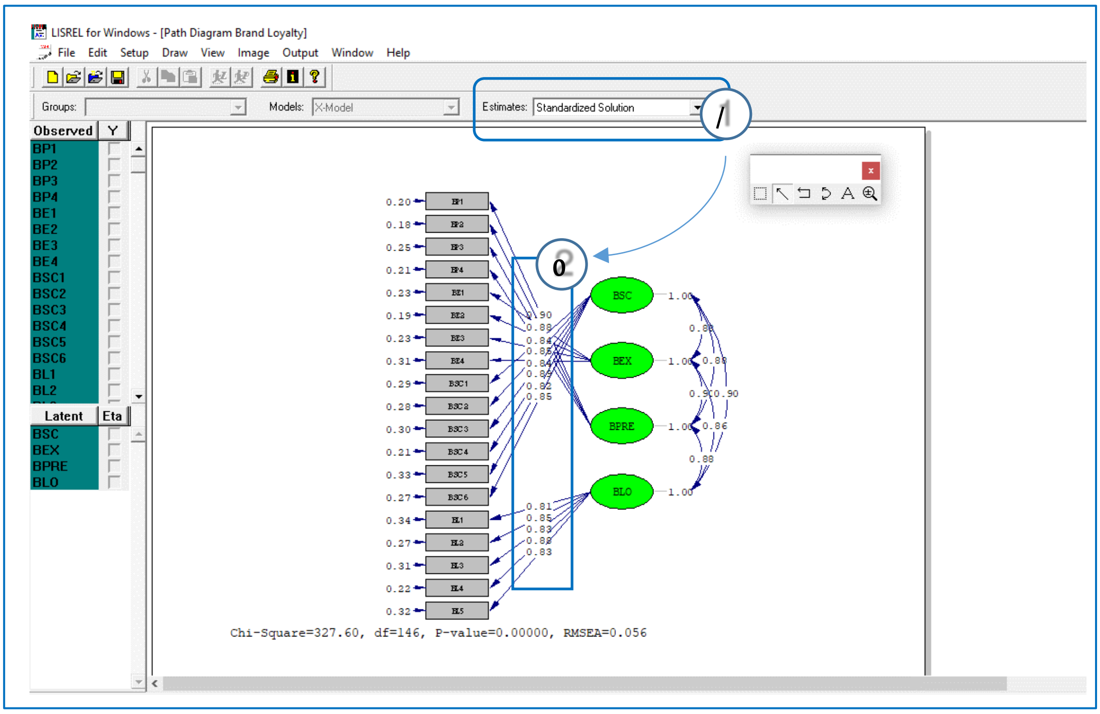
ក្រោយពីការចុចលើពាក្យ [Run LISREL] យើងទទួលបាននូវផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១១ ហើយយើងអាចយកលទ្ធផលនេះមករៀបចំជាតារាងលទ្ធផល ពីព្រោះវាជួយអ្នកអានឱ្យងាយយល់ ហើយអ្នកខ្លួនឯងក៏ងាយស្រួលក្នុងការបកស្រាយលទ្ធផលផងដែរ។ ដ្យាក្រាម១៧-១១ ខាងក្រោមនេះបង្ហាញពីលទ្ធផលនៃម៉ូដែលកត្តាវិភាគលំដាប់ទី2 (Second-ordered factor model) តាម CFA ។



ដ្យាក្រាម១៧.១១. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម

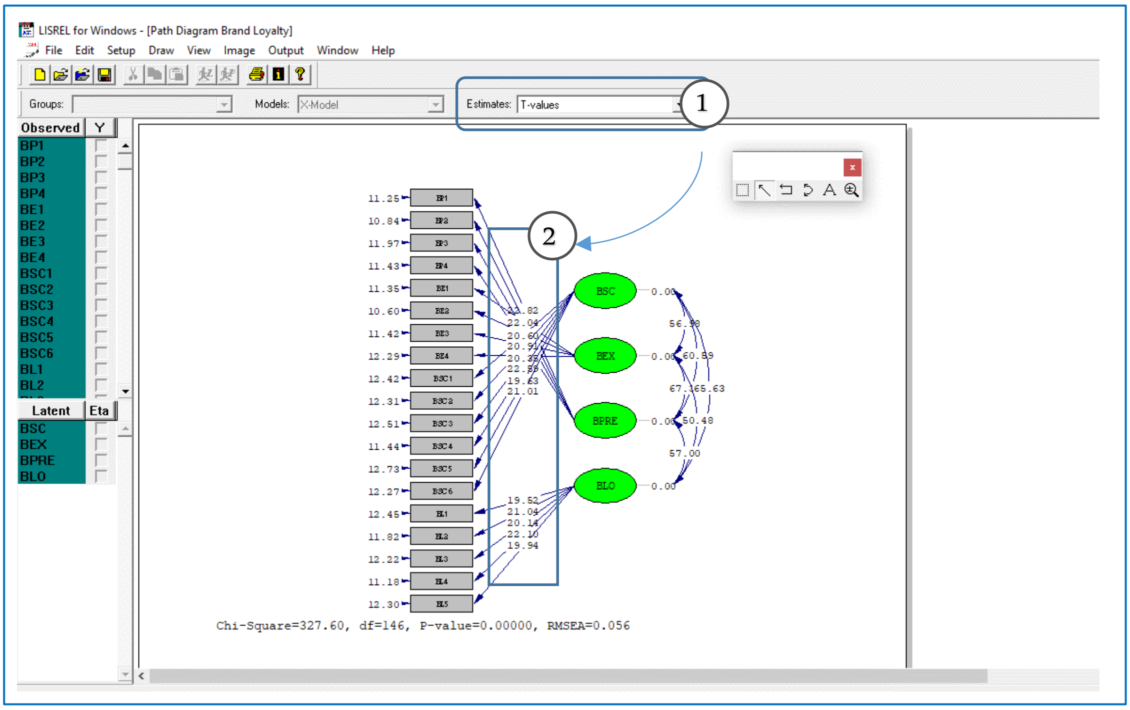
ត្រង់ពាក្យ **[Estimates: ការប៉ាន់ស្មាន]** ខាងលើ យើងអាចជ្រើសរើសមុខងារនីមួយៗរបស់វាដូចតទៅ៖

- Standardized Solution (**ដំណោះស្រាយស្តង់ដារ**): មុខងារនេះគឺបង្ហាញពីពិន្ទុនៃកម្រងសំណួរនីមួយៗដែលត្រូវមានតម្លៃ λ (Standardized Loading Estimes) ត្រូវធំជាង 0.70 (ដ្យាក្រាម១៧-១២)។ ហើយប្រសិនបើកម្រងសំណួរណាមួយមានតម្លៃ $\lambda < 0.70$ គឺអ្នកត្រូវលុបវាចេញ ដូចដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១០ ហើយបន្ទាប់មកអ្នកត្រូវចុចលើ [Run LISREL] ដើម្បីទទួលបាននូវចម្លើយថ្មីក្រោយពីមានការកែប្រែ។



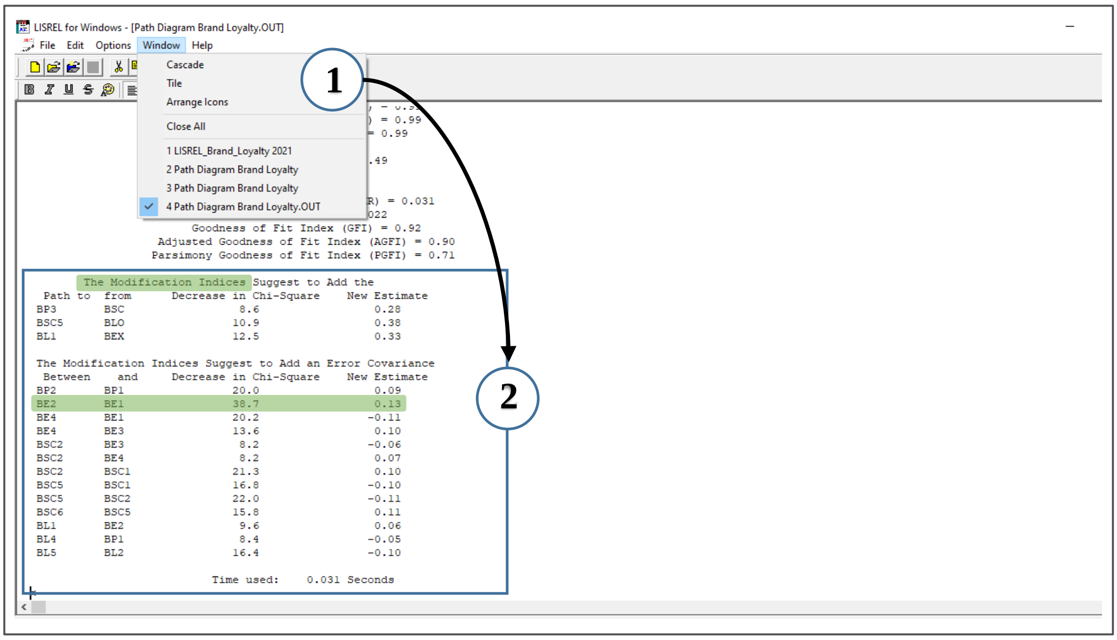
ដ្យាក្រាម១៧.១២. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (Standardized Solution)

- នៅពេលដែលអ្នកជ្រើសរើសមុខងាររបស់ t-values អ្នកត្រូវត្រួតពិនិត្យតម្លៃ ទាំង t-value និងទាំង p-value។ តម្លៃ t-value ត្រូវតែធំជាង 1.96 (t-value > 1.96) និង តម្លៃ p-value ត្រូវតែតូចជាង 0.05 (p-value < 0.05) ពីទំនាក់ទំនងរវាងពីអថេរស្រាវជ្រាវទៅនឹងកម្រងសំណួរដែលត្រូវបានយកមកសិក្សា។ ដូចគ្នាដែរ ប្រសិនបើសំណួរណាមានតម្លៃ t-value < 1.96 អ្នកត្រូវលុបសំណួរនោះចោល (ដ្យាក្រាម១៧-១៣)។

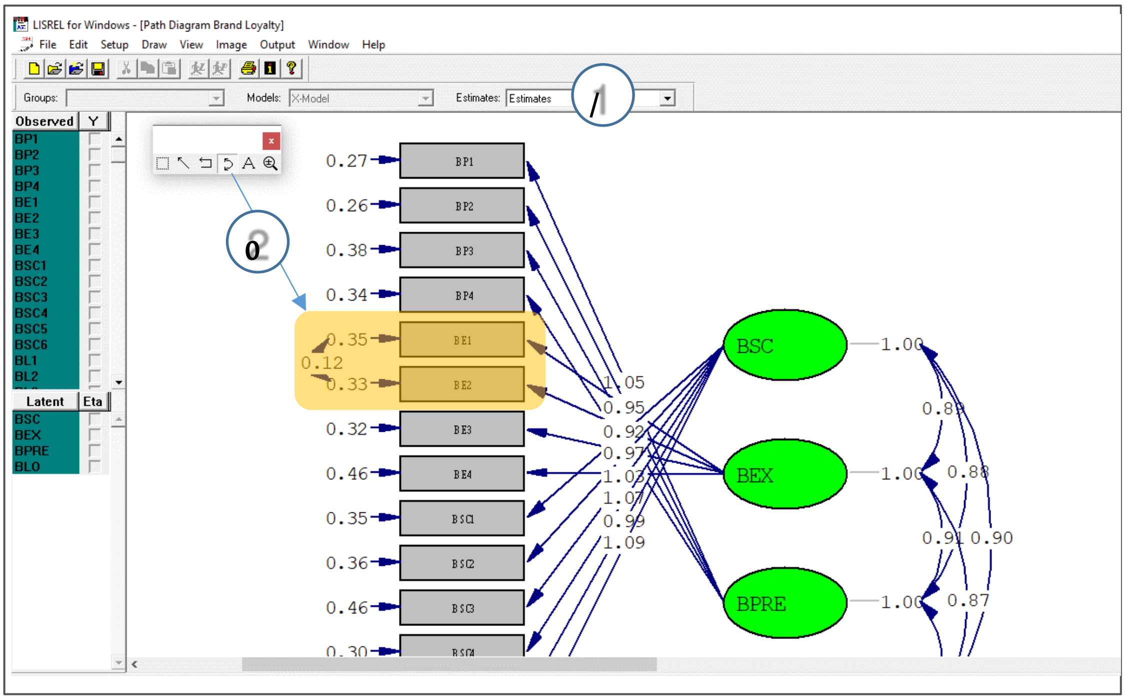


ដ្យាក្រាម១៧.១៣. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (T-values)

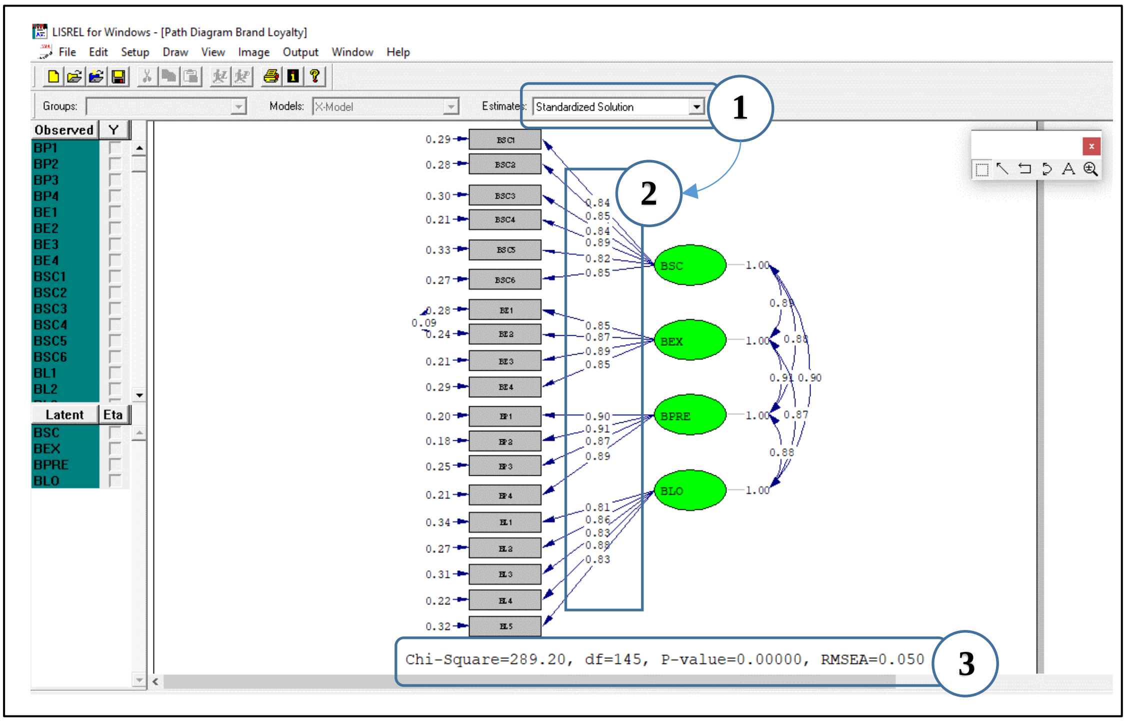
- **សន្ទស្សន៍កំណែសម្រួល (Modification Indices)៖** សន្ទស្សន៍នេះអាចជួយដល់អ្នកស្រាវជ្រាវកែសម្រួលទិន្នន័យដើម្បីឱ្យតម្លៃសូចនាករមួយចំនួនដូចជា GFI, AGFI, CFI, NFI, និង t-value កាន់តែធំទើបប្រសើរ រីឯតម្លៃរបស់ p-value និង RMSEA កាន់តែតូចកាន់តែប្រសើរ។ តាមនីតិវិធីនេះ អ្នកត្រូវមើល "សន្ទស្សន៍កំណែសម្រួល (Modification Indices)" នៅក្នុងផ្ទាំងលទ្ធផលថ្មីរបស់ CFA។ បន្ទាប់មក អ្នកត្រូវចុចលើ Windows ដែលមាននៅលើ Toolbars របស់ LISRE ហើយរកមើលពាក្យ "Path Diagram Brand Loyalty.**OUT**" ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១៤។ ដើម្បីរកតម្លៃសន្ទស្សន៍កំណែសម្រួល (Modification Indices) អ្នកត្រូវទាញផ្ទាំង Windows ចម្លើយមកខាងក្រោមគេបំផុត នោះអ្នកនឹងឃើញវា (ដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១៤) ហើយត្រូវរកមើលតម្លៃ ដែលណែនាំឱ្យកែសម្រួលទិន្នន័យតាមរយៈសន្ទស្សន៍កំណែសម្រួលនេះ ដោយផ្តោតលើតម្លៃដែលធំជាងគេ។ ឧទាហរណ៍៖ BE_2 < -- > BE_1 = 38.7 ដែលយើងត្រូវយកមកធ្វើការកែតម្រូវក្នុងជំហានខាងក្រោម៖
    - ចំណុចនេះ យើងត្រូវ ជ្រើសរើស [Estimates] ជាមុនសិន ដើម្បីចាប់ផ្តើមភ្ជាប់ទំនាក់ទំនងរវាង BE_2 និង BE_1 ដែលត្រូវបានគេហៅថា "បម្រែបម្រួលរួម(Covariance)"។ បន្ទាប់មក ត្រូវរកមើលសញ្ញាព្រួញដែលមានក្បាលពីរដោយបង្ហាញនូវពាក្យ "បម្រែបម្រួលនៃកំហុសឬភាពល្អៀង (Error Covariance)" ឬ "ទំនាក់ទំនងកត្តា (factor correlation)" ហើយចាប់យកព្រួញនេះគូសឱ្យជាប់លើ "បម្រែបម្រួលនៃកំហុសឬភាពល្អៀង (Error Covariance)" របស់ BE_2 និង BE_1 ដូចក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១៥។ បន្ទាប់មកទៀត អ្នកចុចវិភាគទិន្នន័យ [Run LISREL] ជាថ្មី ដើម្បីទទួលនូវចម្លើយចុងក្រោយ។
    - ក្រោយពីការកែសម្រួល Modification Indices របស់ BE_2 និង BE_1 យើងទទួលបាននូវចម្លើយថ្មីចុងក្រោយដូចបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-១៦។ ដំបូង អ្នកត្រូវជ្រើសរើសរក [Standardized Solution] ជាមុនសិន ដើម្បីមើលតម្លៃ λ នៃអថេរស្រាវជ្រាវ និងសំណួរនីមួយៗដូចភ្ជាប់ជាមួយនូវចំណុច ខាងលើ។ បើយើងធ្វើការប្រៀបធៀបលទ្ធផលមុនពេល និងក្រោយពេលកែសម្រួលទិន្នន័យរវាងដ្យាក្រាម១៧-១២ និង១៧-១៦ យើងឃើញថា ដ្យាក្រាម១៧-១៦ បង្ហាញតម្លៃឆាយស្ក្វែរ Chi-square = 289.20, កម្រិតនៃភាពសេរី (Degree of freedom) df = 145, p-value = 0.0000, RMSEA = 0.050។ រីឯដ្យាក្រាម១៧-១២ បង្ហាញតម្លៃឆាយស្ក្វែរ Chi-square = 327.60, df=146, p-value = 0.0000, RMSEA = 0.056។ សម្រាប់គោលការណ៍កំណត់ចំពោះតម្លៃ $\chi^2/_{\mathrm{df}}$ សម្រាប់វាយតម្លៃលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវគឺ $\chi^2/_{\mathrm{df}} < 2.50$ ។ តម្លៃដំបូងរបស់ $\chi^2/_{\mathrm{df}}$ មុនពេលកែសម្រួលគឺ $\chi^2/_{\mathrm{df}} = \frac{327.60}{146} = 2.244$ ហើយតម្លៃរបស់ $\chi^2/_{\mathrm{df}}$ បន្ទាប់ពីបានការកែសម្រួលហើយគឺ $\chi^2/_{\mathrm{df}} = \frac{289.20}{145} = 1.994$ ។ យើងឃើញថា $\chi^2/_{\mathrm{df}}$ មានតម្លៃទាបជាងអ្វីដែលយើងបានធ្វើការកែសម្រួល។ ចំពោះតម្លៃរបស់ RMSEA = 0.050 ក៏ទាបជាងជំហានដែលយើងមិនទាន់មានការកែសម្រួលដែរ។ ដូច្នេះ យើងសម្រេចយកលទ្ធផលចុងក្រោយនេះធ្វើជារបាយការណ៍ និងរៀបចំតារាងបង្ហាញអ្នកអានដូចខាងក្រោម។



ដ្យាក្រាម១៧.១៤. លទ្ធផលរបស់ CFA ជាដ្យាក្រាម (Modification Indices)



ដ្យាក្រាម១៧.១៥. សន្ទស្សន៍កំណែសម្រួល (Modification Indices): BE_2 និង BE_1



ដ្យាក្រាម១៧.១៦. លទ្ធផលចុងក្រោយបន្ទាប់ពីកែសម្រួលរួច: BE_2 និង BE_1 (Standardized Solution)

ជំហានទី5៖ ការបកស្រាយលទ្ធផលរបស់ CFA

តាមលទ្ធផលដែលបានវិភាគ យើងអាចធ្វើតារាងសង្ខេបលទ្ធផលបានដូចខាងក្រោម ហើយលទ្ធផលទាំងនេះត្រូវធ្វើការដកស្រង់ចេញដ្យាក្រាមពី១៧-១៦ ដល់ដ្យាក្រាម១៧-១៨។ ប៉ុន្តែ ចំពោះតម្លៃកំហុសមធ្យម (Average Variance Extracted) ដែលហៅកាត់ថា "AVE" និង តម្លៃជឿជាក់រួម (Composite Reliabitiy) ដែលហៅកាត់ថា "CR" ត្រូវបានគណនាតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

- AVE = $\frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i^2}{n}$ (1)
- CR = $\frac{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2+(\sum_{i=1}^{n}\delta_i)}$ (2)

ដែល៖

- n គឺជាចំនួនសរុបនៃសំណួរក្នុងអថេរស្រាវជ្រាវនីមួយៗ
- λ_i គឺជាពិន្ទុប៉ាន់ស្មានស្តង់ដាររវាងអថេរស្រាវជ្រាវនិងសំណួរនីមួយៗ (Standardized Loading Estimates)
- δ_i គឺជាតម្លៃនៃ "ការប៉ាន់ស្មានបម្រែបម្រួលកំហុស (Error variance estimates)" ដែលអាចដកស្រង់ចេញពីដ្យាក្រាមទី17-16 ខាងលើ។

មេរៀននេះសូមធ្វើការបង្ហាញពីរបៀបគណនារកតម្លៃរបស់ AVE និង CR ដូចខាងក្រោម៖

- តាមសមីការទី1 យើងអាចគណនាតម្លៃ AVE របស់ (Brand Source Credibility)៖

AVE = $\frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i^2}{n} = \frac{(.84)^2+(.85)^2+(.84)^2+(.89)^2+(.82)^2+(.85)^2}{6} = \mathbf{0.720}$

ដូច្នេះ AVE = 0.720 គឺជាតម្លៃរបស់អថេរស្រាវជ្រាវ "Brand Source Credibility"។

- តាមសមីការទី2 យើងអាចគណនាតម្លៃ CR របស់ (Brand Source Credibility)៖

$$CR = \frac{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i)^2+(\sum_{i=1}^{n}\delta_i)} = \frac{(.84+.85+.84+.89+.82+.85)^2}{(.84+.85+.84+.89+.82+.85)^2+[(.29)+(.28)+(.30)+(.21)+(.33)+(.27)]}$$

CR = 0.939 ដែលជាតម្លៃរបស់អថេរស្រាវជ្រាវ "Brand Source Credibility" ។

សម្រាប់ការបកស្រាយលទ្ធផលនេះ អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវត្រូវមើលសូចនាករមួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

- **ពិន្ទុប៉ាន់ស្មានស្តង់ដារ (Standardized Loading Estimates) λ > 0.70** ៖ តាមការកំណត់របស់អ្នកស្រាវជ្រាវបានណែនាំថា ដើម្បីឱ្យកម្រិតសពុលភាព (validity) និងកម្រិតជឿជាក់ (reliability) សម្រាប់ដំណាក់កាលរៀបចំតេស្តសម្មតិកម្មវិភាគទិន្នន័យកាន់តែមានភាពរឹងមាំ និងទទួលបានលទ្ធផលល្អ តម្លៃ λ សម្រាប់សំណួរនីមួយៗត្រូវធំជាង 0.70។ ផ្ទុយទៅវិញ ប្រសិនបើសំណួរណាមួយដែលមាន λ < 0.70 អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចលុបវាចេញពី CFA ហើយ សំណួរទាំងឡាយណាដែលនៅសល់ជាផ្លូវការក្នុងដំណាក់កាល CFA ត្រូវយកទៅអនុវត្តក្នុងដំណាក់នៃការតេស្តសម្មតិកម្មនៃ SEM។ លទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនេះបានបង្ហាញថា គ្រប់សំណួរទាំងអស់សុទ្ធតែមានតម្លៃ λ គឺធំជាង 0.70 ឬ ធំជាង 70% ហើយក៏ពុំមានសំណួរណាមួយត្រូវបានលុបចេញពីបញ្ជីនោះដែរ។ ដូច្នេះ សំណួរទាំងអស់នេះនឹងត្រូវបានយកទៅប្រើក្នុងដំណាក់កាលនៃ SEM (Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- **t-value > 1.96 (ចំពោះ p-value < 0.05)**៖ តម្លៃនេះគឺជាលក្ខខណ្ឌនៃការធ្វើ t-test ដើម្បីទទួលបានកម្រិតជឿជាក់អប្បបរមា 95% (Confident Interval)។ លក្ខខណ្ឌនេះកំណត់ថា t-value ត្រូវមានតម្លៃធំជាង 1.96 (t-value > 1.96) ហើយតម្លៃ p-value ត្រូវតែតូចជាង 0.05 (p-value < 0.05)។ តម្លៃរបស់វាត្រូវបានវាស់វែងរវាងអថេរស្រាវជ្រាវទៅនឹងកម្រងសំណួរនីមួយៗសម្រាប់ CFA និង ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យសម្រាប់ SEM (Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- តម្លៃ**បម្រែបម្រួលមធ្យម (Average Variance Extracted) ហៅកាត់ថា "AVE"៖**

- **AVE** គឺរង្វាស់នៃកម្រិតសុពលភាព (validity) នៃការរួមបញ្ចូលគ្នារវាងសូចនាករក្នុងកម្រងសំណួរទាំងអស់របស់អថេរស្រាវជ្រាវនីមួយៗ។ តម្លៃនេះគិតជាមធ្យមត្រូវធំជាង 0.50 (**AVE > 0.50**) ទើបអាចយកជាការបាន។ AVE គឺជាវិធីសម្រាប់បញ្ជាក់បន្ថែមលើតម្លៃពិន្ទុប៉ាន់ស្មាន λ ដែលត្រូវតែធំជាង 0.70។ ប្រសិនបើតម្លៃ λ < 0.70 នោះតម្លៃ AVE គឺត្រូវតែតូចជាង 0.50 ដែលមានន័យថា កម្រងសំណួររបស់អ្នកពុំមានសុពលភាព (validity) គ្រប់គ្រាន់ទេ (Fornell & Larcker, 1981; J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- តម្លៃនៃភាពជឿជាក់រួម (Composite reliability) ហៅកាត់ថា "CR"៖

តម្លៃនៃភាពជឿជាក់រួម "CR" អាចមានន័យថា "ភាពជឿជាក់លើទស្សនៈនៃការស្រាវជ្រាវទាំងមូល (Construct reliability)" ក៏បានដែរ។ វាគឺជាតម្លៃនៃភាពអាចជឿជាក់និងភាពស្ថិតស្ថេរផ្ទៃក្នុងរួមនៃអថេរដែលទទួលបានពីការវាស់កម្រិតជឿជាក់នៃអថេរស្រាវជ្រាវនីមួយៗ។ គេអាចសន្និដ្ឋានថា សំណួរដែលអ្នកបានបង្កើតសម្រាប់ជាសូចនាករវាស់វែងឱ្យអថេរស្រាវជ្រាវ (Research constructs/ research

variables) អាចចាត់ទុកជាបានការ និងមានភាពជឿជាក់បាន លុះត្រាតែតម្លៃ "CR" នេះធំជាង 0.70 ឬ 70% (CR > 0.70) (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- **$\chi^2/_{df}$ < 2.50៖** តម្លៃនេះគឺជាផលធៀបរវាងតម្លៃតេស្តឆាយស្ទ្វែរ Chi-square (χ^2) និងកម្រិតនៃភាពសេរី (Degree of Freedom) ដែលហៅកាត់ថា "df"។ តម្លៃនេះត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះចាប់ពី 2.0 ទៅ 3.0។ ឯកសារមួយចំនួនបានកំណត់តម្លៃនេះតូចជាង 2.0 ហើយឯកសារខ្លះអះអាងថាត្រូវមានតម្លៃតូចជាង 3.0 ប៉ុន្តែជាបទពិសោធន៍នៃការស្រាវជ្រាវនិងការវិភាគទិន្នន័យជាង10ឆ្នាំកន្លងមក ខ្ញុំអាចកំណត់ថា $\chi^2/_{df}$ អាចតូចជាង 2.50 ព្រោះលទ្ធផល ដែលនឹងត្រូវបានបង្ហាញ អាចអាស្រ័យលើទំហំសំណាកធំ ឬតូច ហើយក៏អាស្រ័យលើតម្លៃ p-value < 0.05 ផងដែរ។ (សូមមើលព័ត៌មានបន្ថែមស្ដីពីការជជែកលើបញ្ហានេះពីអ្នកស្រាវជ្រាវពីរនេះ៖ *J. F. Hair-Jr et al.,* 2019*; Thakkar,* 2020)។

- **ភាពល្អប្រសើរនៃសន្ទស្សន៍សមរម្យ (Goodness of Fit Index)** ដែលហៅកាត់ថា **"GFI"**៖

  ភាពល្អប្រសើរនៃសន្ទស្សន៍សមរម្យ (GFI) នៃគំរូស្ថិតិពណ៌នាអំពីកម្រិតនៃភាពសមរម្យទៅនឹងសំណុំនៃការសង្កេតលើទំហំសំណាកដែលបានយកមកសិក្សា។ តម្លៃ GFI អាចមានក្នុងចន្លោះពី 0 ទៅ 1។ កាលណាតម្លៃ GFI នេះកាន់តែខិតជិត 1មានន័យថា ភាពល្អប្រសើរមានកម្រិតកាន់តែខ្ពស់។ កាលពីមុន GFI ដែលលើសពី 0.90 ជាធម្មតា ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាល្អ។ ប៉ុន្តែបច្ចុប្បន្ននេះ អ្នកស្រាវជ្រាវដូចជា (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020) បានអះអាងថា គេគួរតែយកតម្លៃ GFI ធំជាងឬស្មើនឹង 0.95 (GFI ≥ 0.95) ទើបលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវកាន់តែប្រសើរថែមទៀត។

- **ភាពល្អប្រសើរនៃសន្ទស្សន៍សមរម្យដែលកែសម្រួលហើយ (Adjusted Goodness of Fit Index)** ដែលហៅកាត់ថា **"AGFI"**៖ តម្លៃ AGFI នេះត្រូវធំជាងឬស្មើនឹង 0.90 (AGFI ≥ 0.90)។ ក្នុងការកែសម្រួលភាពល្អប្រសើរនៃសន្ទស្សន៍សមរម្យ គេព្យាយាមគិតពីភាពខុសគ្នានៃសំណាកដែលមានលក្ខណៈស្មុគស្មាញ។ តម្លៃ AGFI ជាធម្មតាត្រូវទាបជាងតម្លៃ GFI អាស្រ័យដោយភាពស្មុគស្មាញនៃទំហំសំណាក។ គ្មានការធ្វើតេស្តស្ថិតិណាមួយត្រូវបានផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹង AGFI នេះទេ។ ដូចគ្នានឹង GFI ដែរ AGFI មិនសូវត្រូវបានគេប្រើជាញឹកញាប់ដើម្បីបញ្ជាក់ការពេញចិត្តនឹងសូចនាករផ្សេងទៀតដែលមិនរងឥទ្ធពលពីទំហំ និងភាពស្មុគស្មាញនៃសំណាកនោះទេ (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016)។

- សន្ទស្សន៍សមរម្យធៀប (Comparative Fit Index) ហៅកាត់ថា "CFI"៖

  សន្ទស្សន៍សមរម្យធៀប CFI គឺជាសន្ទស្សន៍បន្ថែមលើអ្វីដែលជាភាពសមរម្យនៃសន្ទស្សន៍សមរម្យធម្មតា (NFI)។ តម្លៃស្តង់ដារនៃសន្ទស្សន៍ CFI ត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះ 0 និង 1 ។ កាលណាតម្លៃនៃសន្ទស្សន៍ CFI កាន់តែខិតទៅជិត 1 មានន័យថាលទ្ធផលស្រាវជ្រាវកាន់តែមានភាពល្អប្រសើរ។ ជាទូទៅ គេសង្កេតឃើញថា សន្ទស្សន៍ CFI ត្រូវមានតម្លៃអប្បរមា 0.95 ហើយប្រសិនបើ CFI មានតម្លៃធំជាង 0.95 គឺកាន់តែប្រសើរ (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- សន្ទស្សន៍សមរម្យធម្មតា (Normed Fit Index) ហៅកាត់ថា "NFI" ≥ 0.95៖ តម្លៃខ្ពស់របស់សន្ទស្សន៍ NFI គឺជាតំណាងឱ្យភាពល្អប្រសើរជាងមុនរបស់ទិន្នន័យ។ NFI ត្រូវបានកំណត់ជាស្តង់ដារដោយតម្លៃ

របស់វាត្រូវស្ថិតក្នុងចន្លោះពី 0 ទៅ 1។ កាលណាតម្លៃនៃសន្ទស្សន៍ NFI កាន់តែខិតទៅជិត 1 មានន័យថា លទ្ធផលស្រាវជ្រាវកាន់តែមានភាពល្អប្រសើរ។ ជាទូទៅ គេសង្កេតឃើញថា សន្ទស្សន៍ NFI ត្រូវមានតម្លៃអប្បរមា 0.95 ហើយប្រសិនបើ NFI មានតម្លៃធំជាង 0.95 គឺកាន់តែប្រសើរ (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

- តម្លៃមធ្យមឫសការ៉េនៃកម្រិតល្អៀងនៃកាប៉ាន់ស្មាន (Root Mean Square Error of Approximation) ដែលហៅកាត់ថា "RMSEA" < 0.08៖ RMSEA ត្រូវបានគេយកមកប្រើយ៉ាងទូលាយក្នុង CFA និង SEM ដើម្បីធ្វើការកែតម្រូវលើទំហំសំណាកដែលត្រូវបានប្រើជាមួយការធ្វើតេស្តឆាយស្វ៊ែរ (Chi-square test)។ RMSEA គឺជាទំហំមួយដែលត្រូវបានគេប្រើយ៉ាងទូលំទូលាយក្នុងការព្យាយាមកែតម្រូវទំនោរស្ថិតិ ដើម្បីឱ្យលទ្ធផលនៃការធ្វើតេស្តឆាយស្វ៊ែរមានភាពកាន់តែសមរម្យល្អ (Chi-square Goodness of fit) ដើម្បីបដិសេធម៉ូដែលដែលមានម៉ូដែលធំ ឬចំនួនអថេរដែលបានសង្កេត ។ RMSEA នេះមិនត្រឹមតែជាម៉ូដែលដែលត្រូវបានប្រើសម្រាប់ប៉ាន់ស្មានប៉ុណ្ណោះទេ វាក៏ជាតំណាងឱ្យសំណាកដែលត្រូវនឹងទំហំសាកលស្ថិតិ (population) ផងដែរ។ ទោះបីជាពេលខ្លះ ការស្រាវជ្រាវមុនៗបង្ហាញថា តម្លៃ RMSEA ស្ថិតនៅចន្លោះរវាង 0.05 និង 0.08 ក៏ដោយ។ តាមការអង្កេត តម្លៃរបស់ RMSEA ដែលអាចទទួលយកបានត្រូវស្ថិតនៅចន្លោះពី 0.03 ដល់ 0.08 ជាមួយនឹងកម្រិតជឿជាក់ 95% (Confident Interval) (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។
- តម្លៃមធ្យមនៃសំណល់ឫសការ៉េ **(Root Mean Square Residual) ដែលហៅកាត់ថា "RMR"**៖ RMR មានអត្ថន័យនៃការបកស្រាយដូចគ្នានឹង RMSEA ដែរ ប៉ុន្តែតម្លៃកំណត់របស់ RMR ត្រូវតូចជាង 0.05 (**RMR < 0.05**) (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។
- **p-value៖** តម្លៃរបស់ p សម្រាប់ម៉ូដែលរួមនៃការបញ្ចូលអថេរស្រាវជ្រាវរួមគ្នាគឺត្រូវតូចជាង 0.05 (p-value < 0.05) (J. F. Hair-Jr et al., 2019; Jöreskog et al., 2016; Kline, 2016; Thakkar, 2020)។

លទ្ធផលរបស់ CFA ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះបានបង្ហាញថា លទ្ធផលរបស់អថេរ និងសំណួរនីមួយៗគឺ៖ $\lambda > 0.70$, t-value > 1.96 (p-value < 0.001 ដែលតាងដោយ ***), AVE > 0.50, CR > 0.70, GFI > 0.90, AGFI ≥ 0.90, CFI > 0.95, NFI > 0.95, និង RMSEA < 0.08។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា មានភាពល្អប្រសើរបំផុតនៃម៉ូដែលស្ថិតិ (best fit model statistics) សម្រាប់អថេរស្រាវជ្រាវដែលត្រូវបានកំណត់នៅក្នុងក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវ (Conceptual framework)។ កាលណាមានគំរូល្អប្រសើរបំផុតនៅក្នុងដំណាក់កាលនៃ CFA នោះនៅដំណាក់កាលបន្ទាប់នៃការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ SEM ប្រាកដជានឹងទទួលបានលទ្ធផលល្អមិនខាន។ សរុបមក ចំនួនសំណួរដែលនៅសល់ក្នុងដំណាក់កាល CFA នឹងត្រូវបានយកទៅអនុវត្តសម្រាប់ SEM ទាំងស្រុង។

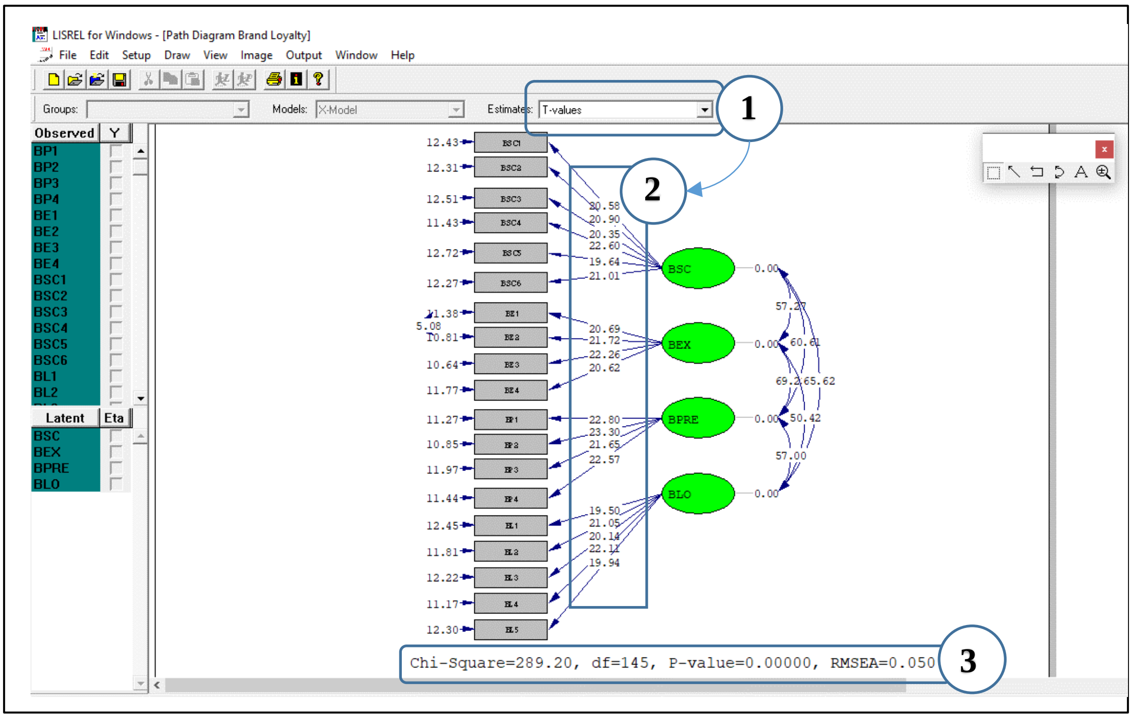
តារាង១៧.១. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ CFA

កូដ		អថេរស្រាវជ្រាវ	ពិន្ទុប៉ាន់ស្មាន (λ)	t-value	e.variance	AVE	CR
BSC1	←	Brand Source Credibility	0.84^{***}	20.58	0.29	**0.720**	**0.939**
BSC2	←	"ប្រភពជឿជាក់របស់ម៉ាក	0.85^{***}	20.90	0.28		
BSC3	←	យីហោ"	0.84^{***}	20.35	0.30		
BSC4	←		0.89^{***}	22.60	0.21		

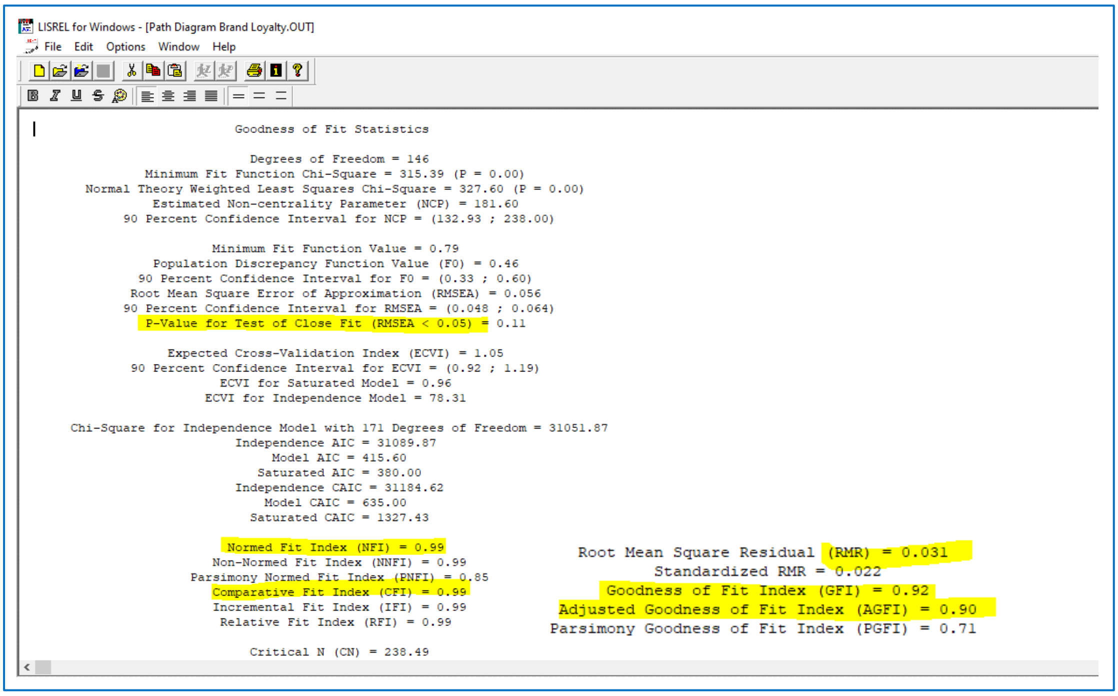
BSC5	←		0.82^{***}	19.64	0.33		
BSC6	←		0.85^{***}	21.01	0.27		
BE1	←	Brand Experience	0.85^{***}	20.69	0.28	**0.748**	**0.921**
BE2	←	"បទពិសោធន៍ម៉ាកយីហោ"	0.87^{***}	21.72	0.24		
BE3	←		0.89^{***}	22.26	0.21		
BE4	←		0.85^{***}	20.62	0.29		
BP1	←	Brand Prestige	0.90^{***}	22.80	0.2	**0.797**	**0.938**
BP2		"កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"	0.91^{***}	23.30	0.18		
BP3			0.87^{***}	21.65	0.25		
BP4			0.89^{***}	22.57	0.21		
BLO1	←	Brand Loyalty	0.81^{***}	19.50	0.34	**0.709**	**0.924**
BLO2	←	"ភក្តីភាពរបស់ម៉ាកយីហោ"	0.86^{***}	21.05	0.27		
BLO3	←		0.83^{***}	20.14	0.31		
BLO4	←		0.88^{***}	22.11	0.22		
BLO5	←		0.83^{***}	19.94	0.32		

Model Fit Statistics (ស្ថិតិសមនឹងម៉ូដែល)	Rule of Thumbs (តម្លៃកំណត់)
χ^2/D.F = (289.20/145) = 1.994	χ^2/D.F < 2.50
GFI = 0.92	GFI ≥ 0.90
AGFI = 0.90	AGFI ≥ 0.90
NFI = 0.99	NFI ≥ 0.95
CFI = 0.99	CFI ≥ 0.95
RMSEA = 0.05	RMSEA < 0.08
RMR = 0.031	RMR < 0.05

ចំណាំ៖ *** *p-value < 0.001 (significant level at 99%)*



ដ្យាក្រាម១៧.១៧. លទ្ធផលចុងក្រោយពីការកែសម្រួល: BE_2 និង BE_1 (T-value)


LISREL for Windows - [Path Diagram Brand Loyalty.OUT]

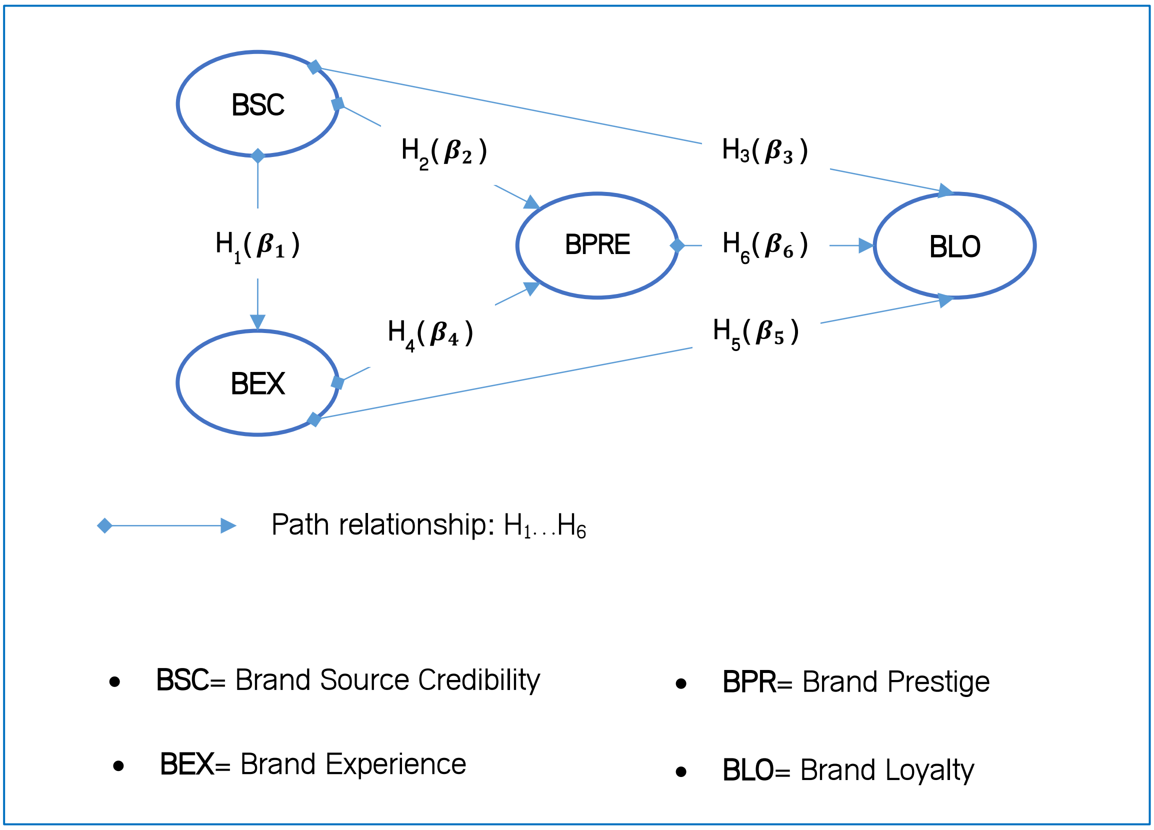
```
                              Goodness of Fit Statistics

                                Degrees of Freedom = 146
                   Minimum Fit Function Chi-Square = 315.39 (P = 0.00)
           Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 327.60 (P = 0.00)
                    Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 181.60
               90 Percent Confidence Interval for NCP = (132.93 ; 238.00)

                           Minimum Fit Function Value = 0.79
                   Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.46
                 90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.33 ; 0.60)
               Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.056
               90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.048 ; 0.064)
                 P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.11

                    Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 1.05
                90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.92 ; 1.19)
                          ECVI for Saturated Model = 0.96
                        ECVI for Independence Model = 78.31

     Chi-Square for Independence Model with 171 Degrees of Freedom = 31051.87
                              Independence AIC = 31089.87
                                   Model AIC = 415.60
                                 Saturated AIC = 380.00
                              Independence CAIC = 31184.62
                                  Model CAIC = 635.00
                                Saturated CAIC = 1327.43

                          Normed Fit Index (NFI) = 0.99
                       Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.99
                    Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.85
                       Comparative Fit Index (CFI) = 0.99
                       Incremental Fit Index (IFI) = 0.99
                        Relative Fit Index (RFI) = 0.99

                             Critical N (CN) = 238.49

                                 Root Mean Square Residual (RMR) = 0.031
                                          Standardized RMR = 0.022
                                 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.92
                          Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.90
                          Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.71
```

ដ្យាក្រាម១៧.១៨. លទ្ធផលរបស់ CFA ជា Output Windows សម្រាប់ម៉ូដែលស្ថិតិ

៤. ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) SEM)

ការបង្កើតម៉ូដែលសមីការរចនាសម្ព័ន្ធ (Structural Equation Modeling) ដែលហៅកាត់ថា "SEM" មានសភាពខុសគ្នាពី Measurement Model (ម៉ូដែលវាស់វែង) ឬការវិភាគកត្តាបញ្ជាក់(Confirmatory Factor Analysis) ដែលហៅកាត់ថា "CFA" ពីព្រោះ CFA សិក្សាអំពីបម្រែបម្រួលរួមគ្នា (covariance) រវាងអថេរស្រាវជ្រាវ (research variables or research cosntruct) និង សំណួរស្រាវជ្រាវ (research items) រីឯ ម៉ូដែល

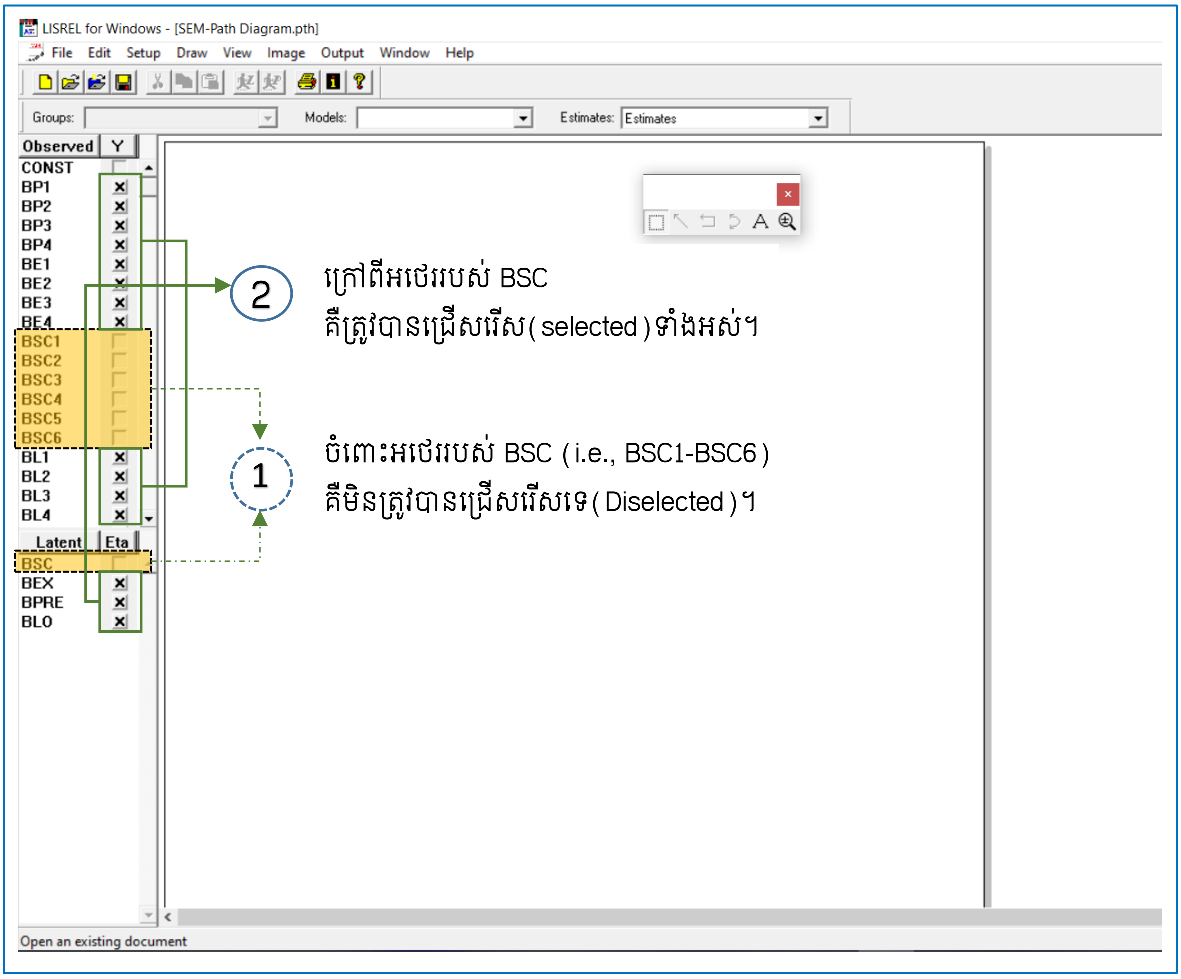
សមីការជារចនាសម្ព័ន្ធ (SEM) គឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មរវាងអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យ ដែលត្រូវបានគេហៅថា Path relationship (β: $Beta$) ដើម្បីរកមេគុណទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរ (β Correlation Coefficient) ដែលបង្ហាញពីភាពខ្លាំង ឬខ្សោយនៃទំនាក់ទំនងរវាងមុខងារនៃអថេរទាំងនោះ។ ហើយនីតិវិធីរបស់ SEM គឺជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មលើអថេរទាំងអស់រួមបញ្ចូលគ្នាព្រមពេលតែមួយ។ ដើម្បីងាយស្រួលពន្យល់ដល់អ្នកសិក្សា មេរៀននេះបានបង្កើតនូវ ម៉ូដែលរបស់ SEM ដូចបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាមទី17-19ខាងក្រោម៖



ដ្យាក្រាម១៧.១៩. គំរូរបស់ Structural Equation Modeing (SEM)

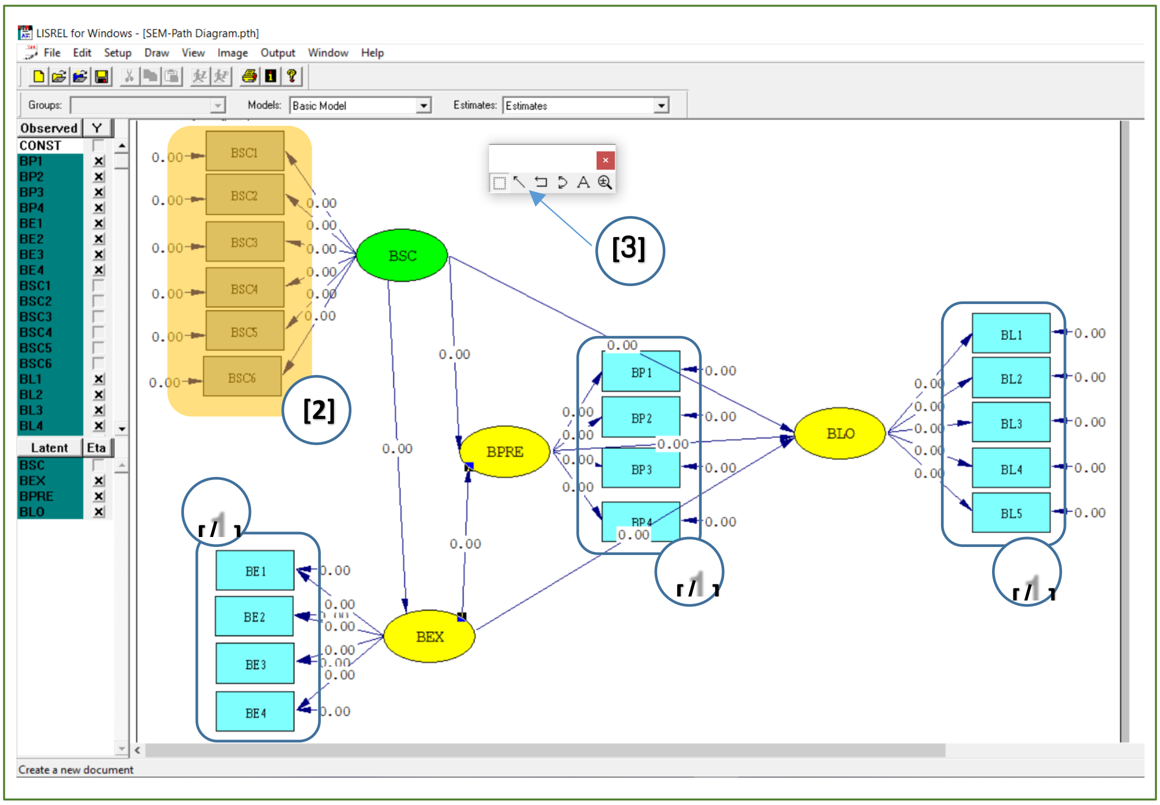
ជំហាននៃការអនុវត្ត SEM នេះមានលំនាំដូចគ្នានឹង CFA ស្ទើរតែទាំងស្រុង។ វាមានលក្ខណៈខុសគ្នាតែបន្តិចត្រង់កន្លែងគូសដ្យាក្រាមរបស់ Path Diagram (សូមមើលដ្យាក្រាម១៧-២០)។

ក្នុងកម្មវិធីតេស្តសម្មតិកម្មតាមរយៈ SEM គេត្រូវកំណត់នូវមុខងាររបស់អថេរនីមួយៗឱ្យបានច្បាស់លាស់ជាមុនសិន បើមិនដូច្នោះទេ កម្មវិធីវានឹងមិនអាចដំណើរការបានទេ។ ដូច្នេះ ចំពោះ BSC = Brand Source Credibility គឺជាអថេរឯករាជ្យសំខាន់ជាងគេ (main indendpent variable) រីឯអថេរបីទៀត៖ BEX = Brand Experience, BPRE = Brand Prestige, និង BLO = Brand Loyalty គឺជាអថេរមិនឯករាជ្យដែលរងឥទ្ធិពលពីអថេរឯករាជ្យរបស់ (BSC)។ នៅពេលយើងគូសដ្យាក្រារបស់ SEM អថេររបស់ BSC មិនត្រូវបានជ្រើសរើសយកទេ (Diselected)។ ក្រៅពីអថេររបស់ BSC គឺត្រូវបានជ្រើសរើស(selected) ទាំងអស់។ បន្ទាប់មក អ្នកចាប់ផ្តើមគូសដ្យាក្រាមរបស់ SEM (មើលដ្យាក្រាម១៧-២១)។



ដ្យាក្រាម១៧.២០. មុខងារដ្យាក្រាមរបស់ SEM

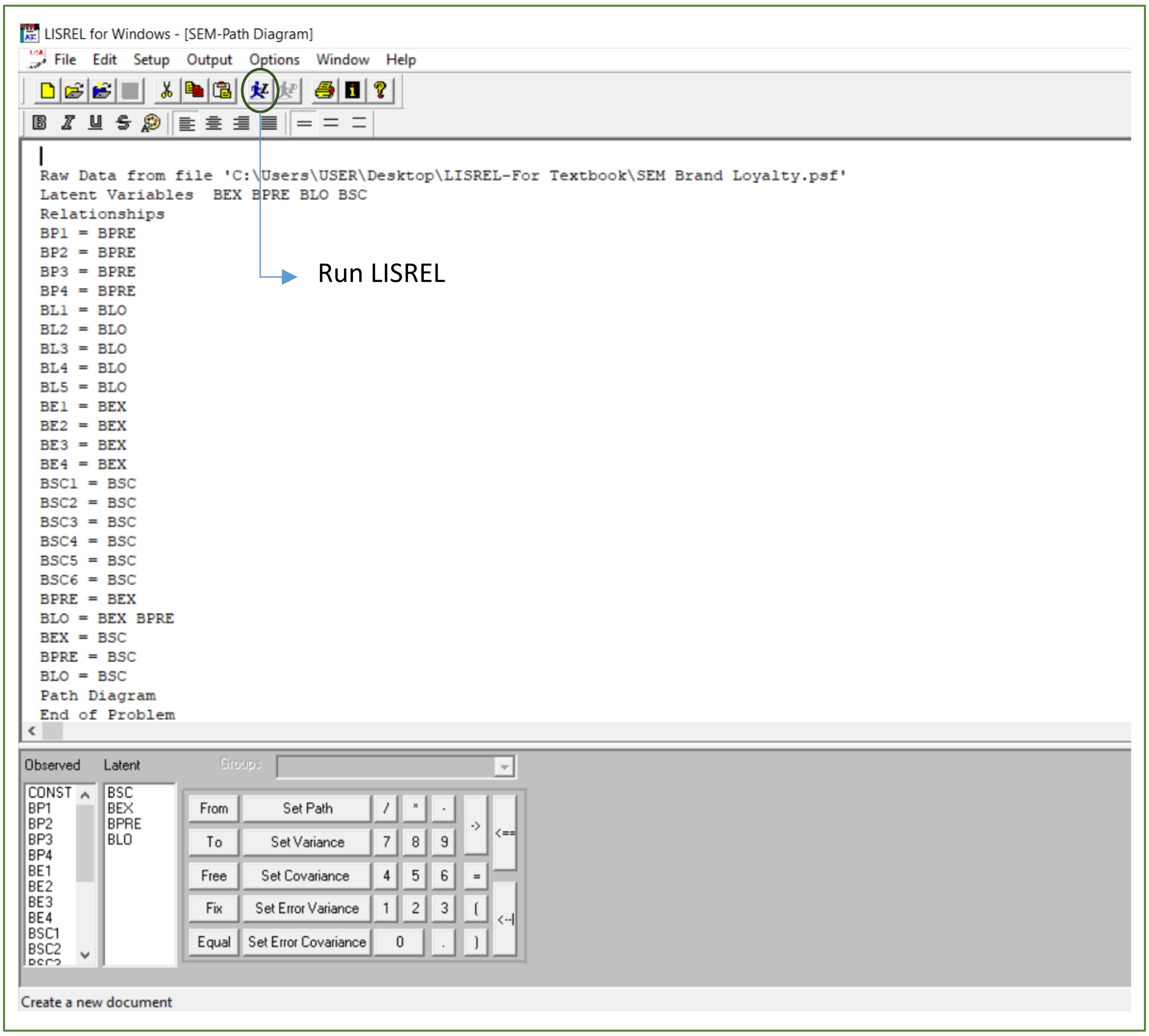
ក្រោយពីបានកំណត់នូវមុខងាររបស់អថេរដែលបានបង្ហាញក្នុងដ្យាក្រាម១៧-២០ រួចហើយ អ្នកអាចចាប់ផ្តើមជ្រើសរើសយកម្រងសំណួរនីមួយៗ ដែលតំណាងឱ្យអថេរស្រាវជ្រាវ មកដាក់លើផ្ទាំងស្តាំម្តងមួយៗរហូតដល់អស់ [1] (អ្នកអាចដាក់កម្រងសំណួររបស់ BSC ក្រោយគេ [2])។ បន្ទាប់មក អ្នកចាប់ផ្តើមចាប់យកអថេរឯករាជ្យ និងអថេរមិនឯករាជ្យចូលក្នុងផ្ទាំងនោះឱ្យត្រូវទៅតាមកម្រងសំណួររបស់វា។ បន្ទាប់មកទៀត យកព្រួញដែលមានក្បាលមួយមកគូសភ្ជាប់ពីអថេរឯករាជ្យទៅអថេរមិនឯករាជ្យម្តងមួយគូៗ រួមទាំងសំណួរដែលជាកម្មសិទ្ធិរបស់អថេរស្រាវជ្រាវទាំងនោះផងដែរ (ដ្យាក្រាម១៧-២១)។



ដ្យាក្រាម១៧.២១. ការគូដ្យាក្រាមរបស់ SEM

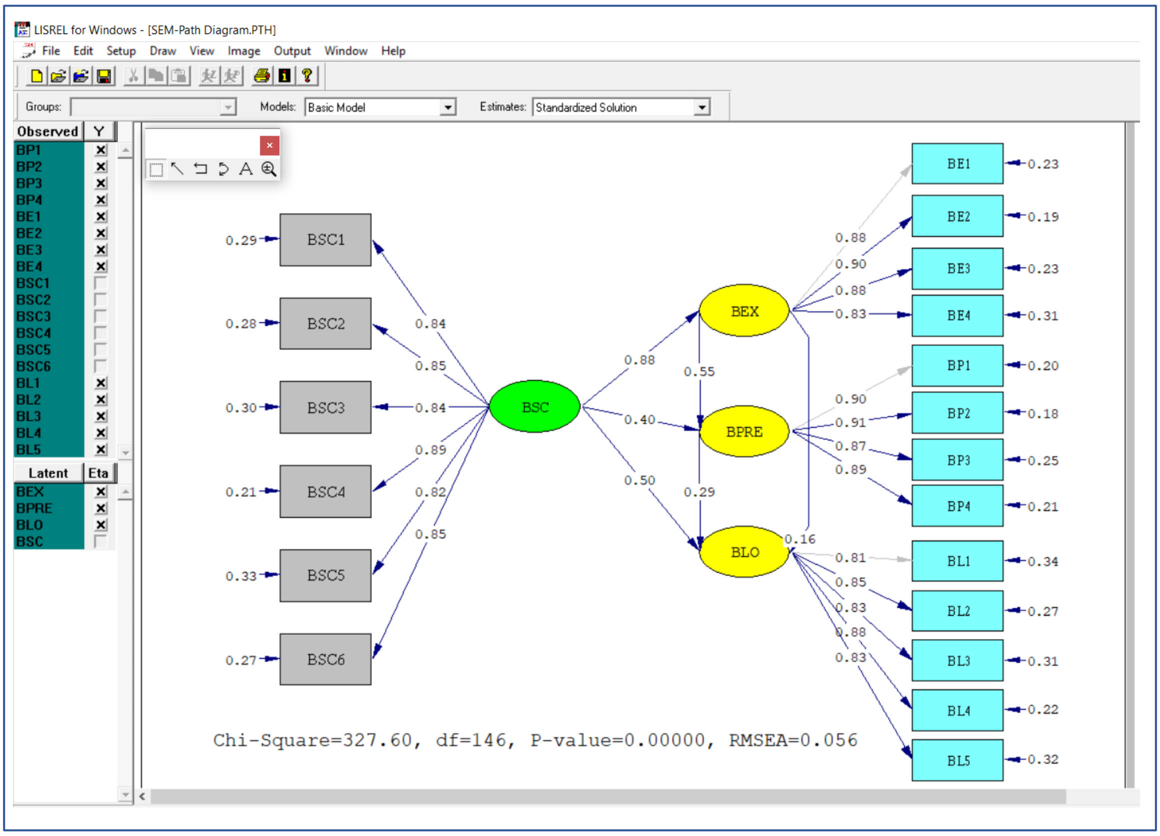
ក្រោយពីបានដ្យាក្រាម១៧-២១ នេះហើយ អ្នកត្រូវអនុវត្តតាមជំហាននីមួយៗដូចខាងក្រោម៖

- នៅលើ Toolbars ហើយចុចលើ [Setup] → ចុចលើ [Build SIMPLIS Syntax] រួចហើយ អ្នកនឹងបានផ្ទាំង Windows ថ្មីមួយដូច(ដ្យាក្រាម១៧-២២)។
- បន្ទាប់មក ចុច **[Run LISREL]** ដើម្បីមើលលទ្ធផល (ដ្យាក្រាម១៧-២៣ និង១៧-២៤)។

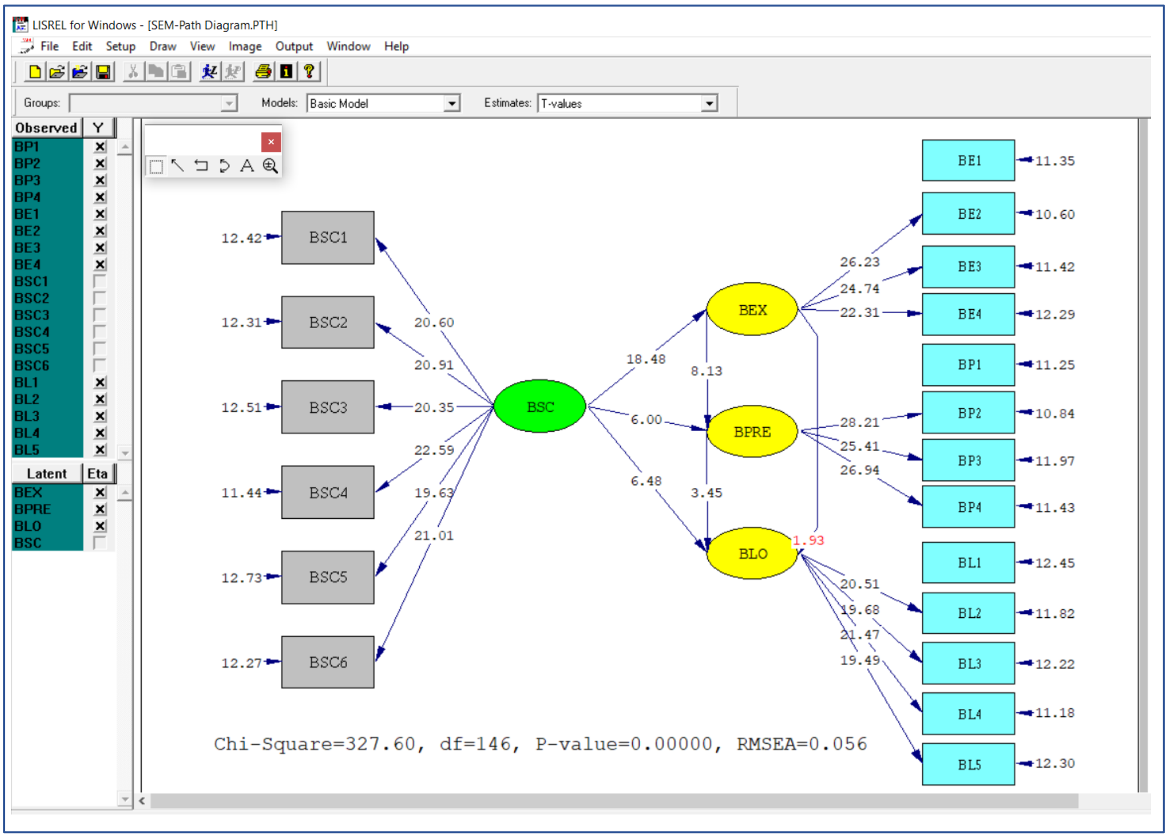


ដ្យាក្រាម១៧.២២. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM

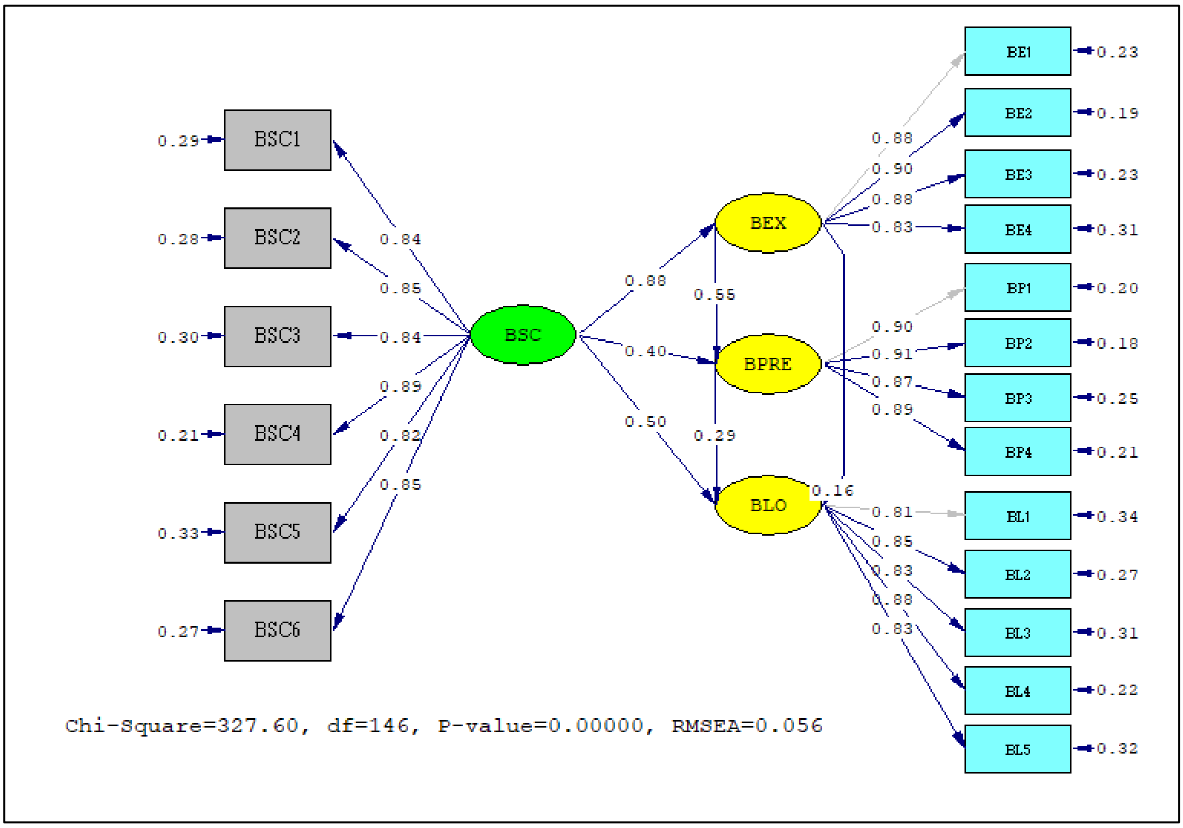
នៅក្នុងផ្នែកនៃការសសេរស្ក្រីបនេះគឺអ្នកអាចលុបចោលនៅសំណួរណាមួយដែលអ្នកគិតថាតម្លៃរបស់ λ តូចជាង 0.70 រួចហើយចុចលើពាក្យ Save និង Run ម្តងទៀតដើម្បីរកចម្លើយថ្មីរបស់ SEM។



ដ្យាក្រាម១៧.២៣. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM (Standardized Solution)



ដ្យាក្រាម១៧.២៤. បង្កើតលទ្ធផលរបស់ SEM (t-value)



ដ្យាក្រាម១៧.២៥. លទ្ធផលសម្រេចរបស់ SEM (Standardized Solution)

ដើម្បីទទួលបាននូវដ្យាក្រាមសម្រាប់ធ្វើរបាយការណ៍ជាផ្លូវការ (ដូចក្នុងដ្យាក្រាមទី17-25) អ្នកអាចចូលក្នុង [File] របស់ Path Diagram SEM → រួចជ្រើសរើសយក [Export As A Gif File (.gif)] នោះរូបភាពនេះនឹងត្រូវរក្សាទុកក្នុងកញ្ចប់ឯកសារ [Folder name] របស់អ្នកដោយស្វ័យប្រវត្តិ។ ហើយរូបភាពដែលបានរក្សាទុកនេះអាចរក្សាទុក ឬបម្លែងជា PNG ឬ JPEG ជាដើមសម្រាប់ប្រើប្រាស់តាមតម្រូវការ។ អ្នកអាចធ្វើរបៀបនេះបានទាំងរូបភាពរបស់ CFA និង SEM ផងដែរ (មើលដ្យាក្រាម១៧-២៧)ខាងក្រោម។ អ្នកត្រូវចាំថា ក្នុងការធ្វើរបាយការណ៍សម្រាប់ SEM ក្នុងដ្យាក្រាមខាងលើ យើងត្រូវយកតម្លៃរបស់ t-value និង Standardized solution ផងដែរ។

បន្ទាប់មក យើងត្រូវការតម្លៃ GFI, AGFI, CFI, NFI, RMSEA, និង RMR ទៀត។ យើងត្រូវយកតម្លៃទាំងនេះចេញពីផ្ទាំង Windows ថ្មីនៃ Output ដូចបានបង្ហាញក្នុងដំណាក់ CFA ស្រាប់។ ដូច្នេះ ដ្យាក្រាម១៧-២៦ខាងក្រោមនេះគឺជាតម្លៃលទ្ធផលរបស់ SEM ដែលត្រូវចម្លង (copy) យកមកប្រើ (តម្លៃខ្លះមិនត្រូវបានយកមកTe ដោយសារទំហំនៃដ្យាក្រាមផ្ទុកព័ត៌មានបានតិច)។ ដូច្នេះដើម្បីងាយស្រួលដល់អ្នកអាន មេរៀននេះbanសង្ខេបតារាងលទ្ធផលរបស់ SEM រួមគ្នាមួយ។ តារាងសង្ខេបលទ្ធផលនេះក៏ជាតម្រូវការចាំបាច់សម្រាប់អ្នកដែលមានបំណងចង់បោះពុម្ពផ្សាយស្នាដៃស្រាវជ្រាវក្នុងរបស់ខ្លួនក្នុងទស្សនាវដ្ដីល្បីៗផងដែរ។

តារាង១៧.២៦. លទ្ធផលសង្ខេបរបស់ SEM

Constructs		Indicators	Standardized Loading (λ)	t-value	p-value
Brand Source Credibility	→	BSC1	0.84	20.60	***
(BSC)	→	BSC2	0.85	20.91	***
"ប្រភពជឿជាក់របស់ម៉ាក	→	BSC3	0.84	20.35	***
យីហោ"	→	BSC4	0.89	22.59	***
	→	BSC5	0.82	19.63	***
	→	BSC6	0.85	21.01	***
Brand Experience	→	BE1	0.88	A	***
(BEX)	→	BE2	0.90	26.23	***
"បទពិសោធន៍ម៉ាកយីហោ"	→	BE3	0.88	24.74	***
	→	BE4	0.83	22.31	***
Brand Prestige (BPRE)	→	BP1	0.90	A	***
"កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"	→	BP2	0.91	28.21	***
	→	BP3	0.87	25.41	***
	→	BP4	0.89	26.94	***
Brand Loyalty (BLO)	→	BL1	0.81	A	***
"ភក្តីភាពរបស់ម៉ាកយីហោ"	→	BL2	0.85	20.51	***
	→	BL3	0.83	19.68	***
	→	BL4	0.88	21.47	***
	→	BL5	0.83	19.49	***
Path Relationships (ទំនាក់ទំនងសម្មតិកម្ម)					
H1 (β_1): BSC→BEX (Accepted)			0.88***	18.48	0.000
H2 (β_2): BSC→BPRE (Accepted)			0.40***	6.00	0.000
H3 (β_3): BSC→ BLO (Accepted)			0.50***	6.48	0.000
H4 (β_4): BEX→BPRE (Accepted)			0.55***	8.13	0.000
H5 (β_5): BEX→ BLO (Rejected)			0.16	1.93	0.053
H6 (β_6): BPRE→BLO (Accepted)			0.29***	3.45	0.001
Model Fit Statistics (ស្ថិតិសមនឹងម៉ូដែល)					
χ^2 (Chi-square) = 327.60, D.F = 146, $\chi^2/_{D.F}$ = 2.244, GFI = 0.92, AGFI = 0.90, CFI = 0.99, NFI = 0.99, RMSEA = 0.056, RMR = 0.031, p-value = 0.000					

ចំណាំ៖ A = Regression weight fixed at 1 (for dependent variables) (ទម្ងន់រីគ្រេសសិនកំណត់ស្មើ 1 សម្រាប់អថេរមិនឯករាជ្យ). *** p-value < 0.001

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 146

Minimum Fit Function Chi-Square = 315.39 (P = 0.00)

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 327.60 (P = 0.00)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 181.60

90 Percent Confidence Interval for NCP = (132.93 ; 238.00)

Minimum Fit Function Value = 0.79

Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.46

90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.33 ; 0.60)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.056

90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.048 ; 0.064)

P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.11

Chi-Square for Independence Model with 171 Degrees of Freedom = 31051.87

Independence AIC = 31089.87

Model AIC = 415.60

Saturated AIC = 380.00

Independence CAIC = 31184.62

Model CAIC = 635.00

Saturated CAIC = 1327.43

Normed Fit Index (NFI) = 0.99

Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.99

Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.85

Comparative Fit Index (CFI) = 0.99

Incremental Fit Index (IFI) = 0.99

Relative Fit Index (RFI) = 0.99

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.031

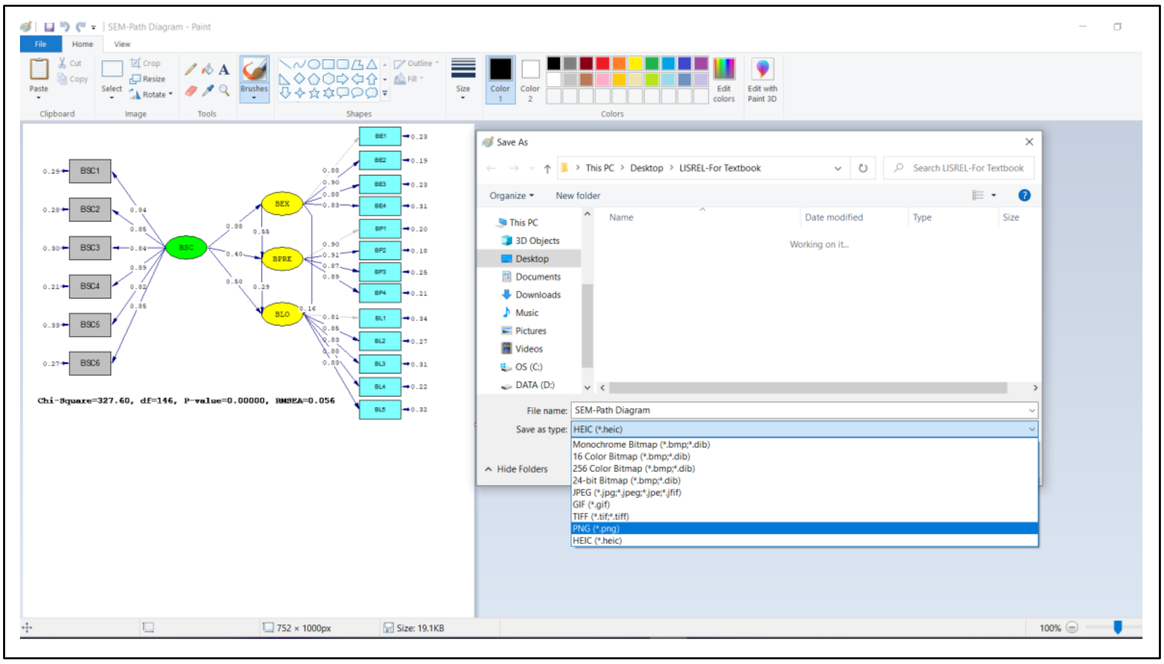
Standardized RMR = 0.022

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.92

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.90

Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.71

ដ្យាក្រាម១៧.២៦. លទ្ធផលសម្រេចរបស់ SEM (Output Windows)



ដ្យាក្រាម១៧.២៧. របៀបកូពីដ្យាក្រាមរបស់ SEM

លទ្ធផលរបស់ SEM ក្នុងតារាងទី17-2 ស្តីពីការសង្ខេបលទ្ធផលបានបង្ហាញថា លទ្ធផលរបស់អថេរ និងសំណួរនីមួយៗគឺ៖ $\lambda > 0.70$, t-value > 1.96 (p-value < 0.001 ដែលតាងដោយ * * *), AVE > 0.50, CR > 0.70, GFI > 0.90, AGFI ≥ 0.90, CFI > 0.95, NFI > 0.95, និង RMSEA < 0.08។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថាស្ថិតិម៉ូដែលមានភាពសមរម្យបំផុត (best fit model statistics) សម្រាប់អថេរស្រាវជ្រាវដែលត្រូវបានកំណត់នៅក្នុងក្របខណ្ឌនៃការស្រាវជ្រាវ (Conceptual framework)។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ទំនាក់ទំនងសម្មតិកម្មក៏បានបង្ហាញផងដែរថា មានសម្មតិកម្មមួយក្នុងចំណោមសម្មតិកម្មទាំង 6 ត្រូវបានបដិសេធ។ សម្រាប់ការបកស្រាយនូវការតេស្តសម្មតិកម្មនេះ អ្នកមើលតម្លៃរបស់ Path Relationships (ទំនាក់ទំនងសម្មតិកម្ម) ដែល សម្មតិកម្មនីមួយៗត្រូវបានអធិប្បាយដូចខាងក្រោម៖

សម្មតិកម្មទី1 (Hypothesis H1)៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពរបស់ម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមាននឹង "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ"។ ចម្លើយនៃការធ្វើតេស្តបានបង្ហាញថា មេគុណទំនាក់ទំនងរបស់សម្មតិកម្មទី1 នេះ គឺ β_1 = 0.88 ឬ 88.0% និងតម្លៃរបស់ t-value = 18.48 (> 1.96) ដែលអមជាមួយតម្លៃរបស់ p-value = 0.000 (< 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មមួយនេះត្រូវបានទទួលយក (Accepted)។ សរុបមក កាលណាអតិថិជនមាន "ភាពជឿជាក់លើប្រភពរបស់ម៉ាកយីហោ" នោះពិតជាមានឥទ្ធិពលវិជ្ជមានដល់ការបង្កើតឱ្យមានការទទួលបាននូវ "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ" កាន់ខ្លាំងពីសំណាក់អតិថិជនដែលបានប្រើប្រាស់នូវម៉ាកកាហ្វេទាំងនេះរហូតដល់ 88.0%។

សម្មតិកម្មទី2 (Hypothesis H2)៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពរបស់ម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមាននឹង "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"។ សម្មតិកម្មទី2 នេះមានតម្លៃរបស់ β_2 = 0.40 ឬ 40.0% និងតម្លៃរបស់ t-value = 6.00 (> 1.96) អមជាមួយតម្លៃ p-value = 0.000 (< 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មទី2 នេះគឺត្រូវបានទទួលយក (Accepted)។ ការសន្និដ្ឋានចំពោះសម្មតិកម្មទី2នេះគឺ៖ កាលណាអតិថិជនមានភាពជឿកជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោកាន់តែខ្លាំងម៉ាកយីហោនេះនឹងកាន់តែមានកិត្តិសព្ទល្បីល្បាញជាមិនខាន។ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរនេះមានកម្រិតត្រឹម 40% ដែលជាកម្រិតមធ្យម។

សម្មតិកម្មទី3 (Hypothesis H3)៖ "ប្រភពជឿជាក់របស់ម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមាននឹង "ភក្តីភាពរបស់ម៉ាកយីហោ"។ សម្មតិកម្មទី3 ត្រូវបានទទួលយកនៅតម្លៃរបស់ β_3 = 0.50 ឬ 50.0% និងតម្លៃរបស់ t-value = 6.48 (> 1.96) ដែលអមជាមួយតម្លៃរបស់ p-value = 0.000 (< 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មនេះត្រូវបានទទួលយក។ ដូច្នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា ការដែលអតិថិនជនមានការជឿកជាក់លើប្រភពរបស់ម៉ាកកាន់តែខ្លាំង នឹងជំរុញឱ្យមានការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោនេះកាន់តែញឹកញាប់ហើយក៏មានការណែនាំដល់អ្នកឯទៀតឱ្យប្រើផងដែរ។ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរនេះមានតម្លៃ 50% គឺស្ថិតក្នុងកម្រិតមធ្យម។

សម្មតិកម្មទី4 (Hypothesis H4)៖ "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ"។ សម្មតិកម្មទី4 គឺត្រូវបានទទួលយកដោយតម្លៃ β_4 = 0.55 ឬ 55.0% ហើយតម្លៃ t-value = 8.13 (> 1.96) អមជាមួយតម្លៃ p-value = 0.000 (< 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មនេះត្រូវបានទទួលយក។ ចំពោះសម្មតិកម្មទី4 នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា ការដែលអតិថិនជនមានបទពិសោធន៍ពីការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោកាន់តែច្រើន នឹងជំរុញឱ្យម៉ាកយីហោនេះកាន់តែមានកិត្តិសព្ទល្បីល្បាញជាមិនខាន។ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរនេះមានតម្លៃ 55% គឺស្ថិតក្នុងកម្រិតមធ្យម។

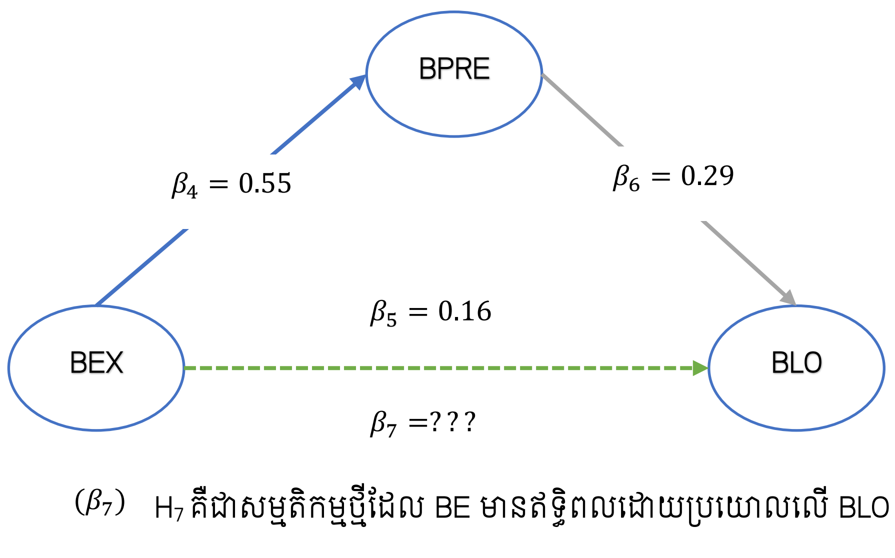
សម្មតិកម្មទី5 (Hypothesis H5)៖ "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។ សម្មតិកម្មទី5 ត្រូវបានទទួលយក ដោយតម្លៃ β_5 = 0.16 ឬ 16.0% និងតម្លៃ t-value = 1.93 (< 1.96) អមជាមួយតម្លៃ p-value = 0.053 (> 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មទី5 នេះត្រូវបានបដិសេដ។ ចំពោះសម្មតិកម្មទី5 នេះ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា ការដែលអតិថិនជនមានបទពិសោធន៍អំពីការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោកាន់តែច្រើនមិនអាចជំរុញឱ្យមានការប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោនេះកាន់តែញឹកញាប់ ឬមានការណែនាំដល់អ្នកដ៏ដៃឱ្យប្រើផងដែរនោះទេ។ ប្រការនេះអាចបណ្តាលមកពីមូលហេតុដូចខាងក្រោមនេះ៖

- អថិជនអាចគ្រាន់តែសាកល្បងប្រើប្រាស់នូវម៉ាកយីហោ ឬធ្លាប់ប្រើប្រាស់ច្រើនដងមក ហើយ ប៉ុន្តែពួកគាត់អាចមានបំណងចង់ប្រើប្រាស់នូវម៉ាកយីដដៃផ្សេងទៀតក៏ថាបាន។ ឬ

- តាមក្បួនស្ថិតិនិងតាមក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវ យើងបានជ្រើសរើសអថេរមួយគឺ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ (Brand Prestige)" ឱ្យដើរតួនាទីជាអថេរអន្តរការី ឬអថេរជំរុញ (mediating variable) ដែលមានឥទ្ធិពលដោយប្រយោលមកលើអថេរមិនឯករាជ្យរបស់ "Brand Loyalty: "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។ ប្រការនេះបានន័យថា មិនមែនឱ្យតែអតិថិជនមានបទពិសោធន៍នៃការប្រើប្រាស់ម៉ាក គឺសុទ្ធតែមានភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោនោះទេ លុះត្រាតែពួកគាត់គិតថា ម៉ាកយីហោនោះមានកេរ្តិ៍ឈ្មោះល្បីឬល្អទៀត ទើបអាចឱ្យពួកគាត់ងាកទៅប្រើម៉ាកទាំងនោះជាញឹកញាប់ និងអាចណែនាំឱ្យអ្នកដទៃប្រើបាស់ផងដែរ។ ការសន្និដ្ឋានទី2នេះមានរបៀបនៃការកំណត់តម្លៃតេស្តអថេរជំរុញ (mediating variable) របស់ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ (Brand Prestige)" ដូចខាងក្រោម៖

- ដើម្បីរកអថេរជំរុញ (mediating variable) របស់ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ (Brand Prestige)" គឺយើងត្រូវបំបែកក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវជាបីផ្នែកដូចខាងក្រោម (ដ្យាក្រាមទី17-28)៖
    - **ទី1៖** គណនាតម្លៃរបស់ $\beta_4 x\ \beta_6$ = 0.55 x 0.29 = 0.1595 (ជាតម្លៃផលប៉ះពាល់ដោយប្រយោលរបស់អថេរ "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ") (Indirect effect of "Brand Experience") មកលើ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ (Brand Loyalty)"។

- **ទី2៖** $\beta_5 + (\beta_4 x \beta_6)$ = 0.16 + 0.1595 = 0.3195 គឺជាតម្លៃផលប៉ះពាល់សរុបរបស់អថេរ "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ" (total effect of "Brand Experience") មកលើ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ (Brand Loyalty)"។
- **ទី3៖** ប្រសិនបើតម្លៃរបស់ $\beta_4 = 0.55$ និង $\beta_6 = 0.29$ ត្រូវបានទទួលយក (accepted), ហើយ $\beta_5 = 0.16$ (rejected) ត្រូវបានបដិសេធ នោះ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ (Brand Prestige)" ដើរតួនាទីជាអថេរជំរុញដែលមានឥទ្ធិពលខ្លាំង (fully mediated) (Frazier, Tix, & Barron, 2004)។



ដ្យាក្រាម១៧.២៨: Mediating effect of "Brand Prestige"

សម្មតិកម្មទី6 (Hypothesis H6)៖ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ" មានទំនាក់ទំនងវិជ្ជមានជាមួយ "ភក្តីភាព ចំពោះម៉ាកយីហោ"។ សម្មតិកម្មចុងក្រោយនេះត្រូវបានទទួលយក ដោយតម្លៃ β_6 = 0.29 ឬ29.0% និងតម្លៃ t-value = 3.45 (> 1.96) អមជាមួយតម្លៃ p-value = 0.001 (< 0.05)។ ដូច្នេះ សម្មតិកម្មទី6 នេះត្រូវបានទទួលយក។ យើងអាចសន្និដ្ឋានថា ការដែលម៉ាកយីហោកាន់តែល្បីនឹងបណ្តាលឱ្យមានការគាំទ្រកាន់តែច្រើន ហើយក៏នឹងមានអតិថិជនកាន់តែច្រើនប្រើប្រាស់ម៉ាកយីហោនោះជាញឹកញាប់។ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរទាំងពីរនេះកើតមានឡើងពិតប្រាកដមែន ប៉ុន្តែទំនាក់ទំនងរបស់វាមានកម្រិតទាបត្រឹមតែ 29.0% ប៉ុណ្ណោះ បើធៀបទៅនឹងសម្មតិកម្មដទៃទៀត។

សរុបជារួម ការបង្កើតក្របខណ្ឌស្រាវជ្រាវនេះមានកត្តាសំខាន់ៗបីរបស់អថេរឯករាជ្យដែលមានឥទ្ធិពលផ្ទាល់ (ឧទាហរណ៍៖ "ភាពជឿជាក់លើប្រភពម៉ាកយីហោ" និង "បទពិសោធន៍អំពីម៉ាកយីហោ") ហើយនឹងប្រយោល (ឧទាហរណ៍៖ "កេរ្តិ៍ឈ្មោះម៉ាកយីហោ") មកលើអថេរមិនឯករាជ្យ "ភក្តីភាពចំពោះម៉ាកយីហោ"។ ដូច្នេះ ក្រុមហ៊ុនដែលមានម៉ាកយីហោខាងលើគួររកវិធីធ្វើយ៉ាងណាឱ្យម៉ាកយីហោរបស់ខ្លួនមានទំនុកចិត្តខ្ពស់ ល្បី និងផ្តល់បទពិសោធន៍ជាវិជ្ជមានដល់អតិថិជន ទើបអាចលើកស្ទួយភក្តីភាពរបស់ពួកគាត់ចំពោះម៉ាករបស់ខ្លួនបាន ដែលជាកត្តាមួយឈានទៅរកភាពជោគជ័យ និងរស់រានយូរអង្វែងនៃអាជីវកម្មផងដែរ។

៥. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

យើងបានឃើញតម្លៃមួយចំនួនរបស់ CFA (តារាង១៧-១) និង SEM (តារាង១៧-២) ដែលប្រហាក់ប្រហែលគ្នា គឺដោយសារការរៀបចំទិន្នន័យបានល្អ។ ក្នុងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម យើងអាចអនុវត្តតាមវិធានស្ថិតិ និងតិចនិកជាច្រើន។ LISREL គឺក៏ជាជម្រើសដ៏ល្អមួយដូច AMOS, Minitab, SPSS, STATA, និង SAS ដែរ។ ប្រសិនបើអ្នកមានបំណងចង់បោះពុម្ពស្នាដៃស្រាវជ្រាវក្នុងទស្សនាវដ្តីល្បីៗ LISREL ជាជម្រើសមួយដ៏ល្អបំផុតសម្រាប់ជួយអ្នកឱ្យសម្រេចនូវបំណងនេះបាន។ ប៉ុន្តែ អ្នកក៏ត្រូវមើលក្ខខណ្ឌរបស់ក្រុមហ៊ុនទទួលស្នាដៃដើម្បីបោះពុម្ពផងដែរ។ ម្យ៉ាងវិញទៀត មេរៀននេះមានសភាពស្មុគ្រស្មាញខ្លាំងជាងគេ ហើយការសរសេរសម្រាប់ជាការណែនាំអំពីរបៀបគណនារកចម្លើយរបស់ CFA និង SEM គឺមិនជានាថាមានភាពច្បាស់លាស់ដូចភាសារដែលពន្យល់ដោយផ្ទាល់មាត់នោះទេ។ ស្ទេរបានរៀបចំជាស្រេចនូវវីដេអូសម្រាប់ជំនួយក្នុងការសិក្សាមេរៀននីមួយៗដោយគ្រាន់តែចូលក្នុងអាសយដ្ឋាន YouTube របស់ស្ទេរផ្ទាល់៖ https://www.youtube.com/c/ResearchMethodology ក៏បាន ឬតាមគេហទំព័រផ្ទាល់ខ្លួននេះ www.spss.club ក៏បាន នោះ អ្នកនឹងអាចទទួលយបានវីដេអូតាមផ្នែកនីមួយៗនៃមេរៀនដោយឥតគិតថ្លៃ។

សេចក្តីសង្ខេបរបស់សៀវភៅ

សៀវភៅនេះចងក្រងនូវទ្រឹស្តី និងការអនុវត្ត ដែលគោលបំណងរួមគឺដើម្បីបង្ហាញដោយសង្ខេបនូវភាពងាយស្រួលក្នុងការប្រើប្រាស់ឧបករណ៍វិភាគទិន្នន័យដែលបានមកពីវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម ជាពិសេស ជំរុញឱ្យអ្នកសិក្សាអាចចាប់ផ្តើមធ្វើការវិភាគទិន្នន័យបានរហ័ស និងប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាពលើវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ។ សៀវភៅស្តីពីវិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវត្រូវបានរៀបរៀងឡើងដើម្បីអនុវត្តតាមនីតិវិធីស្ថិតិជាច្រើន (ឧទាហរណ៍៖ Descriptive Statistics, Regression: Multiple vs simple regression, Logistic Regression, ANOVA, MANOVA, Multidimensional Scaling: MDS, Conjoint Analysis, Canonical Correlation Analysis និង Structural Equation Modeling: SEM)។ ទាក់ទងនឹងសូចនាករសម្រាប់វាយតម្លៃគោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ យើងលើកយកនូវកម្មវិធីកុំព្យូទ័រល្អៗមួយចំនួនសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យដូចជាកម្មវិធីស្ថិតិសម្រាប់វិទ្យាសាស្ត្រសង្គម (Statistical Package for Social Science: SPSS) ទំនាក់ទំនងរចនាសម្ព័ន្ធតាមបែប**លីនេអ៊ែរ** (Linear Structural Relations: LISREL) និង ការវិភាគតាមរយៈរចនាសម្ព័ន្ធជាក់ស្តែង (Analysis of a Moment Structures: AMOS) ដែលជាកម្មវិធីកំពុងពេញនិយមសម្រាប់ការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មប្រកបដោយប្រសិទ្ធភាពនិងទទួលបាននូវចម្លើយត្រឹមត្រូវកម្រិតខ្ពស់។ សៀវភៅនេះណែនាំលម្អិតជាជំហានៗ ដោយមានឧទាហរណ៍សម្រាប់ជួយអ្នកសិក្សាឱ្យទទួលបានភាពស្ទាត់ជំនាញក្នុងការវិភាគទិន្នន័យ និងការបកស្រាយនូវលទ្ធផលពីការស្រាវជ្រាវ។

បន្ថែមលើការបង្ហាញអ្នកសិក្សាពីរបៀបបញ្ចូលទិន្នន័យនិងទទួលបានលទ្ធផលពីការស្រាវជ្រាវសៀវភៅនេះពន្យល់ពីរបៀបជ្រើសរើសឧបករណ៍ស្ថិតិសមស្រប និងបង្ហាញលទ្ធផលជាទម្រង់ដែលសមស្របសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងរបាយការណ៍ស្រាវជ្រាវផ្នែកវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។ សៀវភៅនេះមិនត្រឹមតែផ្តោតលើទ្រឹស្តីប៉ុណ្ណោះទេ គឺថែមទាំងសង្កត់ធ្ងន់លើការវិភាគទិន្នន័យនិងទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋានពីការអង្កេតជាក់ស្តែងផងដែរ។

សៀវភៅនេះផ្តោតលើឧបករណ៍ដែលត្រូវបានប្រើក្នុងការរកឃើញគំរូជាក់ស្តែង ដែលទទួលបានពីការស្ទង់មតិ និងបង្ហាញពីការវិភាគស្ថិតិពេញនិយមនិងភារកិច្ចគ្រប់គ្រងទិន្នន័យ ដែលអ្នកសិក្សាអាចអនុវត្តប្រកបដោយប្រសិទ្ធិភាពខ្ពស់ទៅតាមគោលបំណងស្រាវជ្រាវរបស់ខ្លួនផ្ទាល់។ សៀវភៅនេះក៏បង្ហាញផងដែរនូវឧទាហរណ៍លម្អិតរាល់ជំហាននីមួយៗពីរបៀបវិភាគទិន្នន័យ និងលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវតាមរយៈការប្រើឧបករណ៍វិភាគរបស់កម្មវិធីមួយចំនួនដូចជា៖ SPSS 25, LISREL 8.80 និង AMOS 23 ជាដើម។

សរុបសេចក្តីមក សៀវភៅនេះបានចងក្រងនូវវិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវរួមទាំងបច្ចេកទេសសម្រាប់វិភាគទិន្នន័យដែលត្រូវបានអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវល្បីៗយកមកអនុវត្តក្នុងការស្រាវជ្រាវ និងបោះពុម្ពផ្សាយតាមទស្សនាវដ្តីអន្តរជាតិដែលទាក់ទងនឹងឯកទេសសិក្សាវិទ្យាសាស្ត្រសង្គម។

ឯកសារយោង

Aaker, D. A., Kumar, V., Leone, R. P., & Day, G. S. (2019). *Marketing research*. New Delhi: Wiley India.

Abou-Shouk, M. A., Mannaa, M. T., & Elbaz, A. M. (2021). Women's empowerment and tourism development: A cross-country study. *Tourism Management Perspectives, 37*, 100782.

Agresti, A. F., Christine

Klinggenberg, Bernhard. (2017). *Statistics: The art and science of learning from data* (4th ed.). New York: Pearson.

Ali, F., Rasoolimanesh, S. M., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Ryu, K. (2018). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in hospitality research. *International Journal of Contemporary Hospitality Management, 30*(1), 514-538.

Austin, P. C., & Merlo, J. (2017). Intermediate and advanced topics in multilevel logistic regression analysis. *Statistics in medicine, 36*(20), 3257-3277.

Babin, B. J., & Zikmund, W. G. (2016). *Exploring marketing research* (11th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.

Baek, E., & Oh, G.-E. G. (2021). Diverse values of fashion rental service and contamination concern of consumers. *Journal of business research, 123*, 165-175.

Baek, T. H., Kim, J., & Yu, J. H. (2010). The differential roles of brand credibility and brand prestige in consumer brand choice. *Psychology & Marketing, 27*(7), 662-678.

Barello, S., Palamenghi, L., & Graffigna, G. (2020). The mediating role of the patient health engagement model on the relationship between patient perceived autonomy supportive healthcare climate and health literacy skills. *International journal of environmental research and public health, 17*(5), 1741.

Bentler, P. M. (1988). Causal modeling via structural equation systems. In *Handbook of multivariate experimental psychology* (pp. 317-335): Springer.

Berenson, M. L., Levine, D. M., & Szabat, K. A. (2014). *Basic business statistics: Concepts and applications* (13th ed.). New York: NY: Pearson Education.

Berenson, M. L., Levine, D. M., & Szabat, K. A. (2015). *Basic business statistics: Concepts and applications* (13th Ed.). Essex, England: Pearson Education.

Bluman, A. G. (2013). *Elementary statistics: A step by step approach: A brief version*. New Jersey: McGraw-Hill.

Bluman, A. G. (2018). *Elementary statistics: A step by step approach* (9th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

Boubker, O., Arroud, M., & Ouajdouni, A. (2021). Entrepreneurship education versus management students′ entrepreneurial intentions. A PLS-SEM approach. *The International Journal of Management Education, 19*(1), 100450.

Bowerman, B., Drougas, A. M., Duckworth, W. M., Froelich, A. G., Hummel, R. M., Moninger, K. B., & Schur, P. J. (2019). *Business statistics and analytics in practice* (9th ed.). New York: NY: McGraw Hill.

Bowerman, B. L., O′Connell, R. T., & Murphree, E. S. (2019). *Business Statistics in Practice: Using modeling, data, and analytics* (9th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

Brislin, R. W. (1980). Translation and content analysis of oral and written materials. In H. C. Triandis & J. W. Berry (Eds.), *Handbook of cross-cultural psychology* (pp. 389-444). Boston: Allyn & Bacon.

Burns, A. C., & Veeck, A. (2020). *Marketing research* (9th ed.). New Jersey: NJ: Pearson Education.

Byrne, B. M. (2013). *Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming* (2nd Ed.). New York: Routledge.

Chang, M. L., & Wu, W. Y. (2012). Revisiting perceived risk in the context of online shopping: An alternative perspective of decision-making styles. *Psychology & Marketing, 29*(5), 378-400.

Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: The role of brand loyalty. *Journal of Marketing, 65*(2), 81-93. doi:10.1509/jmkg.65.2.81.18255

Chen, C. F., Leask, A., & Phou, S. (2016). Symbolic, experiential and functional consumptions of heritage tourism destinations: The case of angkor world heritage site, cambodia. *International Journal of Tourism Research, 18*(6), 602-611.

Chen, W.-S., & Tsai, K.-H. (2021). Antecedents and consequences of brand ownership: moderating roles of social value orientation and consumer perceived ethicality in Taiwan's food industry. *British Food Journal, 123*(5), 1875-1898.

Chiam, M., Soutar, G., & Yeo, A. (2008). Online and off-line travel packages preferences: A conjoint analysis. *International Journal of Tourism Research, 11*(1), 31-40.

Childers, T. L., Carr, C. L., Peck, J., & Carson, S. (2001). Hedonic and utilitarian motivations for online retail shopping behavior. *Journal of retailing, 77*(4), 511-535.

Cochran, W. G. (1963). *Sampling techniques* (2nd ed.). New York: N.Y: John Wiley and Sons, Inc.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Lodon and New York: Taylor & Francis Group.

Cohen, L. M., Lawrence, & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). New York: Routledge.

Cokluk, O. (2010). Logistic regression: Concept and application. *Educational Sciences: Theory and Practice, 10*(3), 1397-1407.

Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2014). *Business research methods* (12th ed.). New York: McGraw Hill.

Cooper, L. G. (1983). A review of multidimensional scaling in marketing research. *Applied Psychological Measurement, 7*(4), 427-450. doi:10.1177/014662168300700404

Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory* (3rd ed.). Thousand Oaks: Sage Publication.

Cortina, J. M., Aguinis, H., & DeShon, R. P. (2017). Twilight of dawn or of evening? A century of research methods in the Journal of Applied Psychology. *Journal of Applied Psychology, 102*(3), 274-290.

Creshwell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). New York: NY: Pearson Education.

Cronk, B. C. (2019). *How to use SPSS®: A step-by-step guide to analysis and interpretation* (11th Ed.). New York: Routledge.

Darlington, R. B., & Hayes, A. F. (2017). *Regression analysis and linear models*. New York: The Guilford Press.

Ding, C. S. (2018). *Fundamentals of applied multidimensional scaling for educational and psychological research*. Switzerland: Springer.

Ebrahim, R., Ghoneim, A., Irani, Z., & Fan, Y. (2016). A brand preference and repurchase intention model: the role of consumer experience. *Journal of Marketing Management, 32*(13-14), 1230-1259.

Ekinci, Y., & Hosany, S. (2006). Destination personality: An application of brand personality to tourism destinations. *Journal of Travel Research, 45*(2), 127-139.

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics. *Journal of Marketing Research, 18*(3), 382-388.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evluate research in education* (8th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Frazier, P. A., Tix, A. P., & Barron, K. E. (2004). Testing moderator and mediator effects in counseling psychology research. *Journal of counseling psychology, 51*(1), 115-134.

Gartner, W. C. (1989). Tourism image: Attribute measurement of state tourism products using multidimensional scaling techniques. *Journal of Travel Research, 28*(2), 16-20.

Ghasemy, M., Teeroovengadum, V., Becker, J.-M., & Ringle, C. M. (2020). This fast car can move faster: a review of PLS-SEM application in higher education research. *Higher Education, 80*(6), 1121-1152.

Gibb, A. A. (2000). SME policy, academic research and the growth of ignorance, mythical concepts, myths, assumptions, rituals and confusions. *International Small Business Journal, 18*(3), 13-35. doi:10.1177/0266242600183001

Gould, R., Ryan, C., & Wong, R. (2017). *Essential statistics: Exploring the world through data* (2nd ed.). Essex, England: Pearson Education.

Grace, D., Ross, M., & King, C. (2020). Brand fidelity: Scale development and validation. *Journal of Retailing and Consumer Services, 52*, 1-12.

Green, P. E., & Rao, V. R. (1971). Conjoint measurement for quantifying judgmental data. *Journal of Marketing research, 8*(3), 355-363.

Green, P. E., & Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research: Issues and outlook. *Journal of consumer research, 5*(2), 103-123.

Groebner, D. F., Shannon, P. W., & Fry, P. C. (2018). *Business statistics: A decision-making approach* (10th ed.). Harlow, England: Pearson.

Guizzardi, A., & Mariani, M. M. (2020). Introducing the dynamic destination satisfaction method: an analytical tool to track tourism destination satisfaction trends with repeated cross-sectional data. *Journal of Travel Research*, 1-16.

Hair-Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Mutlivariate data analysis* (8th Ed.). New Jersey: Cengage.

Hair-Jr, J. F. B., William C, Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Essex, UK: Pearson Education.

Hal Dean, D. (2004). Evaluating potential brand associations through conjoint analysis and market simulation. *Journal of Product & Brand Management, 13*(7), 506-513. doi:10.1108/10610420410568444

Harrell, F. E. (2015). *Regression modeling strategies: With applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis* (2nd ed.). New York: Springer.

Hasan, R., Shams, R., & Rahman, M. (2021). Consumer trust and perceived risk for voice-controlled artificial intelligence: The case of Siri. *Journal of business research, 131*, 591-597.

Hilbe, J. M. (2015). *Practical guide to logistic regression*. New York: Taylor & Franscis Group.

Hobbs, J. E. (1996). A transaction cost analysis of quality, traceability and animal welfare issues in UK beef retailing. *British Food Journal, 98*(6), 16-26.

Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods, 6*(1), 53-60.

Hosmer-Jr, D. W., & Lemeshow, S. (2013). *Applied logistic regression* (3rd Ed.). Canada: John Wiley & Sons.

Huang, L. (2008). Bed and breakfast industry adopting e-commerce strategies in e-service. *The Service Industries Journal, 28*(5), 633-648.

Iacobucci, D., & Churchill, G. A. (2010). *Marketing research: methodological foundations* (10th ed.). Dryden Press New York: South-Western: Cengage Learning.

Iacobucci, D., Grisaffe, D., & DeSarbo, W. (2017). Statistical perceptual maps: using confidence region ellipses to enhance the interpretations of brand positions in multidimensional scaling. *Journal of Marketing Analytics, 5*(3), 81-98.

Jackson, L. A., Singh, D., & Parsa, H. (2015). Tourism firms′ environmental rankings and financial performance: a multidimensional scaling approach. *Journal of Sustainable Tourism, 23*(10), 1426-1444.

Jamshidi, D., & Rousta, A. (2021). Brand commitment role in the relationship between brand loyalty and brand satisfaction: phone industry in Malaysia. *Journal of Promotion Management, 27*(1), 151-176.

Jöreskog, K. G., Olsson, U. H., & Wallentin, F. Y. (2016). *Multivariate analysis with LISREL*. Switzerland: Springer.

Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. New York: Scientific Software International.

Keller, G. (2014). *Statistics for management and economics* (10th ed.). Stamford, USA: Cengage Learning.

Kendall, J. (1999). Axial coding and the grounded theory controversy. *Western Journal of Nursing Research, 21*(6), 743-757. doi:10.1177/019394599902100603

Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2010). *Logistic regression: A self-learning text* (3rd ed.). New York: Springer.

Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). New York: The Guilford Press.

Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and Techniques* (2nd ed.). New Delhi: New Age International.

Koufteros, X., Babbar, S., & Kaighobadi, M. (2009). A paradigm for examining second-order factor models employing structural equation modeling. *International Journal of Production Economics, 120*(2), 633-652.

Kuenzel, S., & Halliday, S. V. (2008). Investigating antecedents and consequences of brand identification. *Journal of Product & Brand Management, 17*(5), 293-304.

Lee, F.-H., Lee, T.-Z., & Wu, W.-Y. (2010). The relationship between human resource management practices, business strategy and firm performance: evidence from steel industry in Taiwan. *The International Journal of Human Resource Management, 21*(9), 1351-1372. doi:10.1080/09585192.2010.488428

Lee, L. Y., Veasna, S., & Wu, W. Y. (2013). The effects of social support and transformational leadership on expatriate adjustment and performance. *Career Development International, 18*(4), 377-415.

Leech, N. L., Barrett, K. C., & Morgan, G. A. (2015). *IBM SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation* (5th ed.). New York: Routledge: Taylor & Francis Group.

Levy, D. S. (1995). Modern marketing research techniques and the property professional. *Property Management, 13*(3), 33-40.

Lin, X., & Germain, R. (2003). Organizational structure, context, customer orientation, and performance: lessons from Chinese state-owned enterprises. *Strategic management journal, 24*(11), 1131-1151.

Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. (2018). *Statistical techniques in business & economics* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Louviere, J. J., & Woodworth, G. (1983). Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: An approach based on aggregate data. *Journal of Marketing research, 20*(4), 350-367.

Luce, R. D., & Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: A new type of fundamental measurement. *Journal of mathematical psychology, 1*(1), 1-27.

Machado, J. T., Duarte, G. M., & Duarte, F. B. (2011). Identifying economic periods and crisis with the multidimensional scaling. *Nonlinear Dynamics, 63*(4), 611-622.

Machado, J. T., & Mata, M. E. (2015). Analysis of world economic variables using multidimensional scaling. *PloS one, 10*(3), 121-277.

Marcussen, C. H. (2017). Visualising the network of cruise destinations in the Baltic Sea – a multidimensional scaling approach. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism, 17*(2), 208-222. doi:10.1080/15022250.2016.1142893

Martens, M. P. (2005). The use of structural equation modeling in counseling psychology research. *The counseling psychologist, 33*(3), 269-298.

Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *Journal of Marketing, 41*(1), 77-79.

McClave, J., & Sincich, T. (2018). *Statistics* (13th ed.). New York: Pearson Education.

McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in econometrics* (pp. 105-142). New York: Academic Press.

Meyer-Waarden, L. (2015). Effects of loyalty program rewards on store loyalty. *Journal of Retailing and Consumer Services, 24*, 22-32. doi:https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2015.01.001

Mikulić, J., & Ryan, C. (2018). Reflective versus formative confusion in SEM based tourism research: A critical comment. *Tourism Management, 68*, 465-469.

Mohajerani, P., & Miremadi, A. (2012). Customer satisfaction modeling in hotel industry: A case study of Kish Island in Iran. *International Journal of Marketing Studies, 4*(3), 134-152.

O'Kane, P., Smith, A., & Lerman, M. P. (2019). Building transparency and trustworthiness in inductive research through Computer-Aided Qualitative Data Analysis Software. *Organizational Research Methods, 24*(1), 104-139. doi:10.1177/1094428119865016

Olya, H. G. (2020). Towards advancing theory and methods on tourism development from residents' perspectives: Developing a framework on the pathway to impact. *Journal of Sustainable Tourism*, 1-21.

Orme, B. K. (2010). *Getting started with conjoint analysis: Strategies for product design and pricing research* (2nd ed.). Madison, USA: Research Publisher LLC.

Papastathopoulos, A., Ahmad, S. Z., Al Sabri, N., & Kaminakis, K. (2020). Demographic analysis of residents' support for tourism development in the UAE: A Bayesian structural equation modeling multigroup approach. *Journal of Travel Research, 59*(6), 1119-1139.

Pareek, V., & Harrison, T. (2020). SERVBID: the development of a B2C service brand identity scale. *Journal of Services Marketing, 35*(3), 601–620.

Peng, C.-Y. J., Lee, K. L., & Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research, 96*(1), 3-14.

Pingani, L., Coriani, S., Galeazzi, G. M., Nasi, A. M., & Franceschini, C. (2020). Can stigmatizing attitudes be prevented in psychology students? *Journal of Mental Health*, 1-6.

Qiu, L., & Qi, L. (2020). E-learning assessment for tourism education LISREL Assisted intercultural tourism perception and data integrated satisfaction perspectives. *Journal of Computing in Higher Education, 32*(1), 89-108.

Quintana, S. M., & Maxwell, S. E. (1999). Implications of recent developments in structural equation modeling for counseling psychology. *The counseling psychologist, 27*(4), 485-527.

Rahim, A. (2017). *Does emotional intelligence influence job performance?* Paper presented at the Academy of Management Journal.

Rahim, A., Civelek, I., & Liang, F. H. (2016). *Department chairs' SI and faculty members' satisfaction with evaluation of teaching and research.* Paper presented at the Academy of Management Journal.

Rao, V. R. (2014). *Applied conjoin analysis*. New York: Springer.

Rather, R. A. (2021). Monitoring the impacts of tourism-based social media, risk perception and fear on tourist's attitude and revisiting behaviour in the wake of COVID-19 pandemic. *Current Issues in Tourism*, 1-9.

Rather, R. A., Hollebeek, L. D., & Rasoolimanesh, S. M. (2021). First-time versus repeat tourism customer engagement, experience, and value cocreation: An empirical investigation. *Journal of Travel Research*, 0047287521997572.

Raykov, T., Tomer, A., & Nesselroade, J. R. (1991). Reporting structural equation modeling results in Psychology and Aging: Some proposed guidelines. *Psychology and aging, 6*(4), 499–503.

Rodrigues, A. I., Costa, A. P., & Moreira, A. (2018). *Using CAQDAS in visual data analysis: A systematic literature review.* Paper presented at the World Conference on Qualitative Research.

Roy, A. (2020). Studying positioning and repositioning of brands using multidimensional scaling. *Journal of Education for Business, 95*(1), 53-58.

Sagarra, M., Mar-Molinero, C., & Agasisti, T. (2017). Exploring the efficiency of Mexican universities: Integrating data envelopment analysis and multidimensional scaling. *Omega, 67*, 123-133.

Sarstedt, M., Hair Jr, J. F., Nitzl, C., Ringle, C. M., & Howard, M. C. (2020). Beyond a tandem analysis of SEM and PROCESS: Use of PLS-SEM for mediation analyses! *International Journal of Market Research, 62*(3), 288-299.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Research methods for business students* (5th ed.). Pearson Education: Essex, England.

Sawtooth Software, I. (2008). The CBC system for choice-based conjoint analysis. In: Sawtooth Software Sequim, WA.

Shahzad, A., Hassan, R., Abdullah, N. I., Hussain, A., & Fareed, M. (2020). COVID-19 impact on e-commerce usage: An empirical evidence from Malaysian healthcare industry. *Humanities & Social Sciences Reviews, 8*(3), 599-609.

Shi, W., Tang, L., Zhang, X., Gao, Y., & Zhu, Y. (2016). How does word of mouth affect customer satisfaction? *Journal of Business & Industrial Marketing, 31*(3), 393-403. doi:10.1108/JBIM-07-2014-0139

Subkoviak, M. J. (1975). The use of multidimensional scaling in educational research. *Review of Educational Research, 45*(3), 387-423. doi:10.3102/00346543045003387

Sunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students* (7th ed.). New York: Pearson Education.

Syrquin, M. (1978). The application of multidimensional scaling to the study of economic development. *The Quarterly Journal of Economics*, 621-639.

Talukder, M. S., Sorwar, G., Bao, Y., Ahmed, J. U., & Palash, M. A. S. (2020). Predicting antecedents of wearable healthcare technology acceptance by elderly: A combined SEM-Neural Network approach. *Technological Forecasting and Social Change, 150*, 1-13.

Teo, H.-H., Wei, K. K., & Benbasat, I. (2003). Predicting intention to adopt interorganizational linkages: An institutional perspective. *MIS quarterly*, 19-49.

Thakkar, J. J. (2020). Structural equation modelling: Application for research and practice (with AMOS and R). In J. Kacprzyk (Ed.), *Studies in systems, decision and control*. India: Springer.

Thompson, B. (1984). *Canonical correlation analysis: Uses and interpretation*. Newbury Park London: Sage.

Thongsri, N., Chootong, C., Tripak, O., Piyawanitsatian, P., & Saengae, R. (2021). Predicting the determinants of online learning adoption during the COVID-19 outbreak: a two-staged hybrid SEM-neural network approach. *Interactive Technology and Smart Education*, 1-18.

Tran, P. K. T., Nguyen, V. K., & Tran, V. T. (2020). Brand equity and customer satisfaction: a comparative analysis of international and domestic tourists in Vietnam. *Journal of Product & Brand Management, 30*(1), 180–194.

Triola, M. F. (2019). *Elementary statistics* (13th ed.). Boston, USA: Pearson Education.

Veasna, S., Wu, W.-Y., & Huang, C.-H. (2013). The impact of destination source credibility on destination satisfaction: The mediating effects of destination attachment and destination image. *Tourism Management, 36*, 511-526.

Wagner III, W. E. (2019). *Using IBM® SPSS® statistics for research methods and social science statistics* (6th ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.

Wagner, W. E. (2015). *Using IBM SPSS statistics for research methods and social science statistics* (5th ed.). United Kingdom: Sage.

Wang, E., Shen, C., Zheng, J., Wu, D., & Cao, N. (2021). The antecedents and consequences of awe in dark tourism. *Current Issues in Tourism, 24*(8), 1169-1183.

Wang, J., & Wang, X. (2020). *Structural equation modeling: Applications using Mplus* (2nd ed.). Oxford, UK: John Wiley & Sons.

Warren, C., Batra, R., Loureiro, S. M. C., & Bagozzi, R. P. (2019). Brand Coolness. *Journal of Marketing, 83*(5), 36-56. doi:10.1177/0022242919857698

Wilkins, H. (2010). Using Importance-Performance Analysis to Appreciate Satisfaction in Hotels. *Journal of Hospitality Marketing & Management, 19*(8), 866-888. doi:10.1080/19368623.2010.514554

Wu, W. Y., Chiag, C. Y., Wu, Y. J., & Tu, H. J. (2004). The influencing factors of commitment and business integration on supply chain management. *Industrial Management & Data Systems, 104*(4), 322-333.

Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3rd ed.). New York.: Harper and Row.

Yavari, F., & Mansourimoayyed, F. (2020). Analysis the role of advertising on behavioral intentions in tourism industry in post-corona era. *Tourism Management Studies*, 33-58.

Yoon, Y. S., Han, S. H., & Kim, Y. L. (2014). A Study of segmentation of foreign rural tourists based on rural tourism attributes, and satisfaction and loyalty. *Journal of Korean Society of Rural Planning, 20*(2), 115-126.

Zikmund, W. G., Babin, B. J., Carr, J. C., & Griffin, M. (2010). *Business Research Method*: Cengage Learning.

Zikmund, W. G., Babin, B. J., Carr, J. C., & Griffin, M. (2013). *Business research methods* (7th ed.). New Jersey: Thomson/South-Western.

វិទ្យាស្ថានស្ថិតិ. (២០១៩). ជំរឿនទូទៅប្រជាជននៅព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា ឆ្នាំ២០១៩. ប្រទេសកម្ពុជា: ក្រសួងផែនការ