



សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ

និង វិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច

សារណាបញ្ចប់ការសិក្សា

ការជ្រើសរើសម្ចីដែលព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូល

របស់ក្រុមហ៊ុន Walmart

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី០៣ ខែមេសា ឆ្នាំ២០២៣ ដល់ថ្ងៃទី៣១ ខែឧសភា ឆ្នាំ២០២៣

តាក់តែងឡើង ដោយ

និស្សិតឈ្មោះ វ៉ៃន វីតា

សី សុភាបញ្ញា

ណែនាំដោយ

លោក ព្រ៉ៃ សុគុណ

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ជំនាន់ទី ៧

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៩

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២៣



សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ
និង វិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច

សារណាបញ្ចប់ការសិក្សា

ការជ្រើសរើសម្ចាស់ដែលព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូល
របស់ក្រុមហ៊ុន Walmart

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី០៣ ខែមេសា ឆ្នាំ២០២៣ ដល់ថ្ងៃទី៣១ ខែឧសភា ឆ្នាំ២០២៣

តាក់តែងឡើង ដោយ

និស្សិតឈ្មោះ ឆែ ជីតា

សី សុភាបញ្ញា

ណែនាំដោយ

លោក ព្រី សុគុណ

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ជំនាន់ទី ៧

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៩

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២៣

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ខ្ញុំបាទឈ្មោះ **សី សុភាបញ្ញា** និងនាងខ្ញុំឈ្មោះ **តែ ធីតា** ជានិស្សិតថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ ផ្នែកគ្រប់គ្រងធុរកិច្ចនៃក្រុម M4A1 ជំនាន់ទី ៧ នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច ក្នុងឆ្នាំសិក្សា ២០២២ ២០២៣។ យើងខ្ញុំពិតជាមានមោទកសភាពចំពោះឱកាសនាពេលនេះ ដែលបានសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងសរសេរជាសារណាបញ្ចប់ការសិក្សាក្រោមប្រធានបទ “ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart (WMT)”។

ជាបឋម យើងខ្ញុំសូមសម្តែងនូវការគោរព និងសេចក្តីដឹងគុណដ៏រីសេសរីសាលជូនចំពោះលោកអ្នកមានគុណទាំងឡាយ **អ្នកម្តាយ និងលោកឪពុក** ដែលបានចិញ្ចឹមបីបាច់ថែរក្សាដោយព្រហ្មវិហារធម៌ទាំង ៤ ព្រមជាមួយគ្នានេះលោកទាំងពីរតែងមានសេចក្តីយកចិត្តទុកដាក់ និងគិតគូររឹងមាំបំផុតចំពោះអនាគតរបស់យើងខ្ញុំទាំងពីរនាក់ជាមួយនឹងដំបូន្មានពីបទពិសោធន៍ជីវិតរបស់លោកទាំងពីរ ដើម្បីស្តែងឱ្យឃើញពីគុណតម្លៃនៃការខិតខំប្រឹងប្រែងព្យាយាម និងមេរៀនជីវិតសំខាន់ៗសម្រាប់ការត្រិះរិះពិចារណាផងដែរ តាំងពីយើងខ្ញុំនៅក្មេងស្ថិតក្នុងវ័យចម្រើនសតិយល់ដឹងដំបូងៗ រហូតដល់បានចូលរៀនថ្នាក់វិទ្យាល័យ និងជាពិសេសនៅថ្នាក់ឧត្តមសិក្សានេះ ដែលជារៀងរហូតមកនេះសុទ្ធសឹងជាការវិនិយោគ និងការលះបង់ទាំងពេលវេលា កម្លាំងកាយ កម្លាំងចិត្ត និងថវិកា ជាពិសេសមិនថាលោកទាំងពីរប្រឈមមុខនឹងសេចក្តីលំបាកប៉ុណ្ណា មានបញ្ហាសុខភាព ក៏លោកទាំងពីរតែងបង្ហាញចេញនូវការអត់ធ្មត់ និងការព្រះពារដើម្បីបន្តផ្តល់នូវភាពកក់ក្តៅ និងជាទីពឹងដ៏ពិតប្រាកដសម្រាប់យើងខ្ញុំទាំងពីរជានិច្ច។ ជាហេតុដែលគុណរបស់លោកទាំងពីរពិតមិនអាចពណ៌នាអស់សេចក្តី និងតបស្នងផុតឡើយ ហើយនឹងគង់នៅជាគំរូដល់យើងខ្ញុំទាំងពីរជានិរន្តរតទៅ។

ជាបន្តមកទៀត យើងខ្ញុំសូមសម្តែងការគោរព និងការដឹងគុណដ៏ខ្ពង់ខ្ពស់ជូនចំពោះ **ឯកឧត្តមបណ្ឌិតសាកលវិទ្យាធិការ សាកលវិទ្យាធិការរង ព្រឹទ្ធមុនីរ័ត្ន ព្រឹទ្ធមុនីរ័ត្នរង លោក លោកស្រី សាស្ត្រាចារ្យ និងបុគ្គលិកទាំងអស់** ដែលយើងខ្ញុំពិតបានយល់នូវអំប្រែកនៃកាតព្វកិច្ច និងភាពមានទំនួលខុសត្រូវខ្ពស់ដែលជាការចូលរួមចំណែកយ៉ាងសកម្មក្នុងតួនាទីកសាងធនធានមនុស្សជាទូទៅ និងនិយាយដោយឡែកដើម្បីឱ្យដំណើរការសិក្សារៀនសូត្ររបស់យើងខ្ញុំជានិស្សិតពិតបានទទួលនូវបទពិសោធន៍ និងគុណភាពនៃការសិក្សាថ្នាក់ឧត្តមនេះ ជាពិសេសឱ្យបានដើរទន្ទឹមគ្នានឹងការវិវត្តន៍របស់សង្គម ដែលជានិច្ចកាលតែងទាមទារនូវមូលធនមនុស្សប្រកបដោយសក្តានុពលប្រកួតប្រជែង និងសមត្ថភាព ប្រកបដោយសីល សមាធិ បញ្ញាក្នុងកិច្ចចូលរួមចំណែកអភិវឌ្ឍសង្គមជាតិឱ្យកាន់តែរីកចម្រើនជាបន្តបន្ទាប់ទៅទៀត។

ជាពិសេស យើងខ្ញុំទាំងពីរក៏សូមធ្វើការថ្លែងអំណរគុណជូនចំពោះ លោកគ្រូ **ព្រះ សុគុណ** ដែលលោកបានជម្រុញយ៉ាងមុតមាំក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងសរសេរសារណាបញ្ចប់ការសិក្សានេះ ជាមួយនឹងដំបូន្មាន

និងការណែនាំសំខាន់ៗ និងជាគន្លឹះៗជាច្រើន មិនថាជាគតិអប់រំសតិការពិចារណា របៀបរបបបច្ចេកទេស ព្រមទាំងការលះបង់របស់លោកនូវពេលវេលា និងជួនពេលខ្លះ ទោះបីលោកមានបញ្ហាសុខភាព ក៏លោកនៅតែរក្សាការណាត់ជួបយើងខ្ញុំទាំងពីរនិងក្រុម ដែលនេះសង្ឃឹមឃើញពីទឹកចិត្តអាណិតស្រឡាញ់ ក៏ដូចជាការខ្ជាយខ្វល់គិតគូររបស់លោក ដែលលើសពីអ្វីជាកាតព្វកិច្ចរបស់លោកទៅទៀត រហូតដល់ការបញ្ចប់ការសរសេរសារណាមួយនេះ។

ជាចុងបញ្ចប់ ក្រុមយើងខ្ញុំសូមគោរពជូនពរដល់អ្នកមានគុណខាងលើ ឱ្យជួបប្រទះតែសេចក្តីសុខសំណាងល្អ ជោគជ័យគ្រប់ភារកិច្ច និងសូមឱ្យវត្ថុស័ក្តិសិទ្ធិទាំងអស់ តាមជួយថែរក្សាការពារ និងសូមឱ្យលោកចៀសឆ្ងាយពីជំងឺរាតត្បាតកូវីដ១៩ និងជួបប្រទះនូវពុទ្ធពរទាំង៤ប្រការគឺ អាយុ វណ្ណៈ សុខៈ ពលៈ កុំបីឃ្លៀងឃ្លាតឡើយ។

អារម្ភកថា

បន្ទាប់បានខិតខំប្រឹងប្រែង ត្រងត្រាប់ពីសំណាក់សាស្ត្រាចារ្យគ្រប់មុខវិជ្ជាទាំងអស់ចាប់តាំងពីថ្នាក់មូលដ្ឋានដល់ឆ្នាំទី៤ នៃថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រគ្រប់គ្រងធុរកិច្ចកន្លងមកនេះ ពិតជាធ្វើឲ្យយើងខ្ញុំទាំងពីរនាក់ ទទួលបាននូវចំណេះដឹងបន្ថែមជាច្រើន ទាក់ទងនឹងការគ្រប់គ្រងធុរកិច្ច ឬការធ្វើពាណិជ្ជកម្មផ្សេងៗ។ នៅក្នុងធុរកិច្ច ការលក់គឺពិតជាមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំង ព្រោះវាជាសរសៃឈាមនៃដំណើរការអាជីវកម្ម។ មួយវិញទៀត នៅក្នុងទីផ្សារមានការប្រកួតប្រជែងជាខ្លាំង ចំពោះក្រុមហ៊ុនណាដែលមានផលិតផលស្រដៀងគ្នាគឺទាមទារឲ្យពួកគេត្រូវត្រៀមខ្លួនទុកជាមុនឲ្យបានរួចរាល់ដូចជា ការរៀបចំយុទ្ធសាស្ត្រថ្មីៗ ជាពិសេស ក្រុមហ៊ុនត្រូវធ្វើការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់នោះអោយបានល្អ ដើម្បីរៀបចំផែនការផលិត វិនិយោគលើទុនបង្វិល និងការធ្វើសេចក្តីសម្រេចដែលពាក់ព័ន្ធផ្សេងៗទៀត។ ដោយការព្យាករណ៍មានសារប្រយោជន៍ក្នុងការធ្វើធុរកិច្ច យើងខ្ញុំបានសម្រេចជ្រើសរើសប្រធានបទ "ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart" មកធ្វើការសិក្សា។ អត្ថបទសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនេះ បានប្រើប្រាស់ម៉ូដែលនៃព្យាករណ៍ជាច្រើន ហើយចុងក្រោយធ្វើការជ្រើសរើសយកម៉ូដែលមួយដែលល្អបំផុតសម្រាប់ព្យាករណ៍លើប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុនឲ្យមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។

យើងខ្ញុំសង្ឃឹមយ៉ាងជឿជាក់ថា អត្ថបទស្រាវជ្រាវមួយនេះ អាចផ្តល់ជាចំណេះដឹងថ្មីមួយដល់និស្សិតក៏ដូចជាម្ចាស់អាជីវកម្មនានា នូវការសិក្សាទាក់ទងនឹងការជ្រើសរើសម៉ូដែល ដែលសក្តិសមបំផុតសម្រាប់ការព្យាករណ៍ទៅលើប្រាក់ចំណូល ឬការចំណាយផ្សេងៗក្នុងវិស័យធុរកិច្ច។ លើសពីនេះ យើងខ្ញុំក៏សង្ឃឹមថា អត្ថបទស្រាវជ្រាវនេះនឹងអាចជាជំនួយដល់និស្សិត និងអ្នកស្រាវជ្រាវជំនាន់ក្រោយ ដើម្បីធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវបន្ថែមទៀតអោយកាន់តែស៊ីជម្រៅល្អប្រសើរមួយកម្រិតទៀត។

ជាចុងក្រោយ យើងខ្ញុំសូមអភ័យទោសនូវរាល់កំហុសឆ្គងទាំងឡាយ និងចំណុចខ្វះខាតទៅលើខ្លឹមសារពាក្យពេចន៍ អក្ខរាវិរុទ្ធ ដែលកើតមានដោយអចេតនាក្នុងការស្រាវជ្រាវនៃសារណាបញ្ចប់ការសិក្សាមួយនេះ។ ក្រុមយើងខ្ញុំពេញចិត្តទទួលស្វាគមន៍នូវមតិស្តីបនា និងមតិរិះគន់កែលម្អពីសំណាក់អ្នកអានគ្រប់មជ្ឈដ្ឋានទាំងអស់ ដើម្បីឲ្យស្នាដៃមួយនេះកាន់តែមានភាពល្អប្រសើរបន្ថែមទៀត។

មាតិកា

បញ្ជីអក្សរកាត់.....	viii
បញ្ជីតារាង.....	ix
បញ្ជីរូបភាព.....	x
បញ្ជីឧបសម្ព័ន្ធ	xii

សេចក្តីផ្តើម

១. លំនាំបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ.....	១
២. ចំណោទបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ.....	២
៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ.....	២
៤. ទំហំ និងដែនកំណត់នៃការស្រាវជ្រាវ.....	២
៥. សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវ	៣
៦. វិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវ	៣
៦.១ ប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវ	៣
៦.២ ការប្រមូលទិន្នន័យ.....	៣
៦.៣ ការវិភាគទិន្នន័យ	៣
៧. រចនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ	៤

ជំពូកទី ១

រំលឹកទ្រឹស្តី

១.១ និយមន័យនៃការព្យាករណ៍	៧
១.២ ភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍.....	៨
១.៣ ដំណាក់កាលនៃវិធីសាស្ត្រធ្វើការព្យាករណ៍	៩
១.៤ ប្រភេទនៃការព្យាករណ៍.....	១០
១.៤.១ ការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ (Qualitative method).....	១០
១.៤.២ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ (Quantitative method)	១២
១.៥ និយមន័យ Time-Series Forecast និងសមាសធាតុនៃ Time-Series	១៣

១.៥.១. សមាសធាតុ Trend	១៣
១.៥.២ សមាសធាតុ Seasonal	១៤
១.៥.៣ សមាសធាតុ Cyclical.....	១៥
១.៥.៤ សមាសធាតុ Random.....	១៥
១.៦ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ.....	១៥
១.៦.១ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាប.....	១៦
១.៦.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមការវិភាគមេគុណ Autocorrelation	១៦
១.៧ សំណើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍សម្រាប់ទិន្នន័យ Trend	២០
១.៧.១ ម៉ូដែល Naïve	២១
១.៧.១.១ ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)	២១
១.៧.១.២ ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)	២២
១.៧.២ ម៉ូដែល Moving Average.....	២២
១.៧.២.១ ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)	២៣
១.៧.៣ ម៉ូដែល Exponential Smoothing	២៤
១.៧.៣.១ ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)	២៥
១.៧.៣.២ ម៉ូដែល Holt's Method of Exponential Smoothing (HES).....	២៦
១.៧.៤ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)	២៩
១.៧.៤.១ ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម PACF	៣១
១.៧.៤.២ ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង.....	៣៤
ក. ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល (Model Fit)	៣៤
ខ. ការត្រួតពិនិត្យលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង (Residual Check)	៣៨
១.៨ ជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលដើម្បីព្យាករណ៍.....	៤១
១.៩ ការវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍.....	៤១
១.៩.១ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀង Mean Absolute Deviation (MAD)	៤១
១.៩.២ មធ្យមនៃការេលម្អៀង Mean Squared Error (MSE)	៤២
១.៩.៣ មធ្យមនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ Mean Percentage Error (MPE)	៤២
១.៩.៤ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងជាភាគរយ Mean Absolute Percentage Error (MPE) .	៤២

១.៩.៥ ឫសការនែមធ្យមនៃការលម្អៀង Square Root of the MSE (RMSE).....	៤៣
១.១០ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍.....	៤៣

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុនWALMART

២.១ ប្រវត្តិរបស់ក្រុមហ៊ុន WAL-MART	៤៥
២.២ ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន WAL-MART.....	៤៦
២.២.១ លោក Sam Walton	៤៦
២.២.២ លោក Bud Walton	៤៦
២.៣ ទីតាំងក្រុមហ៊ុន	៤៧
២.៤ រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart	៤៧
២.៤.១ រូបសញ្ញា.....	៤៧
២.៤.២ អត្ថន័យនៃផ្កាកសញ្ញានៃក្រុមហ៊ុន WAL-MART នាពេលបច្ចុប្បន្ន	៥០
២.៥ ចក្ខុវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ	៥២
២.៥.១ ចក្ខុវិស័យ	៥២
២.៥.២ បេសកកម្ម.....	៥២
២.៥.៣ គុណតម្លៃ(Core Values)	៥២
២.៦ រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ក្រុមហ៊ុន WAL-MART	៥៣
២.៧ ទំនិញ និងសេវាកម្ម.....	៥៨
២.៧.១ ទំនិញ.....	៥៨
២.៧.២ សេវាកម្ម	៥៩
២.៨ យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ.....	៦៤
២.៩ ដៃគូប្រកួតប្រជែង.....	៦៥

ជំពូកទី៣

ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART

៣.១ ទិន្នន័យនៃចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART	៦៨
៣.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យនៃចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART	៦៩

៣.២.១ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាប	៦៩
៣.២.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាម Autocorrelation	៧០
៣.៣ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMARTតាមវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យ	៧១
៣.៣.១ ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)	៧២
៣.៣.២ ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)	៧៥
៣.៣.៣ ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)	៧៧
៣.៣.៤ ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)	៨១
៣.៣.៥ ម៉ូដែល Holts' Method of Exponential Smoothing(HES)	៨៥
៣.៣.៦ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)	៨៨
៣.៣.៦.១ ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម PACF	៨៨
៣.៣.៦.២ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1)	៨៩
៣.៤ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍	៩៣
៣.៥ ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង	៩៥
៣.៥.១ ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល AR(1) (Model Fit)	៩៥
៣.៥.២ ការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង (Residual Check)	៩៧

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងអនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន	១០០
២. អនុសាសន៍	១០១

ឯកសារយោង

ឧបសម្ព័ន្ធ

បញ្ជីអក្សរកាត់

ACF	: Autocorrelation Function
ACM	: Absolute Change Model
AR	: Autoregressive
ARIMA	: Autoregressive Integrated Moving Average
DES	: Double Exponential Smoothing
DMA	: Double Moving Average
HES	: Holt's Method of Exponential Smoothing
WMT	: Walmart
MA	: Moving Average
MAD	: Mean Absolute Deviation
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error
MPE	: Mean Percentage Error
MSE	: Mean Square Error
PACF	: Partial Autocorrelation Function
RCM	: Relative Change Model
RMSE	: Square Root of Mean Square Error
SES	: Single Exponential Smoothing
SMA	: Simple Moving Average

បញ្ជីតារាង

ទំព័រ

តារាងទី៣.១ ទិន្នន័យចំណូលប្រចាំឆ្នាំ ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart ពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ ២០២២	៦៨
តារាងទី៣.២ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល ACM (Absolute Change Model)	៧២
តារាងទី៣.៣ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល ACM	៧៣
តារាងទី៣.៤ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល ACM	៧៤
តារាងទី៣.៥ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល RCM (Relative Change Model).....	៧៥
តារាងទី៣.៦ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល RCM	៧៦
តារាងទី៣.៧ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល RCM	៧៧
តារាងទី៣.៨ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល DMA(4) (Double Moving Average)	៧៩
តារាងទី៣.៩ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល DMA(4)	៨០
តារាងទី៣.១០ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល DMA(4).....	៨១
តារាងទី៣.១១ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល DES (Double Exponential Smoothing).....	៨២
តារាងទី៣.១២ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល DES	៨៣
តារាងទី៣.១៣ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល DES	៨៤
តារាងទី៣.១៤ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល HES (Holt's Exponential Smoothing).....	៨៥
តារាងទី៣.១៥ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល HES.....	៨៦
តារាងទី៣.១៦ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល HES.....	៨៧
តារាងទី៣.១៧ បង្ហាញពីការរៀបចំទិន្នន័យក្រោយដឹងលំដាប់	៩០
តារាងទី៣.១៨ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១	៩១
តារាងទី៣.១៩ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល AR(1).....	៩២
តារាងទី៣.២០ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល AR(1).....	៩៣
តារាងទី៣.២១ ការប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ របស់ម៉ូដែលទាំង ៦	៩៤

បញ្ជីរូបភាព

ទំព័រ

រូបភាពទី១.១ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Trend	១៣
រូបភាពទី១.២ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Seasonal.....	១៤
រូបភាពទី១.៣ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Cyclical	១៥
រូបភាពទី១.៤ ទំនាក់ទំនងមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Y_t និង Y_{t-1}	១៧
រូបភាពទី១.៥ ក្រាបតម្លៃបត្រមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ជាសមាសធាតុ Random	១៨
រូបភាពទី១.៦ ក្រាបតម្លៃបត្រមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ជាសមាសធាតុ Trend.....	២៩
រូបភាពទី ២.១ ទីតាំងស្នាក់ការកណ្តាលរបស់ Walmart.....	៤៧
រូបភាពទី ២.២ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1962-1964.....	៤៨
រូបភាពទី ២.៣ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1964-1981	៤៨
រូបភាពទី ២.៤ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1968-1981	៤៩
រូបភាពទី ២.៥ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1981-1992	៤៩
រូបភាពទី ២.៦ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1992-2008	៤៩
រូបភាពទី ២.៧ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 2008-បច្ចុប្បន្ន.....	៥០
រូបភាពទី ២.៨ ការផ្លាស់ប្តូររូបតំណាង Walmart.....	៥១
រូបភាពទី ២.៩ រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart.....	៥៣
រូបភាពទី ២.១០ Board of Director របស់ Walmart.....	៥៦
រូបភាពទី ២.១១ ដៃគូប្រកួតប្រជែងរបស់ Walmart	៦៥
រូបភាពទី៣.១ ក្រាបបង្ហាញពីចំណូលប្រចាំឆ្នាំ ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart ពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ ២០២២	៦៩
រូបភាពទី៣.២ តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៃចំណូលក្រុមហ៊ុន Walmart.....	៧០
រូបភាពទី៣.៣ ក្រាបតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៃចំណូលក្រុមហ៊ុន Walmart	៧១
រូបភាពទី៣.៤ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល ACM	៧៣
រូបភាពទី៣.៥ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល RCM	៧៦
រូបភាពទី៣.៦ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល DMA(4).....	៧៩
រូបភាពទី៣.៧ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល (DES).....	៨៣
រូបភាពទី៣.៨ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល (HES)	៨៦

រូបភាពទី៣.៩ បង្ហាញពីតម្លៃមេគុណ Partial Autocorrelation	៨៨
រូបភាពទី៣.១០ ក្រាបបង្ហាញពីការតម្រៀបតម្លៃ PACF	៨៩
រូបភាពទី៣.១១ ក្រាបបង្ហាញពីការតម្រៀបទិន្នន័យនៅ Colum ទី ៥ និង 6	
បង្ហាញទំនាក់ទំនង និងបង្កើតសមីការបន្ទាត់	៩១
រូបភាពទី៣.១២ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល AR(1)	៩២
រូបភាពទី៣.១៣ បង្ហាញពីការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌទាំង ៣នៃលម្អៀង	៩៧

បញ្ជីឧបសម្ព័ន្ធ

ឧបសម្ព័ន្ធទី ១.១ តារាង F Distribution

ឧបសម្ព័ន្ធទី ២.១ មុខទំនិញ Walmart

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.១ ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់២០២៣ របស់ Wal-Mart

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.២ របៀបបានចម្លើយមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ទាំង 10lags ក្នុងកម្មវិធី Minitab

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៣ Answer Report សម្រាប់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៤ Answer Report សម្រាប់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៥ របៀបបានចម្លើយមេគុណទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation ទាំង 10lags

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៦ របៀបបានសមីការបន្ទាត់សម្រាប់ព្យាករណ៍

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៧ តារាង Summary Output នៃមុខងារ Data Analysis

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៨ របៀបបាន Residual Plot ទាំង ៤លក្ខខណ្ឌក្នុងកម្មវិធី Minitab

សេចក្តីផ្តើម

១. លំដាប់ក្តីនៃការស្រាវជ្រាវ

នៅក្នុងឆ្នាំ ២០១៥ លោក Bill Gate បានឡើងធ្វើបទបង្ហាញលើកម្មវិធី TED Talks ដោយក្នុងឱកាសនោះ លោកបានលើកឡើងពីគ្រោះនៃជំងឺឆ្លងក្នុងសហគមន៍ ដែលគ្រប់គ្នាមិនទាន់បានត្រៀមខ្លួនដើម្បីប្រឈមមុខនា ពេលអនាគត។ ជាលទ្ធផលនៃការសង្កេតរបស់លោកពាក់ព័ន្ធនឹងការត្រៀមខ្លួនឲ្យបានរួចរាល់នៃហេដ្ឋារចនា សម្ព័ន្ធសុខាភិបាល ជាពិសេសការធ្វើទំនើបកម្មលើការស្រាវជ្រាវ និងការអភិវឌ្ឍន៍ ជាមួយនឹងការធ្វើតេស្តរោគ វិនិច្ឆ័យជាដើម ហើយអ្វីដែលគួរឱ្យកត់សម្គាល់ពីប្រសាសន៍របស់លោកគឺ បើមានអ្វីមួយអាចសម្លាប់មនុស្សខ្លង់ ១០លានអ្វីនោះ វាគឺជាពពួកភាគល្អិតដែលងាយឆ្លង។ មកដល់ចុងឆ្នាំ ២០១៩ ជម្ងឺរាតត្បាតសកលកូវីដ ១៩ក៏ បានកើតឡើងពិតប្រាកដមែន។ នៅឆ្នាំ ២០០៨ ទាក់ទងនឹងវិស័យហិរញ្ញវត្ថុ លោក Ray Dalio បានសង្កេត ឃើញស្ថានភាពណែនាំបំណុលមិនស្រួល លោក និងក្រុមការងារបានយកចិត្តទុកដាក់សិក្សាលើវិបត្តិដែលធ្លាប់កើត ឡើងនាគ្រាអតីតកាល ដូចជាវិបត្តិបំណុលអាមេរិកឡានអំឡុងឆ្នាំ ១៩៨០ វិបត្តិបំណុលរបស់ជប៉ុនអំឡុងឆ្នាំ ១៩៩០ និងព្រឹត្តិការណ៍មួយចំនួនទៀត បូករួមទាំងសៀវភៅប្រវត្តិសាស្ត្រ និងកាសែតចាស់ៗផងអំពីមហាវិបត្តិ សេដ្ឋកិច្ចជាដើម ក្នុងគោលបំណងធ្វើការប្រៀបធៀបអ្វីដែលបានកើតឡើង និងអ្វីដែលបានកំពុងកើតឡើង។ ដូច្នេះ ហើយទើបលោក Ray Dalio និងក្រុមហ៊ុន Bridgewater របស់គាត់ ដែលក្នុងនាមជាអ្នកចាត់ចែង និង វិនិយោគទុនផ្សេងៗដែលដៃគូ និងអតិថិជនបានដាក់ឱ្យគ្រប់គ្រង បានប្រមើលពីដំណើររបស់ទីផ្សារ និងបញ្ចៀស ការខាតបង់ផ្សេងៗបាន ដែលនាំឱ្យក្រុមហ៊ុនលោកតែមួយគត់បានសាងប្រាក់ចំណេញឱ្យអតិថិជនក្នុងអត្រា ១៤% ក្នុងពេលដែលអ្នកវិនិយោគផ្សេងៗទៀតខាតបង់លើសពី ៣០%ទៅទៀត¹។ ទាំងអស់នេះបានបង្ហាញឱ្យ ឃើញថា ការអាចប្រមើលទុកមុនបានបង្កើនប្រសិទ្ធភាពលើការគ្រប់គ្រងភាពមិនប្រាកដប្រជា និងការប្រុង ប្រៀបខ្លួនដោយសមត្ថភាព និងលទ្ធភាព។ ដូចគ្នានៅក្នុងការដំណើរការអាជីវកម្ម ដើម្បីធានាបាននូវការផ្គត់ផ្គង់ សេវាកម្ម និងផលិតផលដល់អ្នកប្រើប្រាស់ អ្នកទិញឱ្យបានរលូន ជាពិសេសលើប្រក្រតីភាពនៃគុណភាព ថ្លៃ និង ពេលវេលា ក្នុងទិសដៅរក្សាកិត្តិភាពរបស់អតិថិជនចាស់ផង ព្រមទាំងទាក់ទាញដល់អតិថិជនថ្មី រឺការកសាង ប្រាក់ចំណេញបន្ថែមដែលនេះអាចជាឱកាសថែមទៀត ការអាចដឹងមុនពីកត្តារាំងស្ទះផ្សេងៗ ជាមួយនឹងភាព អាចជឿទុកចិត្តបាន គឺពិតអាចធានាដល់ការចេះបត់បែនគ្រប់កាលៈទេសៈរបស់អាជីវករដ៏ពិតប្រាកដមួយ ពេល ជាមូលដ្ឋាននៃការត្រៀមផែនការទុកមុន ដែលប្រកបដោយភាពត្រឹមត្រូវ និងភាពជាក់ស្តែងច្រើន។

មួយវិញទៀត ដោយបានការសិក្សាពី សង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ និងសេវាបម្រើអតិថិជនរបស់ Walmart បានបង្ហាញ ថា Walmart គឺពិតជាបានកសាងប្រសិទ្ធភាព ក្នុងដំណើរការផ្គត់ផ្គង់របស់ខ្លួនដែលបានធ្វើឱ្យទំនិញ ផលិតផល

¹ Ray Dalio. 2017. Principles. P. 87-88 (PDF count)

របស់ Walmart គឺពិតជាមានតម្លៃផ្លូវថ្លៃច្រើន មានគុណភាព និងកម្រៃអស់ស្តុកណាស់លើមុខទំនិញអតិថិជន និយមទិញប្រើប្រាស់ រហូតដល់ Walmart ហ៊ានដាក់ចេញគោលការណ៍ឱ្យអតិថិជនយកវិក្កយបត្រមកផ្សំប្រគល់ បាន បើទំនិញហាងដទៃពួកគេបានទិញមានតម្លៃទាបជាង ក្នុងករណីបើពិត Walmart នឹងធ្វើការទូទាត់សង តាមចំនួនលើសវិញតែម្តង។ ជាក់ស្តែង ប្រាក់ចំណូលរបស់ Walmart ភាគច្រើនបំផុតរាប់ពីឆ្នាំ ១៩៦៧មក គឺ តែងមានការកើនឡើង ហើយជាពិសេសក្នុងពេលវិបត្តិកូវីដ ១៩ Walmart ក៏នៅតែបានកសាងប្រាក់ចំណូល របស់ខ្លួនថែមទៀត។ ដូចបានរៀបរាប់ខាងលើនេះហើយ ទើបជម្រុញឱ្យក្រុមយើងខ្ញុំបានជ្រើសរើសយកទិន្នន័យ ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart មកធ្វើការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលបរិមាណវិស័យ។

២. ចំណោទបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ

ដោយបានឃើញច្បាស់ពីភាពសំខាន់នៃប្រសិទ្ធភាពក្នុងការព្យាករណ៍ខាងលើ បូកផ្សំនឹងភាពប៊ិនប្រសប់ របស់ Walmart ក្នុងការបម្រើដល់សេចក្តីត្រូវការរបស់អតិថិជនលើកត្តាថ្លៃ និងបរិមាណទំនិញ។ ជាហេតុការ សិក្សាស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទខាងលើ គឺចង់ស្វែងយល់បន្ថែម ក៏ដូចជាបង្ហាញឲ្យបានកាន់តែច្បាស់ថា៖

- ◇ តើក្រុមហ៊ុន Walmart មានលក់សេវាកម្ម និងទំនិញអ្វីខ្លះ ?
- ◇ តើក្រុមហ៊ុន Walmart មានចក្ខុវិស័យដូចម្តេច ? និងមានយុទ្ធសាស្ត្រអ្វីខ្លះដែលអាចធ្វើឲ្យក្រុមហ៊ុនមាន ភាពល្បីល្បាញ ?
- ◇ តើម៉ូដែលព្យាករណ៍ណាខ្លះដែលសមស្របចំពោះទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ?
- ◇ តើម៉ូដែលមួយណាដែលល្អបំផុតសម្រាប់ព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ?

៣. គោលចំណងនៃការស្រាវជ្រាវ

ស្របតាមចំណោទបញ្ហាខាងលើ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះមានគោលបំណង៖

- ☉ សិក្សាពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart
- ☉ ស្វែងយល់ពីចក្ខុវិស័យ និងយុទ្ធសាស្ត្ររបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart
- ☉ កំណត់ម៉ូដែលព្យាករណ៍សមស្រប ដើម្បីព្យាករណ៍លើប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart
- ☉ ជ្រើសរើសម៉ូដែលមួយដែលល្អជាងគេ សម្រាប់ប្រភេទទិន្នន័យ Trend តាមរយៈមានការគណនា លម្អៀង ការពិនិត្យមើលភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល ព្រមទាំងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងផងដែរ។

៤. ទំហំ និងដៃគូកំណត់នៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សានេះ ផ្តោតលើស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart និងជាពិសេសគឺការយកចិត្តទុកដាក់ ពង្រីកបន្ថែមការស្វែងយល់អំពី ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យដែលត្រូវបានណែនាំ ចំនួន ៦ រួមមាន ម៉ូដែល Naïve ម៉ូដែល Moving Average ម៉ូដែល Exponential Smoothing និងម៉ូដែល Autoregressive ទៅលើទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart មានស្រាប់ ២២ឆ្នាំ គឺពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់

ឆ្នាំ ២០២២។ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ការសិក្សានេះមិនបានលើកយកដំណើរប្រតិបត្តិការក្នុងការព្យាករណ៍បែប គុណវិស័យមកបង្ហាញលម្អិតឡើយ។

៥. សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះទាំងមូល គឺជាការពង្រីកបន្ថែមតាមលំនាំជាអនុសាសន៍នៃឯកសារសារណារបស់ សិស្សច្បងមុនៗដែលបានសរសេរស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទស្រដៀងគ្នានេះ ដោយផ្ដោតលើចំណុចគួរស្វែងយល់ ដទៃៗទៀតដែលពាក់ព័ន្ធក្នុងការព្យាករណ៍ជាទូទៅ និងជាពិសេសចំពោះម៉ូដែលព្យាករណ៍នីមួយៗទាំង ៦ដូច បានរៀបរាប់ខាងលើ។ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះគួរបានជាប្រយោជន៍យ៉ាងពិសេសសម្រាប់មិត្តៗនិស្សិត ដែល ចូលចិត្តស្វែងយល់ពីដំណើរដើមហេតុ និងភាពសមហេតុសមផលទៅលើការអនុវត្តន៍រូបមន្តមួយចំនួន ក៏ដូចជា ចំពោះនីតិវិធីខ្លះៗផងដែរក្នុងការព្យាករណ៍បែបបរិមាណវិស័យនេះ។ ហើយជូនចំពោះសាធារណជនទូទៅ ការ សិក្សាស្រាវជ្រាវនេះគួរជាកត្តាញ៉ាំងនាំឱ្យមានការយល់ឃើញថា អ្នកជោគជ័យជាបុគ្គលអច្ឆរិយមិនមែនចូលចិត្ត ហានិភ័យឡើយ តែពួកគេព្យាយាមមើលវាឱ្យឃើញច្បាស់ ហើយមានវិធីកាត់បន្ថយ រឺឈានទៅបញ្ចៀស ទាំងស្រុង ដោយមានជំនួយពីការចេះធ្វើការព្យាករណ៍នេះ។

៦. នីតិវិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវ

៦.១ ប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាលើប្រធានបទ បានប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវបែបបរិមាណវិស័យ ដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគ ណិតវិទ្យាផ្នែកលើទិន្នន័យចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន។

៦.២ ការប្រមូលទិន្នន័យ

ដំណើរការនៃការសិក្សាមួយនេះ គឺបានពីផ្នែកលើការទាញបាននូវទិន្នន័យមានស្រាប់ (Secondary Data) ចំនួន ២២ ឆ្នាំជាទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart ពីឆ្នាំ ២០០១ មកដល់ឆ្នាំ ២០២២។

៦.៣ ការវិភាគទិន្នន័យ

បន្ទាប់ពីទទួលបានទិន្នន័យទាំង ២២ ឆ្នាំនោះបានហើយ ការសិក្សានេះចាប់ផ្ដើមដោយការវិភាគប្រភេទ របស់ទិន្នន័យតាមការមើលលើក្រាបតាងទិន្នន័យ និងការតាងមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ដែល បន្ទាប់ពីនេះគឺជាការបានដឹងពីម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលសមស្របសម្រាប់ប្រភេទទិន្នន័យ ដោយការសិក្សានេះបាន ជ្រើសរើសយកម៉ូដែលព្យាករណ៍បរិមាណវិស័យចំនួន ៦ដូចខាងក្រោម៖

- ម៉ូដែល Naïve ៖ ម៉ូដែល ACM និងម៉ូដែល RCM
- ម៉ូដែល Moving Average ៖ ម៉ូដែល DMA
- ម៉ូដែល Exponential Smoothing ៖ ម៉ូដែល DES និងម៉ូដែល HES និង

- ម៉ូដែល Autoregressive

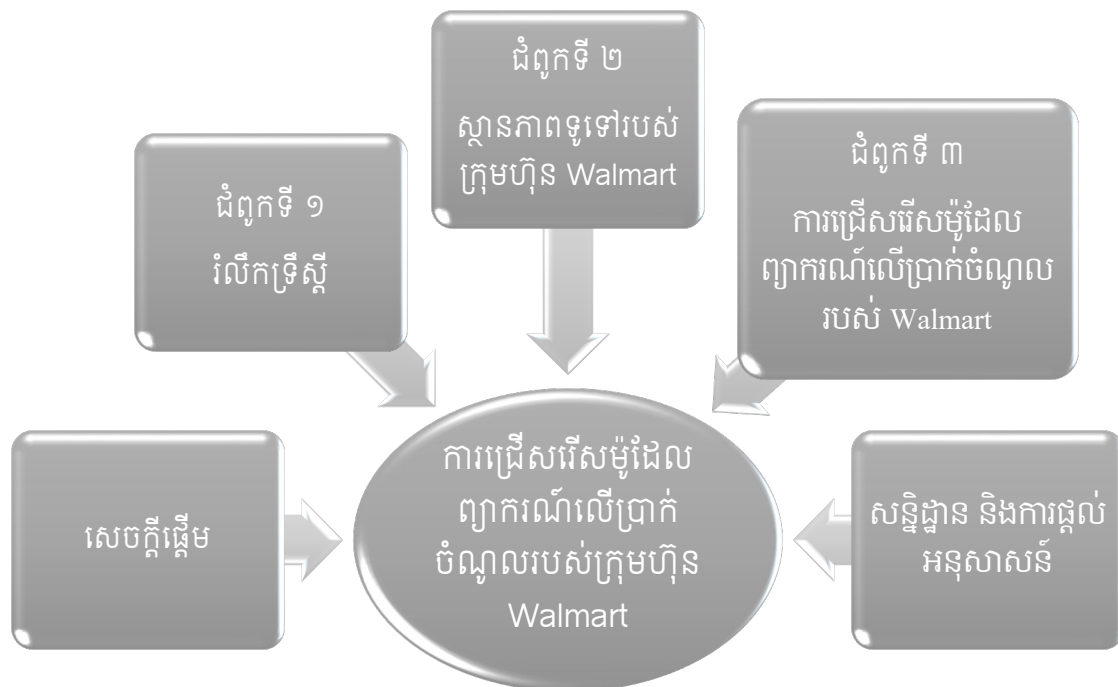
ចេញពីការគណនាការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនីមួយៗខាងលើ គឺជាការគណនាការវាស់លម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នេះ ដើម្បីមើលថាតើលទ្ធផលការព្យាករណ៍មានភាពជាក់ស្តែងកម្រិតណា៖

- មធ្យមនៃការលម្អៀង (Mean square error)
- ឫសការេនៃមធ្យមនៃការលម្អៀង (Root mean square error)
- មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតលម្អៀង (Mean absolute deviation)
- មធ្យមនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ (Mean percentage error)និង
- មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ (Mean absolute percentage error)

ដោយឡែក សម្រាប់ម៉ូដែល Autoregressive ប្រសិនបើវាជាម៉ូដែលមានលទ្ធផលការព្យាករណ៍ជាក់ស្តែងច្រើនជាងគេ ពេលគឺមានលម្អៀងតូចជាងគេ ភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងគឺជាការវិភាគចុងក្រោយ ដើម្បីបញ្ជាក់ឱ្យបានថាម៉ូដែលនេះពិតជាសម្រាប់ទិន្នន័យប្រាកដមែន។

គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ចំពោះការគណនា និងការវិភាគទិន្នន័យនៅក្នុងការសិក្សានេះគឺទទួលបានជំនួយប្រតិបត្តិការដោយកម្មវិធី Excel Office16 និង Minitab (Minitab® 20.3 (64-bit))។

៧. រចនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ



តាមដ្យាក្រាមខាងលើ រចនាសម្ព័ន្ធនៃការសិក្សានេះមានបែងចែកជា ៥ ផ្នែកធំៗ ដូចខាងក្រោម៖

សេចក្តីផ្តើម៖ បង្ហាញពីលំនាំបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ ចំណោទបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវវិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវ និងរចនាសម្ព័ន្ធទាំងមូលនៃការស្រាវជ្រាវនៃការសិក្សានេះ។

ជំពូកទី ១ រំលឹកទ្រឹស្តី៖ រៀបរាប់ផ្នែកសំខាន់ៗដូចជា និយមន័យការព្យាករណ៍ និងភាពចាំបាច់ក្នុងការព្យាករណ៍ការលក់ សំណើម៉ូដែលព្យាករណ៍បរិមាណវិស័យសម្រាប់ទិន្នន័យ Trend និងការវាស់លម្អៀង និងការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល (Model Fit) និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងទាំង ៣(Residual Check)។

ជំពូកទី ២ ស្ថានភាពទូទៅក្រុមហ៊ុន Walmart៖ បង្ហាញនូវចំណុចគោលៗទាក់ទងនឹងក្រុមហ៊ុន Walmartមានដូចជា ប្រវត្តិសង្ខេបរបស់ Walmart ស្ថាបនិករបស់ Walmart ទីតាំងក្រុមហ៊ុន រូបសញ្ញា និងអត្តន័យរូបសញ្ញា ចក្ខុវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ក្រុមហ៊ុន ប្រភេទទំនិញ និងសេវាកម្មរបស់ Walmart យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ និងបញ្ចប់ដោយ ដៃគូប្រកួតប្រជែងរបស់ Walmart។

ជំពូកទី ៣ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលក្នុងការព្យាករណ៍នៃចំណូលរបស់ Walmart៖ ជាការផ្តើមអនុវត្តន៍អ្វីជាការណែនាំ និងការពន្យល់រៀបរាប់នៅជំពូកទី ១ ដោយផ្តើមកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យចំណូលនេះ បន្ទាប់មកជាការគណនាការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលបរិមាណវិស័យទាំង ៦ ហើយបានលទ្ធផលធ្វើការគណនាលម្អៀងដើម្បីឈានទៅឃើញថា ម៉ូដែលណាដែលល្អជាងគេ និងការអនុវត្តន៍ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង ចំពោះម៉ូដែល Autoregressive ប្រសិនបើវាជាម៉ូដែលមានលម្អៀងតូចជាងគេ។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងអនុសាសន៍៖ មកដល់ផ្នែកចុងបញ្ចប់នេះ ជាការសរុបសេចក្តីលើប្រភេទទិន្នន័យដែលបានកំណត់ឃើញ និងភ័ស្តុតាងគាំទ្រដល់ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍បរិមាណវិស័យដែលល្អជាងគេមានពីការវាស់លម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥។ ចុងក្រោយគឺជាចំណុចផ្តល់អនុសាសន៍របស់អ្នកសិក្សា ដែលជាការឱ្យមតិយោបល់ដល់អ្នកសិក្សាបន្ត និងអ្នកស្រាវជ្រាវក្រោយៗទៀត។

ជំពូកទី១
រំលឹកច្រើន

ជំពូកទី ១

វិស័យទីផ្សារ

ជំពូកទី ១ នេះ ធ្វើការបង្ហាញ និងបកស្រាយ នូវចំណុចសំខាន់ៗមួយចំនួន ដូចជា៖

- និយមន័យ ការព្យាករណ៍ និងព្យាករណ៍ធុរកិច្ច
- ភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍
- សំណើម៉ូដែលសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍លើទិន្នន័យ Trend និងវិធីសាស្ត្រវាស់លម្អៀង
- ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង

១.១ និយមន័យនៃការព្យាករណ៍

ជានិច្ចកាល សេចក្តីយល់លើពាក្យព្យាករណ៍នេះ តែងត្រូវបានយល់ច្រឡំមកនឹងពាក្យទស្សន៍ទាយ ដែលដូចនេះហើយ ការស្វែងយល់អំពីនិយមន័យនៃការព្យាករណ៍នេះ គឺជួយឱ្យឃើញពីភាពចាំបាច់របស់វា។

យោងតាមសៀវភៅ Future Ready: How to Master Business Forecasting ក្រោមការនិពន្ធរបស់លោក Steve Morlidge និង Steve Player បានពន្យល់ពាក្យព្យាករណ៍នេះថា វាជាការថ្លែងពីអ្វីដែលនឹងកើតឡើង ជាគោលដៅដែលពណ៌នាពីអ្វីដែលជាការប៉ះពាល់ឱ្យកើតឡើង។²

បើតាមសៀវភៅ Forecasting Principles and Practice របស់លោក Rob J. Hyndman គាត់បានបង្ហាញនិយមន័យនៃការព្យាករណ៍ថា វាជាការការប៉ាន់ស្មានពីអនាគតឱ្យបានត្រឹមត្រូវតាមដែលអាចធ្វើទៅបាន ទៅតាមព័ត៌មានដែលមាន រួមមានទិន្នន័យអតីតកាល និងចំណេះដឹងទៅលើព្រឹត្តិការណ៍នាអនាគតណាដែលអាចប៉ះពាល់លើការព្យាករណ៍នេះ។³

ក្នុងពាក្យដូចគ្នានេះដែរ នៅក្នុងសៀវភៅ Statical Methods for Forecasting ដែលមានអ្នកនិពន្ធលោក Bovas Abraham និងលោក Johannes Ledolter ហើយទៅតាមការលើកឡើងពីវចនានុក្រមរបស់ Webster បានលើកឡើងមកថា ការព្យាករណ៍ ជាសកម្មភាពមួយដើម្បីគណនា រឺប្រមើលស្ថានភាព រឺព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគតខ្លះ ដែលជាធម្មតាជាលទ្ធផលនៃការសិក្សាតាមហេតុផល រឺការវិភាគទិន្នន័យដែលពាក់ព័ន្ធ។⁴

ដោយឡែកពីប្រភពគេហទំព័រ Institute of Business Forecasting and Planning បានឱ្យនិយមន័យពាក្យ Business Forecasting ថាជាដំណើរការចេញពីការប្រើប្រាស់ព័ត៌មានពីការវិភាគ, ទិន្នន័យ, គំនិតយល់ឃើញ និងបទពិសោធន៍ ដើម្បីធ្វើការប្រមើល និងឆ្លើយតបនឹងសេចក្តីត្រូវការផ្សេងៗនៃធុរកិច្ច។⁵

² Steve Morlidge and Steve Player. 2010. Future Ready: How to Master Business Forecasting. P. 138

³ Rob J. Hyndman & George Athanasopoulos. 2014. Forecasting Principles and Practice. P. 12

⁴ Bovas Abraham and Johannes Ledolter. 1983. Statical Methods for Forecasting. 1st Edition. P. 1

⁵ ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://ibf.org/knowledge/posts/what-is-business-forecasting-and-why-is-it-valuable-2-43> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៧ មិថុនា ២០២៣)

ឆ្លងតាមការឲ្យនិយមន័យ និងសេចក្តីពន្យល់អំពី ការព្យាករណ៍នេះ ជាមួយការព្យាករណ៍ គឺជាការត្រៀមខ្លួន សម្រាប់អនាគតកាល ដោយផ្អែកទៅតាមការវិភាគលើទំនោរហេតុផល រឺព័ត៌មាន និងទិន្នន័យដែលពាក់ព័ន្ធ អាច មានពីអតីតកាលផង ដូចជាបទពិសោធន៍ជាដើម។

ដូច្នេះហើយ ចំណុចបន្ទាប់គឺ ការពិចារណាលើភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូល ដែលជាប្រធាន បទនៃការសិក្សានេះតែម្តង។

១.២ ភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍

ដើម្បីឱ្យត្រូវនឹងបរិបទនៃប្រធានបទពាក់ព័ន្ធនឹង បញ្ហាអាជីវកម្ម ភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍ការលក់ត្រូវ បានលើកយកមកបកស្រាយ ពីព្រោះការលក់ត្រង់នេះបានជាចំណូលសម្រាប់អាជីវកម្ម ពេលគឺរូប ភាពសំខាន់លើការលក់ដាច់នូវផលិតផល រឺទំនិញ ដែលជាស្នូលនៃដំណើរការអាជីវកម្មមួយដែលទាក់ទងនឹង ការលក់។

ទោះបីភាពចាំបាច់ជាទូទៅគឺដើម្បីត្រៀមខ្លួនសម្រាប់អនាគត តែការត្រៀមដូចម្តេចឱ្យប្រាកដយ៉ាងណា តួយ៉ាងដូចចំពោះការព្យាករណ៍ការលក់នេះ គឺ៖

ទី១៖ ដើម្បីធ្វើផែនការយុទ្ធសាស្ត្រការលក់។ នៅទីនេះ ជាការផ្តោតលើបរិបទដែលដំណើរការការលក់មាន ទិន្នន័យកត់ត្រាច្រើន បង្កើតឱ្យមានអតីតភាពជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសម្រាប់ការពិចារណាធ្វើការព្យាករណ៍ ដោយការ សង្កេតដំណើរនៃទិន្នន័យពីពេលមួយទៅពេលមួយទៀត។ តាមរយៈនេះ វាអាចជួយដល់ក្រុមអ្នកធ្វើកិច្ចទីផ្សារ, ការគ្រប់គ្រងផលិតផល, និងការផលិត ដែលទាំងនេះវាជួយដល់ការសម្រេចចិត្តក្នុងការធ្វើការផ្សព្វផ្សាយ, ការ ដាក់ថ្លៃ, និងការទិញផ្សេងៗ ដែលវាជះឥទ្ធិពលដល់ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន ក៏ដូចជាចំណូលដុលផងដែរ។

ទី២៖ ដើម្បីកំណត់ទំហំសន្និធិ វាអាចត្រូវបានសន្មតថា ជាស្នូលនៃមូលហេតុនៃការព្យាករណ៍ក៏ថាបាន ពីព្រោះដោយប្រការមួយ ការព្យាករណ៍ផ្តល់សញ្ញាណថាតើផលិតផល រឺមុខទំនិញក្នុងបរិមាណប៉ុន្មានដែលអាច មានតម្រូវការច្រើន ដូច្នេះបង្ការយ៉ាងណាមិនឱ្យវាអស់ពីស្តុក។ ជាងនេះទៀត ការបានដឹងពីបរិមាណតម្រូវការ ច្រើនដូចនេះ នាំឱ្យការទិញស្តុកទទួលបានការបញ្ចុះតម្លៃផងដែរ។ ប្រការពីរ ការព្យាករណ៍នេះជួយកាត់បន្ថយការ ចំណាយលើការថែទាំ ទីផ្លាសស្រាប់ស្តុក ការខូចខាតដោយប្រការណាមួយផងដែរ។ មួយវិញទៀត គឺការឈាន ទៅអនុវត្ត ការគ្រប់គ្រងសន្និធិបែប Just In Time មានន័យថា ទំនិញនឹងមិនប្រើពេលនៅក្នុងឃ្លាំងយូរ រង់ចាំការ បញ្ជាទិញនោះទេ។^៦

ភាពចាំបាច់បន្តពីនេះ គឺត្រូវបានសង្កត់ធ្ងន់លើ ការធ្វើការព្យាករណ៍ការលក់ ដែលមិនមែនសម្រាប់តែផ្នែក ហិរញ្ញវត្ថុពាក់ព័ន្ធនឹងការធ្វើថវិកាឡើយ តែចំណេះដឹងពីលក្ខណៈនៃការឡើងចុះនៃការលក់ គឺពាក់ព័ន្ធជាមូល

⁶ Conrad Calberg. 2016. Excel Sales Forecasting for Dummies. 2nd Edition. P. 24-5

ដ្ឋាននឹងអ្នកធ្វើកិច្ចទីផ្សារ ដែលពួកគេក៏ត្រូវមានចំណែកយ៉ាងពិសេសដែរ។ ដូចនេះហើយ ដើម្បីឱ្យកាន់តែលម្អិត ភាពចាំបាច់នៅតាមផ្នែកផ្សេងៗ ចំនួន ៥ ចំពោះការព្យាករណ៍ការលក់នេះ ត្រូវបានលើកមករៀបរាប់៖

១-ការផលិត៖ ការព្យាករណ៍ជួយក្នុងការរៀបចំផែនការផលិត និងរៀបកាលវិភាគឱ្យទៅតាមលំដាប់ ដែល ទាំងនេះរួមបញ្ចូលទាំងគ្រឿងម៉ាស៊ីន កម្លាំងពលកម្មត្រូវដែលត្រូវប្រើ ជាមួយគ្នាការសន្សំសំចៃនៅក្នុងដំណើរការផលិត។

២-តម្រូវការកម្លាំងពលកម្ម៖ ការព្យាករណ៍ជួយឱ្យមានភាពប្រាកដប្រជាពីកម្រិតធនធានមនុស្សត្រូវចូលរួម ចំណែកក្នុងពេលអនាគត។ តាមរយៈនេះ ការជ្រើសរើសមនុស្សបន្ថែម ការត្រូវបង្កាត់ដល់ពួកគេជាដើម អាចនឹង ប្រព្រឹត្តទៅតាមការកើនឡើងនៃការលក់។

៣-ការបញ្ជាទិញ៖ ការព្យាករណ៍ជួយឱ្យមានការកម្រិតទិញ វត្ថុធាតុដើម រឺការត្រៀមផ្នែកសម្រាប់បង្កំ ប្រកប ទៅដោយប្រសិទ្ធភាព បញ្ចៀសបានការទុកចោលយូរពេកនាំឱ្យខាតបង់តាមរយៈការខូចស៊ីកជាដើម។ ម្យ៉ាង ទៀត វាបញ្ចៀស ការមានកង្វះខាតវត្ថុធាតុដើម រឺផ្នែកសម្រាប់បង្កំដែលនាំឱ្យរាំងស្ទះដល់សង្វាក់ផលិតកម្ម។

៤-ការចាត់ចែងហិរញ្ញវត្ថុ៖ ការព្យាករណ៍ជួយឱ្យការកំណត់ថវិកាចាយវាយ មានភាពសុក្រឹត ដែលភាពត្រឹម ត្រូវនេះជួយផ្តល់ទំនុកចិត្តក្នុងការស្នើបន្ថែមទុនកម្ចីពីធនាគារសម្រាប់ទ្រទ្រង់ប្រតិបត្តិការប្រចាំថ្ងៃនៃដំណើរការ អាជីវកម្ម ប្រសិនបើមានតម្រូវការដោយសំអាងលើចំណូលពីការលក់នាពេលខាងមុខ។

៥-ការធ្វើកិច្ចទីផ្សារ៖ ការព្យាករណ៍ជួយឱ្យការធ្វើផែនការដើម្បីផ្សព្វផ្សាយ និងយុទ្ធសាស្ត្រការលក់ ឱ្យបាន ត្រឹមត្រូវដូចជា ចំនួនប្រតិបត្តិការធ្វើកិច្ចទីផ្សារដែលអាចត្រូវបានជ្រើសរើស និងបណ្តុះបណ្តាល ហើយការធានា បាននូវការបម្រើដល់សេចក្តីត្រូវការដល់អតិថិជនក៏នឹងកាន់តែប្រសើរឡើងដែរ។⁷

ជាមួយមក ការព្យាករណ៍គឺពិតជាមានភាពចាំបាច់នៅក្នុងដំណើរការអាជីវកម្ម ក្នុងគោលដៅពង្រឹងបន្ថែមលទ្ធ ភាពក្នុងការឆ្លើយតបនឹងព្រឹត្តិការណ៍កើតឡើងតាមហេតុដែលត្រូវបានព្យាករណ៍ទុកមុន។

១.៣ ដំណាក់កាលនៃវិធីសាស្ត្រធ្វើការព្យាករណ៍

បន្ទាប់ពីបានឃើញពីភាពចាំបាច់នៃការព្យាករណ៍ដូចខាងលើ មកដល់ចំណុចនេះការសិក្សាបានបន្តចោទ សួរ ថាតើគួរចាប់ផ្តើមធ្វើអ្វីមុនក្នុងដំណើរការការព្យាករណ៍នេះ។ ដំណាក់កាលទាំង ៥ ជាមូលដ្ឋានក្នុងការធ្វើការ ព្យាករណ៍នេះ មានដូចតទៅ៖

ការកំណត់បញ្ហា និងការប្រមូលទិន្នន័យ៖ នៅទីនេះគឺ ការត្រូវឆ្លើយនឹងសំណួរ ២ ដែលទីមួយ តើមានតម្រូវ ការប្រើការព្យាករណ៍នេះដើម្បីជួយរឿងអ្វី? (ដូចភាពចាំបាច់នៅខាងលើ) និងទីពីរ តើទិន្នន័យសម្រាប់អាច ស្រាយបញ្ហាដោយការប្រើការព្យាករណ៍នេះមានពីប្រភពណា និងគួរយកមកដូចម្តេច?

⁷ Geoffrey .A. Lancaster and Robert .A. Lomas. 1985. Forecasting for Sales and Material Management. 1st Edition. P. 6-9
និស្សិត៖ ឆែ ធីតា និង សី សុភាបញ្ញា ៩ ណែនាំដោយ៖ លោក ព្រំ សុគុណ

ការចាត់ចែង និងសម្អាតទិន្នន័យ៖ បន្ទាប់ពីបានទិន្នន័យក្នុងដៃ ហើយដឹងពីបញ្ហាដែលត្រូវស្រាយដោយការព្យាករណ៍នេះ តែសំណួរចោទឡើងក្នុងទីនេះគឺ តើទិន្នន័យមានក្នុងដៃនោះមានភាពពាក់ព័ន្ធត្រឹមត្រូវក្នុងកម្រិតណា? អាចថា ជាទិន្នន័យចាស់ពេក និងច្រើនពេក ជាដើម។

ការត្រៀមម៉ូដែលតាមទិន្នន័យ និងការវាយតម្លៃម៉ូដែល៖ មកដល់ជំហាននេះ សំណួរដែលគួរចោទឡើងគឺ តើម៉ូដែលណាដែលត្រូវនឹងទម្រង់ទិន្នន័យដែលមានក្នុងដៃ? តើម៉ូដែលដែលត្រូវនឹងទិន្នន័យនេះ មួយណាមានភាពងាយយល់ ស្រួលប្រើ ហើយផលិតលម្អៀងតិច?

ការអនុវត្តន៍ការធ្វើការព្យាករណ៍នូវម៉ូដែលដែលបានជ្រើសរើស៖ បន្ទាប់មក គឺការផ្តើមធ្វើការគណនាតាមរបៀបប្រើប្រាស់ម៉ូដែលសម្រាប់ការព្យាករណ៍ដូចមានបង្ហាញនៅចំណុច ១.៧។ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ទិន្នន័យអតីតកាលដែលនៅក្រោយៗ (ថ្មី) ត្រូវបានទុកមួយឡែកសម្រាប់ការវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករណ៍។

ការវាយតម្លៃការព្យាករណ៍៖ នៅទីនេះ ការព្យាករណ៍គឺ ចេញពីតម្លៃនៃទិន្នន័យគ្រាអតីតកាលថ្មីៗចុងក្រោយគេបង្អស់ ហើយតម្លៃព្យាករណ៍ទាំងនេះនឹងត្រូវបានប្រៀបធៀបនឹងតម្លៃទិន្នន័យគ្រាអតីតកាលរបស់វាទាំងនេះ ដើម្បីមើលពីតម្លៃរវាងតម្លៃជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍នេះ។^៨

១.៤ ប្រភេទនៃការព្យាករណ៍

ដោយនៅក្នុងជំហានទី ១ខាងលើ ការកំណត់ដឹងបញ្ហាក្នុងការធ្វើការព្យាករណ៍ក៏មានរួមបញ្ចូលផងដែរដោយអត្ថន័យទាក់ទងនឹងថា តើប្រភេទនៃការព្យាករណ៍ណាដែលសក្តិសមទៅនឹងការដោះស្រាយបញ្ហាសម្រាប់ការព្យាករណ៍។ ហើយជាការពិត ប្រភេទនៃការព្យាករណ៍នេះត្រូវបានបែងចែកទៅតាមចំណាត់ថ្នាក់ច្រើនដែលនៅចំណុចនេះ មានចំណាត់ថ្នាក់ដែលបែងចែកលើវិធីសាស្ត្រចំនួនពីរត្រូវបានលើកឡើងមកគឺ តាមបែបគុណវិស័យ និងបែបបរិមាណវិស័យ។^៩

១.៤.១ ការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ (Qualitative method)

ក្នុងការប្រតិបត្តិវិធីសាស្ត្របែបគុណវិស័យនេះ វាត្រូវបានណែនាំសម្រាប់ការព្យាករណ៍រយៈពេលវែង ហើយក្នុងលក្ខខណ្ឌដែលមានកង្វះខាតទិន្នន័យអតីតកាល រឺនៅក្នុងពេលដែលភាពស្មាត់ជំនាញក្នុងវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យនៅមានកម្រិត ដែលយោងតាមហេតុនេះហើយការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យគឺពិតជាចាំបាច់។ ខាងក្រោមគឺជា ការពន្យល់យ៉ាងសង្ខេបនូវវិធីសាស្ត្រចំនួន ៤ ដូចតទៅ៖

ក្រុមអ្នកលក់៖ ដោយសារតែក្រុមអ្នកលក់ទាំងនេះ តែងបានក្បែរនឹងអតិថិជន និងសហគ្រាសនានា ដូច្នេះលក្ខណៈនៃតម្រូវការផ្សេងៗ នាំឱ្យពួកគេមានមូលដ្ឋានគ្រឹះច្រើនទាក់ទងនឹងអាកប្បកិរិយាអ្នកទិញរបស់អតិថិជន។ សមាជិកក្រុមលក់ជាអ្នកផ្តល់ការប្រមើលមើលអំពីបរិមាណការលក់នាពេលអនាគតដោយផ្អែកលើការយល់

⁸ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 5

⁹ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 3

ឃើញជាអារម្មណ៍ថ្មីៗក្នុងការសម្ភាសន៍។ ក្នុងការផ្តល់មតិរបស់ពួកគេម្នាក់ៗ កម្រិតថ្លឹងថ្លែងនេះមានពី កម្រិតសុទ្ធិដ្ឋិនិយមបំផុត, កម្រិតទុទ្ធិដ្ឋិនិយមបំផុត, និងការព្យាករណ៍ដ៏ទំនងនឹងកើតឡើងបំផុត។ ជានិច្ចកាល អ្នកគ្រប់គ្រងការលក់ជាអ្នកចងក្រងទុកនូវមតិព្យាករណ៍របស់សមាជិក ដែលអាចស្ថិតក្រោមជាក្រុមផលិតផល មួយ រឺជាប្រចាំតំបន់ទីតាំងភូមិសាស្ត្រ។ នៅទីបំផុតទៅ អ្នកដែលទទួលខុសត្រូវធ្វើការព្យាករណ៍សម្រាប់ការលក់ សរុបរបស់ក្រុមហ៊ុននឹងផ្តល់នូវការព្យាករណ៍នេះ ដើម្បីឱ្យវាបានក្លាយជាមូលដ្ឋានចំពោះកម្រិតផែនការដែល ត្រូវបានផ្តល់មក។

ការស្ទង់មតិអតិថិជន និងក្រុមមនុស្សជាទូទៅ៖ បែបផែននៃវិធីសាស្ត្រនេះវិញ គឺសម្រាប់ជាប្រភេទទំនិញ រឺ ផលិតផលជាលក្ខណៈលក់បែបឧស្សាហកម្ម ដូចជាឡានជាដើម។ លក្ខណៈនៃទំនិញ រឺផលិតផលបែបនេះ ត្រូវ បានសម្គាល់ចំពោះចេតនានៃការទិញរបស់អតិថិជនជាការធ្វើផែនការទុកមុន ហើយវាត្រូវបានប្រើសម្រាប់គ្រោង ការទិញរបស់ពួកគេ។ តែអ្វីដែលជាគោលនៃការធ្វើផែនការរបស់ពួកគេ គឺការដែលពួកគេគិតមើលពីអារម្មណ៍ ទាក់ទិននឹងមជ្ឈដ្ឋានជុំវិញ ដូចជាស្ថានភាពសេដ្ឋកិច្ចនេះជាពិសេសជាកាតាលីករនាំមុខ។ ពោលគឺ ការស្ទង់មតិ នៃវិធីសាស្ត្រនេះជាការផ្តោតលើ ទំនោរដែលជាលំនាំនៃអាកប្បកិរិយារបស់អ្នកទិញ។ ជាឧទាហរណ៍ជាក់លាក់ គឺ ការអនុវត្តរបស់សាកលវិទ្យាល័យ Michigan (University of Michigan) នៃមជ្ឈមណ្ឌលការស្រាវជ្រាវការ ស្ទង់មតិ ហៅឈ្មោះដើមនិងពេញថា Survey Research Center (SRC)។ ការស្ទង់មតិនេះ វាផលិតបាននូវសន្ទ ស្សន៍នៃការយល់ឃើញជាទូទៅលើលក្ខណៈនៃស្ថានភាពរបស់អ្នកប្រើប្រាស់ មានឈ្មោះពេញហៅថា Index of Consumer Sentiment (ICS) ដោយសំអាងលើបុគ្គលម្នាក់ៗចំនួន ៥០០ នាក់ ក្នុងនេះ ៤០% ជាអ្នកបានចូល រួមតាំងពី ៦ខែមុន ហើយ ៦០%ទៀត ជាក្រុមមនុស្សត្រូវបានជ្រើសរើសឱ្យចូលរួមដោយចៃដន្យ។ នៅពេលដែល តម្លៃនៃសន្ទស្សន៍នេះស្ថិតក្នុងតម្លៃខ្ពស់ វាបង្ហាញថាអារម្មណ៍ជាវិជ្ជមានគឺច្រើន អំពីស្ថានភាពសេដ្ឋកិច្ចជាងលទ្ធ ផលសន្ទស្សន៍ផ្តល់តម្លៃទាប។ ដូច្នេះតាមរយៈសន្ទស្សន៍ ICSនេះ បើបង្ហាញខ្ពស់ បានសេចក្តីថាព្រឹត្តិការណ៍ ដែលក្រុមមនុស្សក៏នឹងធ្វើការទិញទៅតាមប្រភេទជាក់លាក់ណាមួយដែលពួកគេនឹងជ្រើសរើសក៏ខ្ពស់ដែរ។

ការកាត់សេចក្តីរបស់ប្រធានធំៗ៖ ធាតុស្នូលនៃវិធីសាស្ត្រនេះគឺស្ថិតលើ ភាពមានជំនាញ និងបទពិសោធន៍ ខ្ពស់របស់អ្នកគ្រប់គ្រង ព្រមទាំងអ្នកដឹកនាំក្បាលម៉ាស៊ីនរបស់ក្រុមហ៊ុនទាក់ទងនឹងបញ្ហាក្នុងដំណើរការអាជីវ កម្ម ដែលពួកគេមកពីផ្នែកខុសៗគ្នាដើម្បីផ្តល់មតិព្យាករណ៍។ ការប្រមូលមតិព្យាករណ៍នេះ អាចប្រព្រឹត្តទៅជា លក្ខណៈសម្ភាសន៍ជាបុគ្គលៗ រឺការប្រជុំដើម្បីទទួលបានមតិយោបល់ព្យាករណ៍ចម្រុះ។

វិធីសាស្ត្រ Delphi៖ វិធីសាស្ត្រនេះគឺប្រហាក់ប្រហែលនឹងវិធីខាងលើ (ទី៣) នេះដែរ អ្វីដែលធ្វើឱ្យខុសគ្នា នៅទីនេះ តែមកជាមួយភាពល្អប្រសើរជាងគឺ ការប្រមូលមតិយោបល់ដោយលាក់អត្តសញ្ញាណ។ ពោលគឺពួកគេ ដែលចូលរួមផ្តល់មតិព្យាករណ៍នេះមិនទាំងស្គាល់អ្នកដទៃទៀតជានរណានៅក្នុងជុំនៃការសម្ភាសន៍នេះ។ ក្នុង

ការប្រមូលមតិព្យាករណ៍នេះ ប្រព្រឹត្តទៅដោយមានការចូលរួមពីសមាជិកក្រុមសម្ភាសក្នុងចំនួនជាទូទៅពី ៥ ទៅ ៧រូប។ ក្នុងវិធីសាស្ត្រនេះ មាន ៦ជំហាន ដូចតទៅ៖

១. សមាជិកចូលរួមផ្តល់មតិព្យាករណ៍ត្រូវបានជ្រើសរើស
២. កម្រងសំណួរសម្រាប់ការសម្ភាសន៍ទាញយកមតិព្យាករណ៍នេះ (មានអថេរអ្វីខ្លះពាក់ព័ន្ធ) ត្រូវបានចែកចាយទៅសមាជិកទាំងឡាយ។
៣. ចម្លើយរបស់សមាជិកទាំងអស់ត្រូវបានប្រមូល, រៀបជាតារាង, និងសង្ខេប។
៤. បន្ទាប់មកចម្លើយសង្ខេបទាំងអស់ត្រូវបានចែកចាយត្រលប់ទៅកាន់សមាជិកទាំងឡាយវិញសម្រាប់ការមើលឡើងវិញ និងពិចារណា។
៥. សមាជិកទាំងឡាយកែឡើងវិញនូវមតិព្យាករណ៍របស់ពួកគេរៀងៗខ្លួន ដោយសំអាងលើព័ត៌មានពីចម្លើយអ្នកផ្សេងទៀត
៦. ចុងក្រោយបង្អស់ទៅ នៅជំហានទី ៣ ទល់នឹងជំហានទី ៥នេះ ត្រូវធ្វើឡើងម្តងហើយម្តងទៀត លុះត្រាតែពុំមានអ្វីត្រូវកែតម្រូវ។

ក្នុងវិធីសាស្ត្រនេះ គឺមានភាពល្អប្រសើរជាងដទៃទៀតទាំង ៤ ដោយហេតុថា សមាជិកផ្តល់មតិព្យាករណ៍មិនងឥទ្ធិពល និងសម្ពាធក្នុងការផ្តល់ចម្លើយរបស់ពួកគេឡើយ។ ណាមួយការរីកចម្រើនផ្នែកបច្ចេកទេសកុំព្យូទ័រអាចជួយពន្លឿនដំណើរការប្រមូលចម្លើយនេះផងដែរ។¹⁰

១.៤.២ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ (Quantitative method)

ក្នុងករណីមានទិន្នន័យក្នុងដៃច្រើន ហើយដោយសារការបញ្ចេញគំនិតយោបល់របស់មនុស្សជាទូទៅអាចបង្កប់នូវភាពលម្អៀង ដូចនេះហើយការប្រើប្រាស់លេខគឺ បង្កើតភាពជាក់លាក់ និងបង្កើនសេចក្តីទុកចិត្តបានមួយកម្រិតទៀត។ ដោយផ្អែកតាមសៀវភៅ Forecasting the Principles and Practice ការឈានទៅប្រើប្រាស់ការព្យាករណ៍បែបបរិមាណវិស័យនេះ គឺគោរពតាមគោលគំនិតពីរ៖

- ១-ការមានព័ត៌មានជាលេខអំពីអតីតកាលក្នុងដៃ
- ២-ការដែលមើលឃើញថាទិដ្ឋភាពក្នុងលំនាំអតីតកាលខ្លះអាចបន្តដល់អនាគត

ភាគច្រើននៃចំណោទព្យាករណ៍ត្រូវដោះស្រាយតាមរយៈវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យនេះ គឺតាមរយៈ ទី១ ការព្យាករណ៍ដោយយកទិន្នន័យជាប្រភេទ Time Series (ប្រមូលនៅចន្លោះពេលវេលាទៀតទាត់មួយ ដែលមានកាលបន្តទៅទៀត) និងទី២ ការព្យាករណ៍ដោយយកទិន្នន័យជាប្រភេទ Cross Sectional (ប្រមូលនៅចំណុចពេលវេលាមួយជាក់លាក់)។¹¹ ក្នុងចំណុចបន្តទៅទៀត មានតែការព្យាករណ៍ជាប្រភេទ Time-Series ប៉ុណ្ណោះ

¹⁰ J. Holton Wilson & Barry Keating. 2008. Business Forecasting with ForecastX. 6th Edition. P. 16-19

¹¹ Rob J. Hyndman & George Athanasopoulos. 2014. Forecasting the Principles and Practice. P. 14

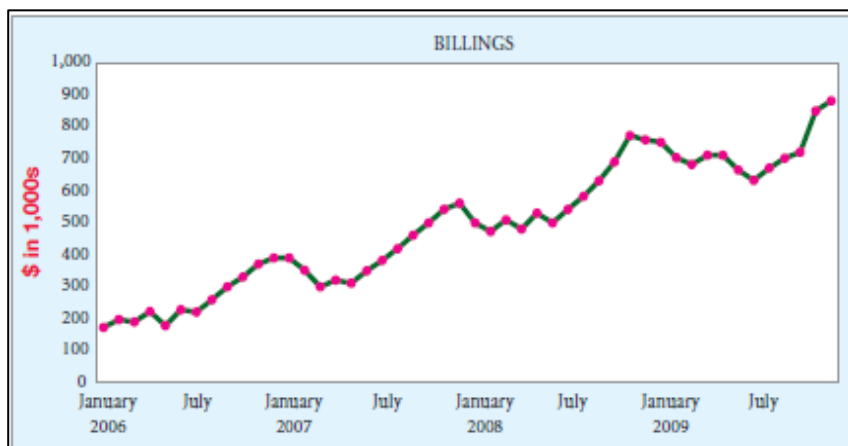
ត្រូវបានលើកយកមកលម្អិត ក៏ព្រោះផែនការនៃការអនុវត្តការព្យាករណ៍ក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ គឺជ្រើសរើសយក ទិន្នន័យរយៈពេល ២២គ្រាពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ឆ្នាំ ២០២២ប៉ុណ្ណោះដែលជាទិន្នន័យចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart។

១.៥ និយមន័យ Time-Series Forecast និងសមាសធាតុនៃ Time-Series

យោងតាមសៀវភៅ Forecasting the Principles and Practice ដដែលនេះ ការព្យាករណ៍បែប Time Series គឺជាមធ្យោបាយក្នុងការព្យាយាមសន្និដ្ឋានថា តើលំដាប់នៃទិន្នន័យដែលស្ថិតក្នុងការសង្កេតនឹងបន្តបែប នេះចូលទៅអនាគតដែរ រឺមិន ដោយការសង្កេតលើទិន្នន័យលក្ខណៈ Time Series គឺមានប្រយោជន៍ដោយហេតុ ថាទិន្នន័យទាំងនេះប្រែប្រួលទៅតាមពេលវេលា ដូចជាទិន្នន័យការលក់ជាដើម។¹² ដូច្នេះការព្យាករណ៍បែប Time Series នេះជារួមមក គឺជាលំដាប់នៃការសង្កេតតាមពេលវេលាដែលត្រូវបានលើកយកមកតាមចន្លោះពេល ទៀតទាត់ ដូចជា ប្រចាំម៉ោង ប្រចាំថ្ងៃ ប្រចាំសប្តាហ៍ ប្រចាំខែ ប្រចាំត្រីមាស ប្រចាំឆ្នាំជាដើម។ ក្នុងការព្យាករណ៍ បែប Time-Series នេះ គឺទាមទារការវិភាគដើម្បីកំណត់អត្តសញ្ញាណនូវឥរិយាបថក្នុងលំដាប់នៃការសង្កេតថា តើវាលេចជាទម្រង់ដូចម្តេច¹³ ដែលដូចនេះហើយ ជាការស្វែងយល់បន្ទាប់គឺពាក់ព័ន្ធនឹងសមាសធាតុនៃ Time-Series data នេះ។

១.៥.១. សមាសធាតុ Trend

រូបភាពទី១.១ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Trend



ប្រភពពី៖ សៀវភៅ Business Statistics A decision-making

សមាសធាតុបែប Trend នេះ គឺសំគាល់ដោយការកើនឡើង រឺថយចុះក្នុងរយៈពេលវែងមួយ នៅក្នុងអថេរ ដែលកំពុងត្រូវបានវាស់វែងតាមពេលវេលាដូចរូបទី ១.១ ខាងលើបង្ហាញ។ តាមរយៈរូបភាពនេះ ដំណើរកើន

¹² Rob J. Hyndman & George Athanasopoulos. 2014. Forecasting the Principles and Practice. P. 16

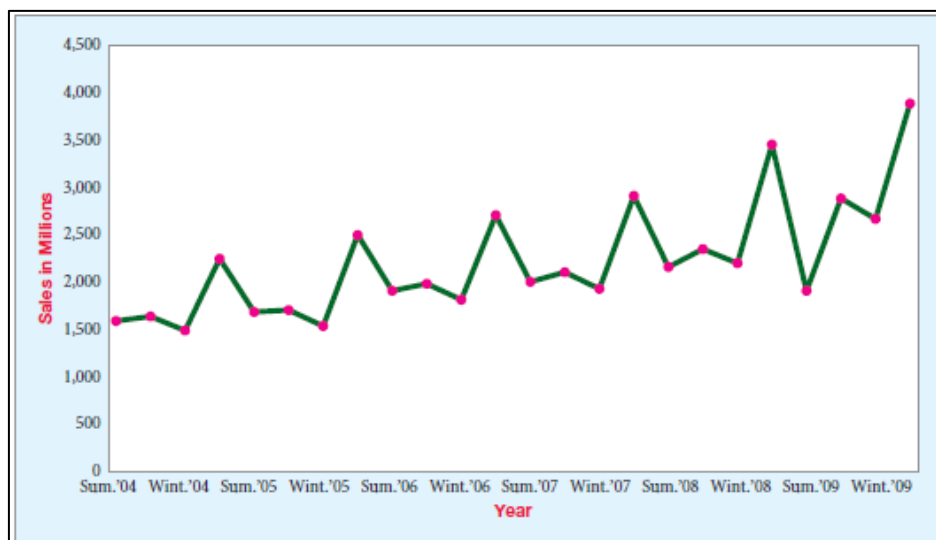
¹³ Stevenson, William J. 2021. Operation Management. 14th edition. P. 82

ឡើងរបស់ទិន្នន័យដែលបានរៀបរៀងនេះ គឺមានសភាពដូចនឹងកំណើត។ សមាសធាតុ Trend នេះក៏ត្រូវបានចាត់ថ្នាក់ជា បន្ទាត់ត្រង់ (Linear) និង មិនមែនជាបន្ទាត់ត្រង់(Nonlinear)។ការដែលអាចមើលឃើញថា វាជាបន្ទាត់ត្រង់ គឺការកើនឡើង រឺថយចុះក្នុងលំដាប់នៃពេលវេលានេះប្រព្រឹត្តទៅជាមួយនឹងអត្រានៃការប្រែប្រួលថេរ។

១.៥.២ សមាសធាតុ Seasonal

សមាសធាតុបែប Seasonal នេះ គឺសំគាល់ដោយទម្រង់ដូចនឹងទឹកលកដែលកើតម្តងហើយម្តងទៀតនៅមួយពេញស្មើនៃពេលវេលា ហើយការកើតឡើងម្តងហើយម្តងទៀតនេះ គឺប្រព្រឹត្តទៅភាគច្រើនជាងរាល់ ១ឆ្នាំម្តង។ ក្នុងន័យនេះដូចជា នៅរដូវកាលចូលឆ្នាំចិន តម្រូវការផ្លែឆ្នាំងតែងមានការកើនឡើងយ៉ាងខ្លាំង តែចេញពីរដូវកាលនៃពិធីនេះ តម្រូវការក៏ថយចុះវិញរហូតដល់ពិធីចូលឆ្នាំចិននាឆ្នាំក្រោយមកដល់ តម្រូវការផ្លែឆ្នាំងក៏នឹងកើនឡើងម្តងទៀត។ គួរកត់ចំណាំផងដែរថា ដើម្បីសង្កេតពីទម្រង់បែប Seasonal នេះ អ្នកព្យាករណ៍គួរគប្បីតម្រៀបតម្លៃសង្កេតជាប្រចាំត្រីមាស ប្រចាំខែ ប្រចាំសប្តាហ៍ រឺប្រចាំថ្ងៃ។ រូបភាពទី ១.២ បង្ហាញពីទម្រង់តម្លៃសង្កេតជា Seasonal ដែលឡើងជាងរាល់រដូវក្តៅ (Summer) និងចុះរាល់រដូវត្រជាក់ (Winter)។

រូបភាពទី១.២ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Seasonal

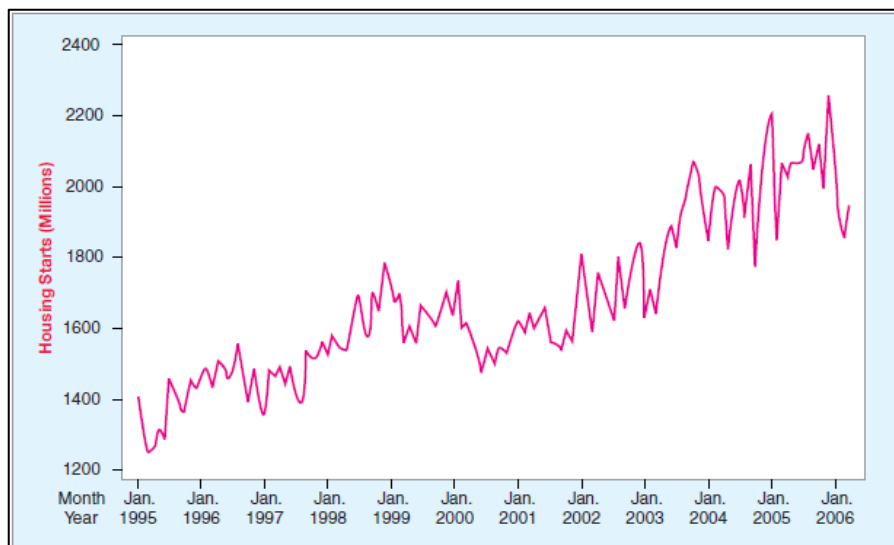


ប្រភពព័ះ សៀវភៅ Business Statistics A decision-making Approach

១.៥.៣ សមាសធាតុ Cyclical

សមាសធាតុបែប Cyclical នេះគឺសំគាល់ដោយ គំរូជាទីករលកដូចសមាសធាតុ Seasonalដែរ កើតម្តងហើយម្តងទៀតនៅទូទាំងស៊េរីនៃពេលវេលា តែអ្វីដែលព្រែកឱ្យខុសគ្នាពីសមាសធាតុ Seasonal គឺរយៈពេលនៃការកើតឡើងម្តងហើយម្តងទៀតនេះគឺអូសបន្លាយទៅយូរជាង ១ឆ្នាំម្តង។ រូបទី ១.៣ បង្ហាញពីទម្រង់ទិន្នន័យជា Cyclical។

រូបភាពទី១.៣ ទម្រង់ទិន្នន័យជា Cyclical



ប្រភព៖ សៀវភៅ Business Statistics A decision-making Approach

១.៥.៤ សមាសធាតុ Random

សមាសធាតុបែប Random គឺសំគាល់ដោយការផ្លាស់ប្តូរ រឺការប្រែប្រួលក្នុងស៊េរីនៃពេលវេលារបស់ទិន្នន័យប្រព្រឹត្តនៅក្នុងលក្ខណៈដែលមិនអាចប្រមើលមើលទុកមុនបាន (មិនច្រំដែល) និងមិនមានជាប់ក្នុងទម្រង់ជាក់លាក់នៃ វិឱ្យឃើញថាត្រូវនឹងទម្រង់ណាមួយដូចជា សមាសធាតុ Trend, Seasonal និង Cyclical ឡើយ។ ចំពោះសមាសធាតុទាំង ៣ខាងលើ ពីរូបទី ១.១ មកទល់នឹង រូបទី ១.៣ ក៏គឺបានបង្ហាញនូវវត្តមាននៃសមាសធាតុ Random នេះផងដែរ ដោយហេតុថាសមាសធាតុបែប Random នេះគឺអាចតាងឱ្យចំណុចរំខានក្នុងស៊េរីនៃទិន្នន័យ ដែលបង្ហាញចេញជាការឡើងចុះភ្លាមៗណាមួយដែលមិនអាចដឹងមុនបាន។¹⁴

១.៦ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ

ការយល់ដឹងពីប្រភេទនៃសមាសធាតុក្នុង Time Seriesខាងលើគឺជាបច្ច័យក្នុងការឈានទៅវាយតម្លៃ និងកំណត់អត្តសញ្ញាណទិន្នន័យដែលមានក្នុងដៃដើម្បីកំណត់ដឹងពីម៉ូដែលដែលត្រូវប្រើសម្រាប់ការព្យាករណ៍។

¹⁴ David F. Groebner, Patrick W. Shannon et. al. 2011. Business Statistics A decision making approach. 8th edition. P. 711-714

ខាងក្រោមគឺជា ការពន្យល់ពីការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាម ២ វិធី៖

១.៦.១ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាប

ហេតុអ្វីចាំបាច់តម្រៀបទិន្នន័យលើក្រាប? ដើម្បីអ្វី? ត្រូវពិចារណាលំដាប់នៃទិន្នន័យដែលមាននៅក្នុង តារាង? នៅទីនេះគឺជា ការណែនាំក្នុងការរៀបចំទិន្នន័យដែលមាន ក្នុងការឈានទៅកំណត់ដឹងពីទម្រង់នៃ ទិន្នន័យតាមចំណេះដឹងពីសមាសធាតុទាំង ៤ ខាងលើ។

ទី១ ភាពចាំបាច់ក្នុងការរៀបចំទិន្នន័យតាមលំដាប់ក្នុងតារាង គឺក្នុងលំដាប់ពីឆ្នាំតូច ដេញទៅធំ ជាឧទាហរណ៍ ពីឆ្នាំ ២០០១ ដេញមក ២០០២, ...២០២០ជាដើមពីព្រោះតាមភាពជាក់ស្តែង ពេលវេលាតែងធ្វើដំណើរទៅ មុខជានិច្ច ពីគ្រាមុនៗ មកគ្រាក្រោយៗថ្មីៗនេះ ហើយការសិក្សា និងស្វែងយល់ពីទិន្នន័យនេះគឺមកជាមួយគោល បំណងធ្វើការព្យាករណ៍សម្រាប់ពេលខាងមុខដែលជាមួយគ្នានេះ ថាតើនៅពេលដែលលំដាប់ឆ្នាំចេះតែកើន តើ មានការកើនឡើង រឺថយចំពោះទិន្នន័យ។

ទី ២ ការតម្រៀបទិន្នន័យលើក្រាប ប្រសិនបើការព្យាករណ៍ផ្អែកតាមទិន្នន័យការលក់គ្រាចាស់ៗ ការ បង្ហាញទិន្នន័យលើក្រាបត្រូវបានណែនាំឱ្យសង់ជា ក្រាបបន្ទាត់ (Line Chart) ហើយការប្រើប្រាស់គំរូនេះដូច បានឃើញក្នុងរូបទី ១.១, ១.២ និង ១.៣ កន្លងមក វាពិតបានបង្ហាញច្បាស់ៗ ងាយមើលពីដំណើររបស់ទិន្នន័យ តាមការប្រែប្រួលនៃពេលវេលា។ ហើយតាមរយៈភាពងាយស្រួលដូចនេះ វាពិតជាអាចជាជំនួយក្នុងការកំណត់ ប្រភេទទិន្នន័យ។

១.៦.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមការវិភាគមេគុណ Autocorrelation

ដោយការពឹងអាស្រ័យតែលើការសង្កេតទិន្នន័យតាមរយៈរូបក្រាប ហើយដោយសារតាមរយៈនេះការមើល ដោយភ្នែកទទេរនៅបង្កប់ភាពលំបាកក្នុងការកំណត់ឱ្យដាច់ថា ក្រាបបង្ហាញទិន្នន័យចូលក្នុងទម្រង់នៃសមាស ធាតុណាមួយ។ ជាហេតុដែលការសិក្សាកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាម ការវិភាគមេគុណ Autocorrelation គឺជាវិធី សាស្ត្រជំនួយដ៏ចាំបាច់។ មេគុណ Autocorrelation គឺជាទំនាក់ទំនងរវាងអថេរដែលនៅថយក្រោយមួយគ្រា រឺ ច្រើនគ្រា នឹងអថេរខ្លួនវា។¹⁵ តាមការឱ្យនិយមន័យដទៃទៀត តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នេះគឺ បង្ហាញមេគុណទំនាក់ទំនងរវាងស៊េរីនៃការសង្កេត និងការសង្កេតដទៃទៀត នៅក្នុងបណ្តុំទិន្នន័យដដែលដែល មាន មួយគ្រាថយ, ពីរគ្រាថយ, បីគ្រាថយ...។ល។¹⁶ តាមរូបទី ១.៤ខាងក្រោម នៅចំពោះការថយមួយគ្រា តាង ដោយ y_{t-1} វាតាមពិតជាតម្លៃនៅគ្រា y_t ហើយ $t=1$ ដែលត្រូវបានគេយកទៅដាក់ឱ្យតម្លៃនៅគ្រា $t=2$ ដូចនេះ វា បង្ហាញឱ្យឃើញថា នៅតម្លៃ $t=2$ និងតម្លៃដែលត្រូវបានគេថយពីតម្លៃនៅ $t=1$ នោះមកដាក់ទន្ទឹមគ្នាមានភាពខុស គ្នាក្នុងកម្រិតប៉ុណ្ណាអាស្រ័យដោយកត្តាគម្លាតពេលវេលាមួយគ្រាដូចនេះ។ តាមរបៀបនេះ វាអនុញ្ញាតឱ្យអ្នក

¹⁵ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 64-65

¹⁶ Conrad Calberg. 2016. Excel Sales Forecasting for Dummies. 2nd Edition. P. 308

សិក្សាអាចស្វែងយល់បានពីទំនាក់ទំនងនៃទិន្នន័យ ទៅតាមគម្លាតនៃពេលវេលាដូចបានបង្ហាញនេះ គឺភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃនៅខែមករា និងខែកុម្ភៈ។ នេះហើយ ជាទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃគ្រាប់បូប្បន្នតាងដោយ y_t និងទិន្នន័យថយបាន ១គ្រា y_{t-1} ។

រូបមន្តសម្រាប់ការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation មានបង្ហាញដូចខាងក្រោម៖ ¹⁷

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad k=0,1,2,\dots$$

ដែល k = គម្លាតនៃកំឡុងពេលដែលត្រូវបានហៅថា lag

r_k = មេគុណទំនាក់ទំនងសម្រាប់ lag នៃកំឡុងពេល k

$\bar{y}$ = មធ្យមនៃតម្លៃសង្កេតរបស់ទិន្នន័យ Time series

y_t = តម្លៃសង្កេតនៃរយៈពេល t

y_{t-k} = តម្លៃសង្កេតមុនរយៈពេល t ចំនួន k ដង ឬរយៈពេល $t-k$

រូបភាពទី១.៤ ទំនាក់ទំនងមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Y_t និង Y_{t-1}

Time t	Month	Original Data Y_t	Y Lagged One Period Y_{t-1}
1	January	123	
2	February	130	123
3	March	125	130
4	April	138	125
5	May	145	138
6	June	142	145
7	July	141	142
8	August	146	141
9	September	147	146
10	October	157	147
11	November	150	157
12	December	160	150

ប្រភពព័ត៌មាន៖ សៀវភៅ Business Forecasting

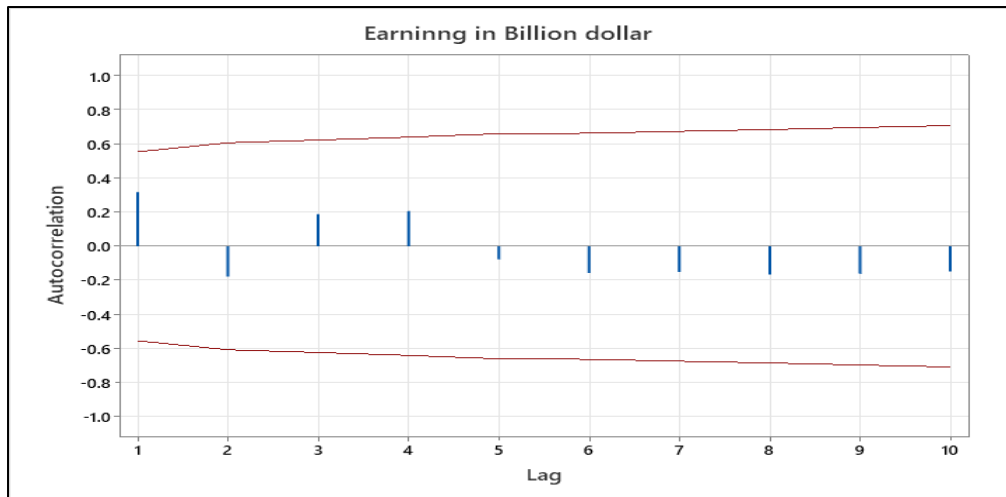
ក្នុងចំណុចនេះ ក៏មានការផ្តល់កំណត់សំគាល់សម្រាប់ភាពងាយស្រួលក្នុងការវាយតម្លៃថា ទម្រង់ទិន្នន័យចូលសមាសធាតុណាមួយទាំង ៤ ក្នុងគោលដៅបង្កើនភាពជាក់លាក់ផងដែរ តែគួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ដោយភាពប្រហាក់ប្រហែលគ្នារវាងសមាសធាតុ Seasonal និង Cyclical ដូចនេះ ការឱ្យកំណត់សំគាល់បានមក

¹⁷ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 65

ជាមួយក្នុង Seasonal តែម្តងដូចខាងក្រោម៖

១-ប្រសិនបើជាសមាសធាតុ Random តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation រវាង y_t និង y_{t-k} ក្នុង តម្លៃ k ណាក៏ដោយគឺខិតជិតនឹង សូន្យ។ តម្លៃបន្តបន្ទាប់ក្នុងសេរីនៃពេលវេលាគឺមិនទាក់ទងគ្នាតែម្តង។ (មើល រូបទី ១.៥)

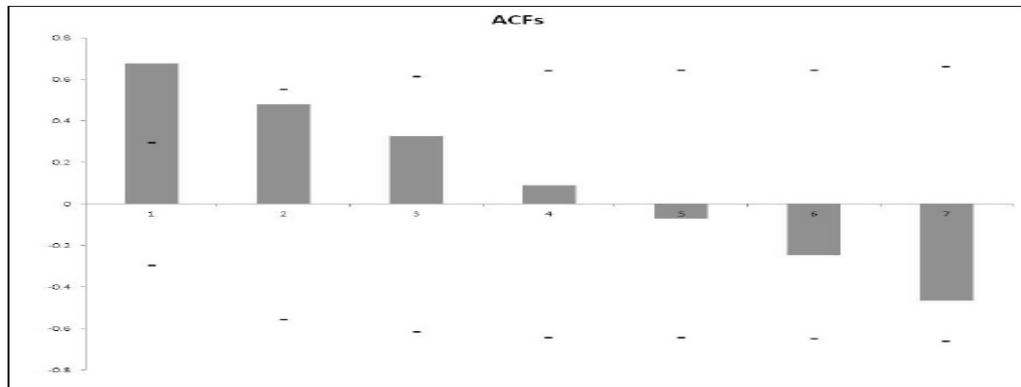
រូបភាពទី១.៥ ក្រាបតម្រៀបតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ជាសមាសធាតុ Random



២-ប្រសិនបើជាសមាសធាតុ Trend តម្លៃសង្កេតបន្តបន្ទាប់គឺជាប់ទាក់ទងគ្នាយ៉ាងខ្ពស់ ហើយតម្លៃមេគុណ ទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៅគ្រា y_{t-k} ដ៏ច្រើនដំបូងជាធម្មតាគឺមានតម្លៃខុសពីសូន្យ ហើយបន្ទាប់មកតម្លៃ y_{t-k} ក្រោយៗទៀតចាប់ធ្លាក់ និងឆ្ពោះទៅរកសូន្យបន្តិចម្តងៗ ដោយការកើនឡើងនៃតម្លៃគ្រា k នេះ។ តម្លៃ y_{t-k} នៅ $k=1$ ច្រើនតែ មានតម្លៃធំក្បែរនឹង ១ ហើយនៅ $k=2$ ក៏ដំដែរ តែមិនធំដូចនឹងនៅ $k=1$ ទេ។ ប៉ុន្តែពេលខ្លះនៅពេល តម្លៃ K កាន់តែកើន តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ក៏ចាប់មានការកើនមកវិញដែរ¹⁸ ហើយហេតុ ផលរបស់វាគឺ ដោយនៅគ្រា y_{t-k} នោះទំនាក់ទំនងចាប់មានភាពខ្លាំងឡើងមកវិញ រវាងតម្លៃនៅគ្រា y_{t-k} នោះនឹង តម្លៃនៅគ្រា y_t ។ (មើលរូបទី ១.៦)

¹⁸ Conrad Calberg. 2016. Excel Sales Forecasting for Dummies. 2nd Edition. P. 308

រូបភាពទី១.៦ ក្រាបតម្រៀបតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ជាសមាសធាតុ Trend



ប្រភពព័ត៌មាន៖ សៀវភៅ Excel Sales Forecasting For Dummies

៣-ប្រសិនបើជាសមាសធាតុ Seasonal វិញ តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នឹងមានតម្លៃគួរឱ្យកត់សំគាល់កើតឡើងជាលក្ខណៈរដូវកាលផងដែរ ដោយតម្លៃនេះនឹងលេចឡើងនៅចំគ្រា y_{t-k} ជាក់លាក់មួយ រឺច្រើនដទៃទៀត។ សម្រាប់ទិន្នន័យជាត្រីមាស តម្លៃគ្រា y_{t-k} លក្ខណៈរដូវកាលនេះគឺនៅ $k=4$ និងបើជាប្រចាំខែវិញ តម្លៃគ្រា y_{t-k} លក្ខណៈរដូវកាលនេះគឺនៅ $k=12$ ។¹⁹

តែថា គួរគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ប៉ុន្មាន Lag សម្រាប់ការឈានទៅកំណត់ដឹងទម្រង់របស់ទិន្នន័យ? តាមការពិតទៅ តាមការសង្កេតមើលលើរូបភាពបង្ហាញខាងលើ និងរបៀបដែលតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation អាចត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ពិនិត្យមើលប្រភេទទិន្នន័យនេះ វាអនុញ្ញាតឱ្យមានការទាញសេចក្តីសន្និដ្ឋានបានថា ចំនួន Lag គួរត្រូវគណនាគឺស្ថិតក្នុងគោលដៅធ្វើឱ្យកាន់តែងាយស្រួលក្នុងការសង្កេតពីសញ្ញាណដែលនឹងលេចឡើងមក ដូចមានក្នុងកំណត់សំគាល់ខាងលើ ពោលគឺការគណនាគួរមានចន្លោះពី ៥ ទៅ ១០ Lag ជាទូទៅ។ ដោយឡែកតែទិន្នន័យបែបជា Seasonal គឺអាចមានកាន់តែច្រើនកាន់តែល្អ។

គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា បើពិនិត្យមើលលក្ខណៈរូបរាងរបស់ទិន្នន័យបង្ហាញតាមរយៈក្រាបនៃសមាសធាតុទាំង ៣ ខាងលើមាន Trend, Seasonal និង Random និងការឱ្យកំណត់សំគាល់ទាំង ៣ ខាងលើនេះតាមតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation អនុញ្ញាតឱ្យមានសេចក្តីការសន្និដ្ឋានដូចនេះ៖

ចំពោះសមាសធាតុ Trend គឺកើតឡើងពី ការមានទំនោរទៅរក Style នៅក្នុងវប្បធម៌, ម៉ូតសម្លៀកបំពាក់, ការរចនាម៉ូត, កម្មវិធីកម្សាន្តជាដើម ហើយទំនោរដូចនេះគឺផ្សារភ្ជាប់យ៉ាងខ្លាំងនឹងពេលវេលា បង្កើតឱ្យមានការឡើងចុះដូចជានៅពេលរៀងយូរៗទៅ ការមានទំនោរទៅរក Style មួយជាក់លាក់ក៏នឹងធ្លាក់ចុះបន្តិចម្តងៗ ។ល។

¹⁹ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 68

ដែលការទាំងនេះ គឺពិតបានបង្ហាញឡើងដោយកំណត់សំគាល់នៃសមាសធាតុជា Trend ក្នុងការតម្រៀបតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation។

ចំពោះសមាសធាតុ Seasonal និង Cyclical គឺកើតឡើងស្រដៀងនឹងដំណើររបស់ Trendដែរ តែចំពោះ Seasonalនេះវាកើតឡើងមកដោយភាពជាក់លាក់ដូចជាប្រព័ន្ធនៃ ទំនៀមត្រូវធ្វើតាមកាលដាក់លាក់ជាដើម។ រីឯ Cyclical វិញ វាមានដំណើរជាវដ្ត ហើយប្រព្រឹត្តទៅ ដូចជាដំណើររបស់ផលិតផលថ្មីជាដើម ដែលមានពីចាប់ការទទួលស្គាល់ពីមនុស្សទូទៅ ការកសាងប្រាក់ចំណេញ រហូតដល់ដំណាក់កាលដែលផលិតផលនេះលែងស្ទុះផ្តល់ប្រាក់ចំណេញទៀត ដោយខ្សោយការគាំទ្រពីអតិថិជនជាដើម ដែលនេះវាត្រូវឆ្លងកាត់ពេលយូរក្នុងវដ្តដូចនេះ។ ទាំងអស់នេះបង្ហាញថា លក្ខណៈឱ្យសំគាល់នៃសមាសធាតុ Seasonal និង Cyclical របស់មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ក៏បានបង្ហាញដូចនេះដែរ។

ចំពោះសមាសធាតុ Random គឺកើតឡើងដោយការប្រែប្រួលដោយមិនអាចដឹងមុនបាន វាផ្តល់ផលប៉ះពាល់ភ្លាមៗ បង្កើតការឡើងចុះភ្លាមៗ ដូចជាផលប៉ះពាល់លើវិស័យទេសចរណ៍ ជាមួយនឹងសេវាដឹកជញ្ជូនអ្នកដំណើរ ក្រោមឥទ្ធិពលនៃការរាតត្បាតជំងឺ កូវីដ ១៩ជាដើម ដែលជាធម្មតាអត្ថមានទាំងស្រុងនូវជំនួញដឹកអ្នកដំណើរដែលជាប្រភេទសេវាកម្មដូចនេះ គឺមិនងាយកើតមានឡើយ។ ដូច្នេះហើយ លក្ខណៈដូចនេះពិតជាបានផ្តល់អត្ថន័យឱ្យ ការបង្ហាញចេញរបស់តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ក្នុងកំណត់សំគាល់ខាងលើ។

សរុបមក ឆ្លងតាមការធ្វើសំយោគនូវការសិក្សាវិភាគប្រភេទទិន្នន័យ តាមរយៈការមើលក្រាបតាងទិន្នន័យ និងការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ទំនាក់ទំនងរវាងវិធីទាំងពីរនេះ គឺស្ថិតក្នុងការបង្ហាញចេញនូវលក្ខណៈទម្រង់តាមបែបផែននៃសមាសធាតុទាំង ៤ ដូចគ្នា។ ជាពិសេស ការបានគូសក្រាបពីទិន្នន័យគឺពិតជាតម្រុយមួយ ដែលត្រូវបានបញ្ជាក់តាមរយៈការតាងមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ជាកិច្ចបង្ហាញសម្រាប់ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ។

១.៧ សំណើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍សម្រាប់ទិន្នន័យ Trend

ដោយបានដឹងពីថាទិន្នន័យមានក្នុងដៃ ស្ថិតក្នុងទម្រង់ណាមួយហើយ ក្នុងចំណោមសមាសធាតុទាំង ៤ មានរៀបរាប់ពីខាងលើ តែដោយជាគោលបំណងក្នុងការសិក្សានៅទីនេះ មានតែសំណើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍សម្រាប់ទិន្នន័យ Trend ប៉ុណ្ណោះ ត្រូវបានផ្ដោត។ នៅក្នុងសំណើម៉ូដែលនេះ ការសិក្សានៅទីនេះបានលើកយកនូវម៉ូដែលចំនួន ៦ (ក្នុងខ្លឹមសារសម្រាយ) មានដូចជា ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM), ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM), ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA), ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES), ម៉ូដែល Holt's Method of Exponential Smoothing (HES), និងម៉ូដែល Autoregressive (AR)។ សម្រាប់ម៉ូដែលនីមួយៗ ការពន្យល់បានរួមផ្សំនូវ និយមន័យ, រូបមន្ត, គុណសម្បត្តិ និង

គុណវិបត្តិ រីកចម្រើនអនុវត្តន៍ និងជាពិសេស ថា តើហេតុអ្វីម៉ូដែលទាំងនេះត្រូវបានណែនាំសម្រាប់ទិន្នន័យ Trend ផងដែរ។

១.៧.១ ម៉ូដែល Naive

ម៉ូដែល Naive គឺជា ម៉ូដែលដ៏សាមញ្ញមួយ ដែលការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែលនេះគឺ ប្រើការសន្មតដែលថា ទិន្នន័យចុងក្រោយបង្អស់គឺផ្តល់ឱ្យនូវការប្រមើលពីអនាគតដ៏ល្អ។ ក្នុងន័យបច្ចេកទេសនៃដំណើរការរបស់ម៉ូដែលនេះគឺជា ការផ្តល់ទម្ងន់នៃភាពសំខាន់លើ តម្លៃទិន្នន័យនៃគ្រាថ្មីៗចុងក្រោយបង្អស់ រីឯយ៉ាងហោចនៅគ្រាបុរាណមុនក្បែរនេះទេ ដោយមិនពិចារណាលើតម្លៃទិន្នន័យមុនៗ នៅយូរគ្រានោះឡើយ។

ដោយសារតែបែបនេះហើយ លក្ខណៈសម្បត្តិនៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Naive គឺវាប្រើប្រាស់សំណុំទិន្នន័យតិច ហើយដំណើរការសម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនេះមិនមានភាពស្មុគស្មាញឡើយ។ ក៏ប៉ុន្តែ ជាលក្ខណៈគួរឱ្យប្រុងប្រយ័ត្នវិញគឺ ប្រសិនបើទិន្នន័យនៅក្នុងដំណើរការប្រែប្រួលច្រើន ហើយពីលើនេះទៀតគឺ ការដែលវាបានតាមដានតែទិន្នន័យអតីតកាលនៅក្បែរៗនឹងតម្លៃអតីតកាលគ្រាចុងក្រោយបង្អស់ ដែលវាអាចមានការឡើងចុះខ្លាំងណាមួយនៅក្នុងសំណុំទិន្នន័យ។²⁰

ម៉ូដែល Naive នេះ ត្រូវបានបែងចែកជា ៣ ប្រភេទ មានដូចជា No Change Model (NCM), Absolute Change Model (ACM), និង Relative Change Model (RCM)។ តែមានតែម៉ូដែលចំនួន ២ ប្រភេទចុងក្រោយប៉ុណ្ណោះ មាន ACM និង RCM ដែលត្រូវបានណែនាំឱ្យអនុវត្តការព្យាករណ៍ចំពោះទិន្នន័យ Trend នេះ តែដោយហេតុដូចម្តេចនោះត្រូវបានស្រាយបញ្ជាក់នៅតាមការសរសេរពន្យល់ចំពោះម៉ូដែលទាំងពីរខាងក្រោម។

១.៧.១.១ ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)

ម៉ូដែល ACM នេះ គឺជាម៉ូដែលដែលត្រូវបានធ្វើការកែតម្រូវ ដោយបន្ថែមការបូកបញ្ចូលនូវចន្លោះនៃភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃគ្រា Y_t និងគ្រាមុន Y_{t-1} ដែលតាងដោយ Y_{t-1} ។ ការបូកបញ្ចូលនេះ គឺកើតចេញពីការសង្កេតឃើញពីភាពសំខាន់នៃគម្លាតរបស់វា រីឯការប្រែប្រួលនោះ ដូចជាទិន្នន័យ Trend នេះ ដែលការកើនឡើង រឺថយចុះមានដើមហេតុ រឺជាទំនោរ ដែលបរិមាណការប្រែប្រួលដូចនេះ ទាមទារការយកចិត្តទុកដាក់។ ដូច្នេះ ម៉ូដែល ACM នេះ មានរូបមន្តសម្រាប់ការគណនាព្យាករណ៍ដូចខាងក្រោម៖²¹

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + (Y_t - Y_{t-1})$$

ដែល $\hat{Y}_{t+1}$ = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេលបន្ទាប់ $t+1$
 Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

²⁰ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 101

²¹ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 104

១.៧.១.២ ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)

ម៉ូដែល RCM នេះ គឺជាម៉ូដែលដែលត្រូវបានធ្វើការកែតម្រូវ ដោយបន្ថែមការគុណបញ្ចូលនូវចន្លោះនៃភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃគ្រា Y_t និងគ្រាមុន Y_{t-1} ដែលតាងដោយ Y_{t-1} ជាផលធៀប។ ម៉ូដែល RCM នេះក៏មិនមានភាពខុសគ្នាពី ACM ប៉ុន្មានដែរ ដោយការវាស់បរិមាណការប្រែប្រួលត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរមកជាការពិចារណាលើ អត្រានៃការប្រែប្រួលវិញ រវាងតម្លៃគ្រា Y_t និងតម្លៃគ្រាមុន Y_{t-1} នេះ ដែលតាងដោយ Y_{t-1} ប៉ុណ្ណោះ។ ដូច្នេះ ម៉ូដែល RCM នេះ មានរូបមន្តសម្រាប់ការគណនាព្យាករណ៍ដូចខាងក្រោម៖²²

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \times \frac{Y_t}{Y_{t-1}}$$

ដែល $\hat{Y}_{t+1}$ = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេលបន្ទាប់ $t+1$

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

១.៧.២ ម៉ូដែល Moving Average

ផ្អែកតាមគោលគំនិតនៃ ការមិនទៅឱ្យភាពសំខាន់លើទិន្នន័យណាមួយ តែជាបណ្តុំនៃទិន្នន័យ ហើយដូចនេះវាជាការផ្តល់ភាពសំខាន់ស្មើគ្នា ដែលតាមរយៈនេះការឡើងចុះខ្លាំងក្នុងទិន្នន័យណាមួយ (ទិន្នន័យណាមួយមានតម្លៃទាបខ្លាំងពេក រឺខ្ពស់ខ្លាំងពេក) នឹងត្រូវបានបន្សាប ដោយភាពចូលរួមស្មើគ្នាជាបណ្តុំទិន្នន័យ ហើយនេះរាប់ជាលក្ខណៈសម្បត្តិមួយរបស់ម៉ូដែលនេះ។ ដូចនេះហើយ ម៉ូដែល Moving Average បើប្រើមកជាខេមរភាសាគឺ មធ្យមរំកិល ហើយតាមនិយមន័យរបស់វាគឺ មធ្យមរំកិលនេះគឺជាដំណើរការនៃការធ្វើការព្យាករណ៍ដោយការគណនាមធ្យមនៃបណ្តុំទិន្នន័យ ហើយពាក្យថារំកិលនេះគឺកើតពីការដែលតម្លៃមធ្យមភាគនេះ កាលណាវាត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការព្យាករណ៍នាគ្រាខាងមុខ វានឹងបោះចោលទិន្នន័យនាគ្រាចាស់ជាងគេមួយ ហើយចាប់យកទិន្នន័យចុងក្រោយបង្អស់ចំនួនមួយមកបន្ថែមវិញ ដើម្បីផលិតបាននូវតម្លៃមធ្យមថ្មី។ តែគួរឱ្យកត់សំគាល់ផងដែរថា ក្នុងមធ្យមរំកិលនេះ ក៏មានទិន្នន័យដែលនៅថេរផងដែរ។ មួយវិញទៀត ទំហំនៃបណ្តុំទិន្នន័យរឺចំនួន K ដែលត្រូវរំកិល ក៏យោងតាមការឱ្យភាពសំខាន់លើថា តើការសិក្សាចាប់សញ្ញាណដោយច្រើនលើការប្រែប្រួលថ្មីៗ ដោយចំនួនរំកិលតិច រឺចាប់សញ្ញាណដោយច្រើនលើទិន្នន័យគ្រាចាស់ៗ ដោយចំនួនរំកិលច្រើន។ ដូចនេះ វាផ្តល់ការសំគាល់ថា ប្រសិនបើទិន្នន័យដែលមានក្នុងដៃ វាមិនសូវមានការប្រែប្រួល និងចំនួនច្រើន ចំនួនរំកិលគួរមានចំនួនធំ តែបើមានការប្រែប្រួលដោយភ្លាមៗ ចំនួនរំកិលគួរមានចំនួនតូច។

អ្វីជាកម្រិតនៃការអនុវត្តតាមម៉ូដែលនេះដ៏គួរឱ្យកត់សំគាល់បន្ថែមទៀតគឺ បើទោះជាយ៉ាងណា ម៉ូដែល Moving Average នេះមានទំនោរសម្រាប់តាមដានទិន្នន័យថ្មីៗចុងក្រោយប៉ុណ្ណោះ។ ជាមួយគ្នានេះ ក៏មានការ

²² John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 110

លើកឡើងពីការដែលមិនអាចគណនាការព្យាករណ៍សម្រាប់គ្រាដំបូងៗបាន។ ម៉ូដែល Moving Average នេះ មានជាពីរប្រភេទគឺ Simple Moving Average និង Double Moving Average។ ក្នុងចំណោមពីរប្រភេទនេះ ម៉ូដែល Double Moving Average ត្រូវបានណែនាំឱ្យប្រើសម្រាប់ទិន្នន័យ Trend ហើយដែលមានលក្ខណៈជាបន្ទាត់ចម្លងទៀត តែក្នុងហេតុដូចម្តេចគឺមានការពន្យល់ក្នុងម៉ូដែល DMA ខាងក្រោម។

១.៧.២.១ ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)

ម៉ូដែល DMA គឺជាការអនុវត្តន៍ការគណនាគោលការណ៍មធ្យមរំកិលចំនួន ២ដង ពោលគឺ មធ្យមរំកិលទី ១ ចេញពីទិន្នន័យដើម តាងដោយ M_t ចំណែកមធ្យមរំកិលទី ២ចេញពីតម្លៃមធ្យមរំកិលទី ១ តាងដោយ M'_t ។ ការគណនានេះ មិនទាន់ជាការព្យាករណ៍នៅឡើយ ដោយត្រូវដាក់តម្លៃការគណនាមធ្យមរំកិលទាំងពីរនេះ ចូលក្នុងការគណនាមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរជាជំហានបន្ទាប់។ ជំហានបន្តពីនេះ ដែលតាមពិតជាការត្រូវបានគ្រិះរិះពីដំបូងគេគឺ ការកំណត់ចំនួនត្រូវរំកិល និងចំនួនគ្រាត្រូវព្យាករណ៍ទៅមុខប៉ុន្មានគ្រា។ តែវាមានចន្លោះដែលមិនមានទិន្នន័យ ដូច្នេះ នៅគ្រាណា រឺត្រង់ណាដែលត្រូវផ្តើមគណនាការព្យាករណ៍បាន គឺគួរងាយយល់នៅជំពូកទី ៣ ជាការអនុវត្តន៍នូវវិធានដូចបានរៀបរាប់នេះ។

ចំណែកហេតុដែលម៉ូដែល DMA នេះត្រូវបានណែនាំសម្រាប់ទិន្នន័យ Linear Trend រឺ Trend ដែលមានលក្ខណៈត្រង់រៀងបន្ទាត់ ក៏ព្រោះថាលក្ខណៈនៃទិន្នន័យ Trend នេះមានការប្រែប្រួលក្នុងមួយរយៈពេល គ្រាន់តែក្នុងលក្ខណៈនេះមានការកើនឡើង រឺថយជាដាច់ខាតបន្ទាត់ ហើយតាមរយៈម៉ូដែលនេះ ការមានមធ្យមរំកិលដល់ទៅ ២ដង គឺវាទៅលុបឥទ្ធិពលការឡើងចុះឥតប្រក្រតីនៅក្នុងគ្រាណាមួយផ្សំជាមួយ ការដែលមិនមែនតាមដានតែទិន្នន័យចុងក្រោយបង្អស់ណាមួយឡើយ ដោយការធ្វើជាមធ្យមរំកិលនេះប្រព្រឹត្តទៅជាបណ្តុំនៃទិន្នន័យ។

ខាងក្រោមជាប្រមូលមេគុណតាមជំហាននីមួយៗ រហូតដល់ ការគណនាការព្យាករណ៍៖ ²³

- M_t ជា Moving Average ទីមួយពី Y_t

$$M_t = \hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

- M'_t ជា Moving Average ទីពីរពី M_t

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-k+1}}{k}$$

- មេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficients of Linear Equation)

$$a_t = 2M_t + M'_t$$

$$b_t = \frac{2}{k-1} (M_t - M'_t)$$

²³ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 116-118

- សមីការនៃការព្យាករណ៍ទៅគ្រាបន្ទាប់

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p$$

ដែល $\hat{Y}_{t+p}$ = តម្លៃព្យាករណ៍

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងក្នុងរយៈពេល t

k = ចំនួនរយៈពេលក្នុង Moving Average (number of periods in moving average)

p = ចំនួននៃរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍

១.៧.៣ ម៉ូដែល Exponential Smoothing

ផ្អែកតាមប្រភពព័ត៌មានសៀវភៅ Excel Sales Forecasting for Dummies និងសៀវភៅ Business Forecasting A practical approach គោលគំនិតជាទូទៅចំពោះវត្តមាននៃម៉ូដែល Exponential Smoothing និង Single Exponential Smoothingនេះ បានពន្យល់មកថា ការគណនាការព្យាករណ៍គឺប្រព្រឹត្តទៅដោយអនុញ្ញាតឱ្យមានការកែតម្រូវការព្យាករណ៍នៅមួយគ្រាមុន ហើយបូកបញ្ចូលនឹងតម្លៃបច្ចុប្បន្ន ហើយវាមកជាមួយនឹងភាពសំខាន់នៃវត្តមានតម្លៃអត្រាអាល់ហ្វា (α) សំគាល់ការឱ្យភាពសំខាន់លើប្រភេទនៃទិន្នន័យទាំងពីរនេះ។²⁴

តែបើក្នុងតួនាទីមួយផ្សេងទៀត គោលគំនិតនៃវត្តមានរបស់ម៉ូដែល Exponential Smoothing គឺជាការផ្គុំបញ្ចូលគ្នារវាងតម្លៃគ្រាត្រូវសង្កេតថ្មីៗតែម្តងបច្ចុប្បន្ន និងតម្លៃដែលត្រូវបានសម្រួលមួយគ្រាមុន ហើយការសម្រេចចិត្តឱ្យភាពសំខាន់លើតម្លៃមួយណាខ្ពស់ជាង អាស្រ័យលើការកំណត់តម្លៃអាល់ហ្វា (α)។ ការធ្វើបែបនេះអនុញ្ញាតឱ្យទិន្នន័យទាំងពីរប្រភេទ នៅមានវត្តមានរៀងៗមករហូតចូលរួមចំណែកក្នុងដំណើរការធ្វើការព្យាករណ៍។ ឱ្យងាយយល់គឺថា ថាតើទិន្នន័យដែលមកក្រោយនោះ វាគួរជាធាតុចូលសំខាន់ក្នុងកម្រិតណា ហើយនិងទិន្នន័យដែលបានកែសម្រួលនៅមួយគ្រាមុន វាស្ថិតក្នុងកម្រិតគួរយកចិត្តទុកដាក់ប៉ុណ្ណាដែរ។ តែបើឱ្យយល់ក្នុងសញ្ញាណដូចក្នុងការគណនា Single Exponential Smoothing វាបានត្រឹមជាលក្ខណៈសម្អាតទិន្នន័យប៉ុណ្ណោះ។

សរុបមក និយមន័យឱ្យត្រូវនឹងបរិបទនៅទីនេះគឺ ម៉ូដែល Exponential Smoothing ជាការដែលប្រភេទទិន្នន័យទាំងពីរ មានទិន្នន័យបានកែសម្រួលនៅមួយគ្រាមុន និងទិន្នន័យបច្ចុប្បន្ន មាននាទីក្នុងដំណើរការការព្យាករណ៍ ដោយមានអត្រាអាល់ហ្វា (α)សំគាល់ការឱ្យភាពសំខាន់ ដែលសញ្ញាណនេះត្រូវបានប្រើប្រាស់ពន្យល់ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES) ខាងក្រោម។ ម៉ូដែលនេះ មាន ៣ប្រភេទ គឺ Single Exponential Smoothing, Double Exponential Smoothing, និង Holt's Method of Exponential

²⁴ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 112 & Conrad Calberg. 2016. Excel Sales Forecasting for Dummies. 2nd Edition. P. 259

Smoothing ហើយមានតែមួយដែលពីរចុងក្រោយនេះទេ ត្រូវបានណែនាំសម្រាប់ទិន្នន័យ Trend មានរៀងជា បន្ទាត់ រឺហៅថា Linear Trend។

ភាពល្អប្រសើរនៃម៉ូដែលនេះ គឺការអាចកំណត់អត្រានៃភាពសំខាន់រវាងតម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្ន និងតម្លៃនៅមួយ គ្រាមុន ហើយវាប្រព្រឹត្តទៅចំពោះគ្រប់ទិន្នន័យនីមួយៗ មិននៅកប់ក្នុងបណ្តុំដូចនៅម៉ូដែល Moving Average ខាងលើឡើយ។ កម្រិតនៃការអនុវត្តន៍ ក៏ដូចជាចំណុចត្រូវប្រុងប្រយ័ត្ន ចំពោះការអនុវត្តន៍ម៉ូដែល Exponential Smoothing មានពីរបញ្ហាដែលទី១ តម្លៃអាល់ហ្វា (α) គឺមិនត្រូវបានកែតម្រូវក្នុងដំណើរការការព្យាករណ៍នៅ ពេលខាងមុខឡើយ និងទី២ ការមិនអាចគណនាការព្យាករណ៍សម្រាប់គ្រាដំបូងបាន តែយ៉ាងណាក៏វាប្រសើរ ជាងការបាត់បង់ជាច្រើន នៅក្នុងម៉ូដែល Moving Average ផងដែរ។

១.៧.៣.១ ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)

ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing គឺជាការអនុវត្តន៍នូវវិធានសម្អាតទិន្នន័យ ដូចរៀបរាប់ក្នុងនិយម ន័យទូទៅខាងលើ តែប្រព្រឹត្តទៅចំនួន ២ដង ដែលលើកទី១ ពាក់ព័ន្ធនឹងតម្លៃបច្ចុប្បន្ន និងលើកទី២ ពាក់ព័ន្ធនឹង តម្លៃកែសម្រួលលើកទី១ ដែលនេះជាគោលការណ៍គោលរបស់ម៉ូដែល DES នេះ។ ជានិច្ចវិធីបន្ត គឺការគណនាមេ គុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរមាន មេគុណ a_t ដែលបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាង តម្លៃកែសម្រួលលើកទី ១ តាងដោយ A'_t និង តម្លៃកែសម្រួលលើកទី ២ តាងដោយ A''_t ។ បន្ទាប់មកគឺ ការគណនាមេគុណ b_t ដែលជា កត្តាតម្រូវ នៅ តាមចំនួន x ដែលវាជាចំនួនរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍។ បានដូចនេះហើយ ទើបចូលដល់ការ គណនាក្នុងសមីការលីនេអ៊ែរ ដែលជាការគណនាការព្យាករណ៍សម្រាប់ម៉ូដែល DES នេះ។

ហេតុដែលម៉ូដែល DES នេះ ត្រូវបានណែនាំសម្រាប់ Linear Trend ក៏ព្រោះថា ការអនុវត្តន៍ Exponential Smoothing ធម្មតា នឹងនាំឱ្យការព្យាករណ៍មានលទ្ធផលខុសដាច់ឆ្ងាយពីតម្លៃការពិត ពោលគឺនាំឱ្យមានលម្អៀង ការព្យាករណ៍ខ្ពស់។ យ៉ាងដូចនេះក៏ព្រោះថា តាមរបៀប DES គឺមានការពិនិត្យបន្ថែមលើលក្ខណៈរបស់ Trend តាមរយៈភាពខុសគ្នារវាងទិន្នន័យកែសម្រួលលើកទី ១ និងទី២ នៃមេគុណសមីការលីនេអ៊ែរសម្រាប់ការគណនា ការព្យាករណ៍ ដែលខុសពី SES ដែលយកចិត្តទុកដាក់យ៉ាងសំខាន់តែទៅលើ ការផ្លាស់ប្តូរញឹកញាប់ និងការឡើង ចុះភ្លាមៗអ្វីជាដើម។

ចំណុចគួរឱ្យកត់សំគាល់ទីពីរនៅក្នុងដំណើរការរបស់ម៉ូដែល DES នេះ គឺ ការកំណត់តម្លៃអាល់ហ្វា (α) ហើយផ្អែកតាមប្រភពព័ត៌មាន Business Forecasting និង Business Forecasting A practical approach តម្លៃអាល់ហ្វា ត្រូវបានពិចារណាដូចខាងក្រោម

១. ដោយមើលលើ ប្រភេទទិន្នន័យថ្មី រឺគ្រាបច្ចុប្បន្ន និងទិន្នន័យនាអតីតកាលៈ ប្រសិនបើ ទិន្នន័យនា គ្រាបច្ចុប្បន្នមានភាពសំខាន់ ដូច្នេះតម្លៃអាល់ហ្វាគួរស្ថិតក្នុងកម្រិតខ្ពស់ តែប្រសិនបើ ទិន្នន័យនាគ្រាអតីតកាល

មានគំរូសំខាន់ដែលពាក់ព័ន្ធ ដូច្នេះតម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រាក្នុងកម្រិតទាបសម្រាប់ទិន្នន័យបច្ចុប្បន្ន។

២. ដោយមើលលើលក្ខណៈរបស់ទិន្នន័យ Time Series៖ ប្រសិនបើទិន្នន័យមានលក្ខណៈឡើងចុះខ្លាំង គួរឱ្យតម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រាក្នុងកម្រិតទាប តែប្រសិនបើទិន្នន័យអតីតកាលមានលក្ខណៈខុសគ្នាច្រើនពីទិន្នន័យបច្ចុប្បន្ន ពេលគឺមានការផ្លាស់ប្តូរដ៏ប្រាកដបានកើតឡើង ដូច្នេះគួរឱ្យតម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រាក្នុងកម្រិតខ្ពស់។

ពីសៀវភៅទាំងពីរនេះដដែល ការកំណត់តម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រាឱ្យទុកចិត្តបាន គឺត្រូវបានសម្របសម្រួលដោយការពិនិត្យលើតម្លៃលម្អៀង MSE ដែលតម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រា គឺមានតម្លៃ MSE ជាអប្បបរមា ហើយនៅក្នុងការអនុវត្តន៍នៅជំពូកទី ៣ ការសិក្សានេះប្រើប្រាស់មុខងារ Solver ក្នុងកម្មវិធី Excel ដើម្បីទទួលបានតម្លៃអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រាល្អមួយ។ ដោយឡែក ចំពោះការគណនា តម្លៃ A'_1 និង A''_1 ជាធានា វាត្រូវបានគេសន្មតឱ្យស្មើនឹងតម្លៃសង្កត់ Y_1 ។ ខាងក្រោមគឺជា រូបមន្តសម្រាប់ការគណនាក្នុងដំណើរការការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល DES ដូចបានរៀបរាប់ក្នុងសេចក្តីពន្យល់ខាងលើនេះ៖ ²⁵

- គណនា Exponential Smoothing ទីមួយ (ការកែសម្រួលលើកទី ១)

$$A'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A'_{t-1}$$

- គណនា Exponential Smoothing ទីពីរ (ការកែសម្រួលលើកទី ២)

$$A''_t = \alpha A'_t + (1 - \alpha)A''_{t-1}$$

- រកមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficient of Linear Equation)

$$a_t = 2A'_t - A''_t \text{ តាងឱ្យ ភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃកែសម្រួលលើកទី១ និងទី២}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (A'_t - A''_t) \text{ តាងឱ្យ កត្តាតម្រូវ រឺហៅថា Adjustment Factor}$$

- បង្កើតសមីការព្យាករណ៍

$$\hat{Y}_{t+x} = a_t + b_t x$$

ដែល $\hat{Y}_{t+p}$ = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

x = ចំនួនរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍

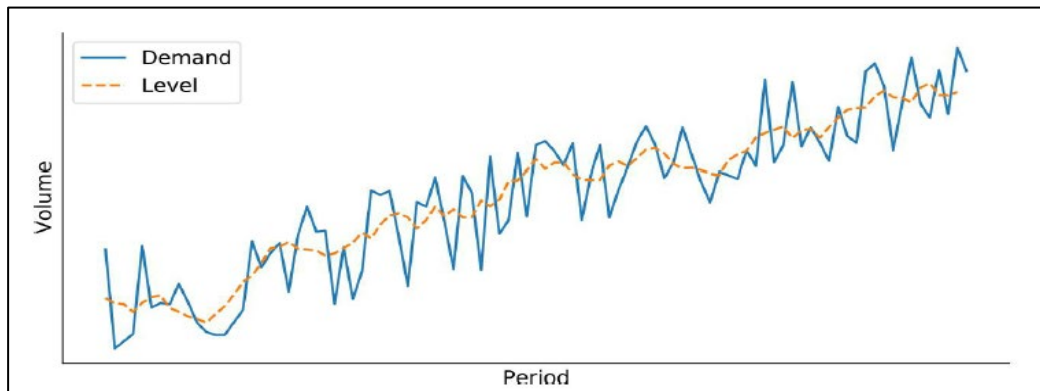
α = Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)

១.៧.៣.២ ម៉ូដែល Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)

ដោយសារតែការអនុវត្តន៍ម៉ូដែល DES ប្រើប្រាស់អត្រាអាស្រ័យហ្វាក់ត្រួតត្រា ហើយវានៅអាចរងគ្រោះពីការឡើងចុះភ្លាមៗនៃទិន្នន័យ។ ដើម្បីអាចមានភាពពាក់ព័ន្ធដោយផ្ទាល់ជាងនោះទៀត ម៉ូដែល HES របស់លោក Holt ត្រូវបានណែនាំឡើងមក ឱ្យតែឃើញថាទិន្នន័យពិតបង្ហាញប្រភេទទិន្នន័យ Trend ដោយការប្រើប្រាស់អត្រាពីរដាច់

²⁵ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 118

ដោយឡែក ដែលអត្រាអាល់ហ្វា សម្រាប់ទំនាក់ទំនងនឹង Level ចំណែកអត្រាបែលតា (β) សម្រាប់ទំនាក់ទំនងនឹង Trend។²⁶ នៅក្នុងម៉ូដែលនេះ មានធាតុចូលថ្មីមួយ ហើយវាក៏ជាចំណុចដ៏ស្មុគស្មាញគួរសមដែរគឺ ការគណនា មធ្យមនៃតម្លៃក្នុងស៊េរីនៃពេល សម្រាប់ពេលវេលាជាក់លាក់ណាមួយ²⁷ ហៅថា Level និងបើតាមសៀវភៅ Data Science for Supply Chain Forecasting បានបន្ថែមបន្តិចទៀតថា គំនូសបង្ហាញ Level នេះ គឺមានសភាពរលូនជាងទិន្នន័យ ហើយជាគំនូសដែលទិន្នន័យរំលេចរូបរាងរបស់វានៅជុំវិញគំនូស Level នេះ ដូចរូបខាងក្រោម។



Level នេះហើយ ជាសមីការមួយត្រូវគណនា (Current Level Estimate) រួមជាមួយសមីការ Trend (Trend Estimate) មួយទៀត ដែលទាំងពីរនេះបង្កើតបានជា សមីការបន្ទាត់ព្យាករណ៍មួយ ដែលអថេរ T_t តំណាងឲ្យ ចំណោតនៃបន្ទាត់ រីឯ L_t តំណាងឲ្យ គំនូស Level។ ឱ្យងាយយល់អ្វីជា សមីការ Level នេះ រួមទាំងគំនូសរបស់វា គេអាចហៅវាម្យ៉ាងទៀតថា ជាតម្លៃត្រូវបានសម្អាត រឺធ្វើឲ្យមានភាពរលូន (exponentially smoothed series) ដូចនេះហើយ ដែលក្នុងសៀវភៅ Data Science for Supply Chain Forecasting បានពន្យល់ថា គំនូស level នេះ វាមានសភាពរលូនជាងគំនូសទិន្នន័យ។ ដោយនៅក្នុងទិន្នន័យ Trend វាបង្ហាញពីលក្ខណៈកើនឡើងរឺថយចុះក្នុងរយៈពេលវែងមួយ ដែលដូច្នេះហើយ គំនូស Level (ដូចគំនូសជាប់ពណ៌លឿង) វាមានតួនាទីក្នុងការជួយបញ្ជាក់ពីលក្ខណៈរបស់ទិន្នន័យ Trend ដែលបានបង្ហាញឡើងតាមរយៈគំនូសទិន្នន័យ (ដូចគំនូសជាប់ពណ៌ខៀវ)។ សរុបមក សមីការគណនា Level រឺជាគំនូសតម្លៃទិន្នន័យបានសម្អាត គឺពិតជាចំណុចមួយត្រូវយល់ដឹងយ៉ាងសំខាន់ក្នុងដំណើរការការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល HES នេះ។

ដូច្នេះ និយមន័យជាមួយរបស់ម៉ូដែល HES នេះគឺជា ម៉ូដែលដែលអនុញ្ញាតឱ្យដំណើរការព្យាករណ៍តាមដានដោយផ្ទាល់នឹង លក្ខណៈ Trend របស់ទិន្នន័យ ដោយគិតគូរពីការធ្វើបច្ចុប្បន្នភាពលើកម្រិត Level និង Trend ហើយជាពិសេសមកជាមួយតម្លៃអាល់ហ្វា និងតម្លៃបែលតា ប្រើប្រាស់រៀងគ្នាចំពោះ Level និង Trend។

²⁶ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 122

²⁷ ប្រភពព័ត៌មានទំព័រ <https://openforecast.org/adam/tsComponents.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៣១ ឧសភា ២០២៣)

តាមរយៈនេះ វាពិតជាចាំបាច់ណាស់ ក្នុងការតាមដានឱ្យជាប់ជាមួយនឹងលក្ខណៈផ្លាស់ប្តូររបស់ Level ដែលមានការគណនា ការប៉ាន់ស្មាន Level តាងដោយ (L_t) ដោយការកែសម្រួលតម្លៃ Level នៅមួយគ្រាមុន (L_{t-1}) និងតម្លៃ Trend នៅមួយគ្រាមុន (T_{t-1}) បូកបញ្ចូលនឹងតម្លៃបច្ចុប្បន្ន (Y_t) ហើយមកជាមួយនឹងការឱ្យ តម្លៃអាល់ហ្វា។ ចំពោះសមីការ Trend វិញ វាកើតចេញពីការកែសម្រួលតម្លៃប៉ាន់ស្មាន Trend តាងដោយ (T_t) ជាការកែសម្រួលតម្លៃ Trend នៅមួយគ្រាមុន (T_{t-1}) បូកបញ្ចូលនឹងបម្រែបម្រួលតម្លៃ Level រវាងមួយគ្រា មុន និងគ្រាបច្ចុប្បន្ន $(L_t - L_{t-1})$ ហើយក្នុងការគណនាសម្រាប់សមីការ Trend វាមកជាមួយនឹងតម្លៃបែលតា។ ហើយកិច្ចបន្ទាប់គឺ ការផ្តើមគណនាសមីការព្យាករណ៍មានរាងដូចនេះ $\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$ មាន p ជាចំនួនគ្រាទៅ មុខក្នុងការព្យាករណ៍។

ជាមួយគ្នានេះដែរ នៅពេលផ្តើមគណនាសមីការទាំងពីរនេះ គឺមានការប្រើប្រាស់ការសន្មតជាវិធានដូចខាង ក្រោម៖

- នៅគ្រា $t=1$ តម្លៃ (L_1) ត្រូវបានសន្មតឱ្យស្មើនឹង តម្លៃបច្ចុប្បន្ន Y_1
- នៅគ្រា $t=1$ តម្លៃ (T_1) ត្រូវបានសន្មតឱ្យស្មើនឹង សូន្យ

ជាចំណុចសំខាន់ដែរ ហើយដូចនឹងម៉ូដែល DES ខាងលើគឺ ការកំណត់តម្លៃ (α) និងតម្លៃបែលតា (β) (Smoothing Constant) មានការណែនាំដូចនឹង ការណែនាំសម្រាប់ម៉ូដែល Double Moving Average ដែរ គឺតាមរយៈ ការពិចារណាដោយខ្លួនឯង និងការផ្ទៀងផ្ទាត់នឹងតម្លៃលម្អៀង MSE។ ប៉ុន្តែតាមប្រភពពីផ្សេងគ្នា បានផ្តល់ការពន្យល់ដូចខាងក្រោម៖

- តាមប្រភពពីសៀវភៅ Business Forecasting ប្រសិនបើឱ្យតម្លៃ Smoothing Constant ទាំងពីរនូវតម្លៃធំ នោះវានឹងឱ្យឃើញថា តម្លៃ L_t និងតម្លៃ T_t នឹងមានកម្រិត កាន់តែស្រដៀងនឹងទិន្នន័យ។
- តាមប្រភពពីសៀវភៅ Business Forecasting A practical approach វិញបង្ហាញ ថា ប្រសិនបើលក្ខណៈ រីទម្រង់របស់ទិន្នន័យជា Linear Trend ការឱ្យតម្លៃ Smoothing Constant គួរតែ ខ្ពស់។

ជាមួយមក ការឱ្យតម្លៃ Smoothing Constant ខ្ពស់ រឺធំ គឺដើម្បីអនុញ្ញាតឱ្យដំណើរការនៃម៉ូដែលនេះ តាមដាន លក្ខណៈរបស់ Trend ឱ្យបានល្អប្រសើរ ហើយអ្វីដែលជាក់លាក់ និងមានភាពងាយស្រួលក្នុងការកំណត់តម្លៃ នេះ គឺតាមរយៈមុខងារ Solver នៅក្នុងកម្មវិធី Excel ដោយមើលលើលក្ខខណ្ឌ MSE យ៉ាងណាឱ្យអប្បបរមា។

គុណសម្បត្តិនៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលនេះ គឺដោយវាមានរបស់តម្លៃអាល់ហ្វា និងតម្លៃបែលតា មកជាមួយ

នឹងភាពបត់បែនបានល្អក្នុងការជ្រើសរើសអត្រា ដែលវាបានផ្តល់ភាពងាយស្រួលក្នុងការតាមដាន Level និង Trend។ ម៉្យាងទៀត វាបានផ្តល់ឱ្យការតាមដានកាន់តែងាយស្រួល លើលក្ខណៈចំណោត (Slope) និងលក្ខណៈ Trend របស់ទិន្នន័យ។

ខាងក្រោមជារូបមន្តសម្រាប់ការគណនាការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែលនេះ៖²⁸

- The Exponentially Smoothed Series or Current Level Estimate

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

- The Trend Estimate

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

- សមីការព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$$

ដែល L_t = the new smoothed value (estimate of current level)

α = តម្លៃ smoothing constant for the level ($0 < \alpha < 1$)

Y_t = ជាតំលៃសង្កេតថ្មី ឬតម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

β = តម្លៃ smoothing constant for the trend estimate ($0 < \beta < 1$)

T_t = the trend estimates

p = រយៈពេលដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍ទៅអនាគត

$\hat{Y}_{t+p}$ = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅពេលអនាគត

១.៧.៤ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

ជារូបមន្តព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលចុងក្រោយនេះ គឺគោរពតាមនិយមន័យនៃពាក្យថា Regression ដែលក្នុងសៀវភៅ Excel Sales Forecasting for Dummies បានលើកសេចក្តីថា ការព្យាករណ៍ដោយ Regression នេះ គឺជាការមើលលើកត្តាណាមួយ ដែលមានឥទ្ធិពលលើបម្រែបម្រួលនៃអថេរ ពោលគឺ ទំនាក់ទំនងរវាងអថេរដោះស្រាយ និងអថេរឥទ្ធិពល។²⁹ ចំពោះម៉ូដែល Autoregressive វាគឺជាការព្យាករណ៍ដែលអថេរដោះស្រាយគឺជាតម្លៃនៃអថេរឥទ្ធិពលបានថយក្រោយនូវចំនួនគ្រា ដែលឱ្យងាយយល់គឺដើម្បីមើលថា តើនាគ្រាណាមួយ រឺច្រើនដែលកន្លងទៅនោះ មានឥទ្ធិពលយ៉ាងណាលើបម្រែបម្រួលនៃទិន្នន័យនាគ្រាបច្ចុប្បន្ន។ វាជាការយកចិត្តទុកដាក់លើទំនាក់ទំនងផ្ទាល់រវាងអថេរទាំងពីរ ពោលគឺការដែលអថេរមួយ មានទំនាក់ទំនងនឹងអថេរមួយនៅចំនួនគ្រាថយក្រោយ ដោយមិនមែនជាទំនាក់ទំនងបន្តគ្នាឡើយ³⁰ ហើយបញ្ហានេះត្រូវបានពន្យល់បន្ថែមនៅចំណុច ការ

²⁸ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 127

²⁹ Conrad Calberg. 2016. Excel Sales Forecasting for Dummies. 2nd Edition. P. 10

³⁰ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 357

ជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល AR ជាមួយនឹង Partial Autocorrelation។ ខាងក្រោមគឺជារូបមន្តលេចចេញរវាង ជាសមីការបន្ទាត់មួយ (ទំនោររាងទ្រូត) នៃម៉ូដែល Autoregressive ទៅតាមការកំណត់ឃើញលំដាប់តាមរយៈ ការសង្កេត Partial Autocorrelation ដែលអាចស្ថិតក្នុងលំដាប់ទី ១ រឺហៅថា AR(1) លំដាប់ទី ២ រឺហៅថា AR(2) និងលំដាប់លើសនេះ មាន p លំដាប់។³¹

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទីមួយ AR (1) ៖

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + \delta_t$$

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទីពីរ AR (2) ៖

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + A_2 Y_{i-2} + \delta_t$$

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទី p AR (p) ៖

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + A_2 Y_{i-2} + \dots + A_p Y_{i-p} + \delta_i$$

ដែល Y_i = the observed value of the series at time i (dependent variable)

$Y_{i-1}, Y_{i-2}, Y_{i-3}, \dots, Y_{i-p}$ = observed value of the series at time $i-1, i-2, \dots, i-p$ (Independent variable)

$A_0, A_1, A_2, \dots, A_p$ = autoregression parameters to be estimated from least squares regression analysis

δ_i = a nonautocorrelation random error component

គួរកត់ចំណាំ៖

- ចំពោះ Random error component តាងដោយ δ_i នេះគឺពាក់ព័ន្ធនឹងការផ្ទៀងផ្ទាត់លក្ខខណ្ឌចាំបាច់ នៃលម្អៀង ដែលវាបង្ហាញពី ការគិតគូរពី ភាពមិនជាក់លាក់ចំពោះសមីការព្យាករណ៍នេះ ហើយវាអាច ត្រូវបានលើកយកទៅសិក្សានៅចំណុចការផ្ទៀងផ្ទាត់លក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង³² ដែលដូចនេះវាមិន ត្រូវបានដាក់បញ្ចូលគណនាក្នុងការព្យាករណ៍ឡើយ។ ជាហេតុដែល ដូចជាករណីរូបមន្តសម្រាប់ AR មានលំដាប់ ២ រឺហៅថា AR(2) អាចតាងដោយសមីការដូចនេះបាន៖³³

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 y_{lag_1} + b_2 y_{lag_2}$$

តាមរយៈនេះ រូបមន្តសម្រាប់ AR មានលំដាប់ ១ រឺហៅថា AR(1) មានរូបរាងដូចនេះ

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 y_{lag_1}$$

³¹ Mark L. Berenson, David M. Levine et. al. 2019. Basic Business Statistics Concepts and Application. 14th Edition. P. 647

³² ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.investopedia.com/terms/e/errorterm.asp> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៣ មិថុនា ២០២៣)

³³ Norean R. Sharpe, Richard D. De Veaux, Paul F. Velleman. 2021. Business Statistics. 4th Edition. P. 741

ដែល Y តាងឱ្យ តម្លៃព្យាករណ៍ (ក្នុងន័យដូចការតាង Y_i ក្នុងរូបមន្តខាងលើ)

Y_{lag_1} តាងឱ្យ ដូចក្នុងន័យដូចនឹង Y_{i-1}

អ្វីដែលគួរកត់សំគាល់ក្នុងរូបមន្តខាងលើនេះ គឺភាពចាំបាច់នៃការកាត់បន្ថយភាពស្មុគស្មាញ ពាក់ព័ន្ធនឹងការផ្ទៀងផ្ទាត់ភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល ដែលចោទលើការតាង β_i សម្រាប់មេគុណនៃសមីការបន្ទាត់សម្រាប់សកលស្ថិតិ ដែល ការតាង b_i ក៏មានអត្ថន័យដូចនឹង ការតាង $A_0, A_1, A_2, \dots, A_3$ នេះផងដែរចំពោះគំរូស្ថិតិ។

- ចំពោះ $A_0, A_1, A_2, \dots, A_3$ នេះគឺជា មេគុណដែលមានវត្តមានក្នុងសមីការខាងលើ ហើយត្រូវបានប៉ាន់ស្មានដោយការប្រើប្រាស់ Data Analysis នៃ Regression រឺការអនុញ្ញាតឱ្យក្រាបបន្ទាត់ទិន្នន័យបង្ហាញសមីការ។

ជាមួយមក សមីការសម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនេះ រឺជាទូទៅរាងជាសមីការបន្ទាត់ដូចនេះ គឺជាការព្យាករណ៍ ដោយផ្ដោតលើការប្រែប្រួលជាមធ្យមនៃតម្លៃ $b_1, b_2, \dots$ តាមកត្តាពេលវេលានៃចំនួនគ្រាថយក្រោយចំនួន k ។ រីឯ មេគុណ b_0 នេះ តំណាងឱ្យ តម្លៃព្យាករណ៍ដែលត្រូវស្នើនឹងតម្លៃនេះតែម្តង ប្រសិនបើមិនមានកត្តាពេលវេលានៃចំនួនគ្រាថយក្រោយចំនួន k ។ ទាំងតម្លៃមេគុណ $b_1, b_2, \dots$ និង b_0 គឺជា តម្លៃថេរក្នុងសមីការព្យាករណ៍។ ដើម្បីទទួលបានតម្លៃនៃមេគុណទាំងពីរ ក៏ដូចជាសមីការសម្រាប់ការព្យាករណ៍ ជានិវ័ត្តិវិធីបច្ចេកទេសគឺ ការបញ្ជាឱ្យក្រាបបន្ទាត់បង្ហាញទិន្នន័យ (ទិន្នន័យត្រូវជួរគ្នារវាង តម្លៃបច្ចុប្បន្ន និងតម្លៃថយចំនួន k គ្រា) រំលេចចេញសមីការបន្ទាត់ និងព្រមជាមួយគ្នានេះ គឺការប្រើប្រាស់មុខងារ Data Analysis ដោយចុចលើ Regression ដែលទាំងអស់នេះត្រូវបានលម្អិតក្នុងការអនុវត្តនៅជំពូកទី ៣ ផ្ទាល់តែម្តង។

គុណសម្បត្តិនៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Autoregressive នេះ គឺតម្រូវការព័ត៌មានតិច ហើយទិន្នន័យផ្ទាល់អាចបង្កើតបានជាអថេរមួយទៀតសម្រាប់ដំណើរការព្យាករណ៍ក្នុងម៉ូដែលនេះ។ ចំណែកឯ ភាពកំណត់នៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលនេះ គឺអាចធ្វើការព្យាករណ៍តែចំនួនគ្រាដែលមានមុនៗមកប៉ុណ្ណោះ។³⁴

១.៧.៤.១ ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម PACF

ដូចបានតែងតែលើកឡើងអំពីលំដាប់នៃម៉ូដែល មកដល់ទីនេះគឺការយល់ដឹងពីទស្សនៈនៃការប្រើប្រាស់ដោយការសង្កេតលើ Partial Autocorrelation Function (PACF) ភ្ជាប់ជាមួយនឹងគំរូសំគាល់នៃក្រាបបង្ហាញតម្លៃ PACF សម្រាប់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR នេះ។

មេគុណទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation គឺជាការសិក្សាពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរបច្ចុប្បន្ន នឹងអថេរ

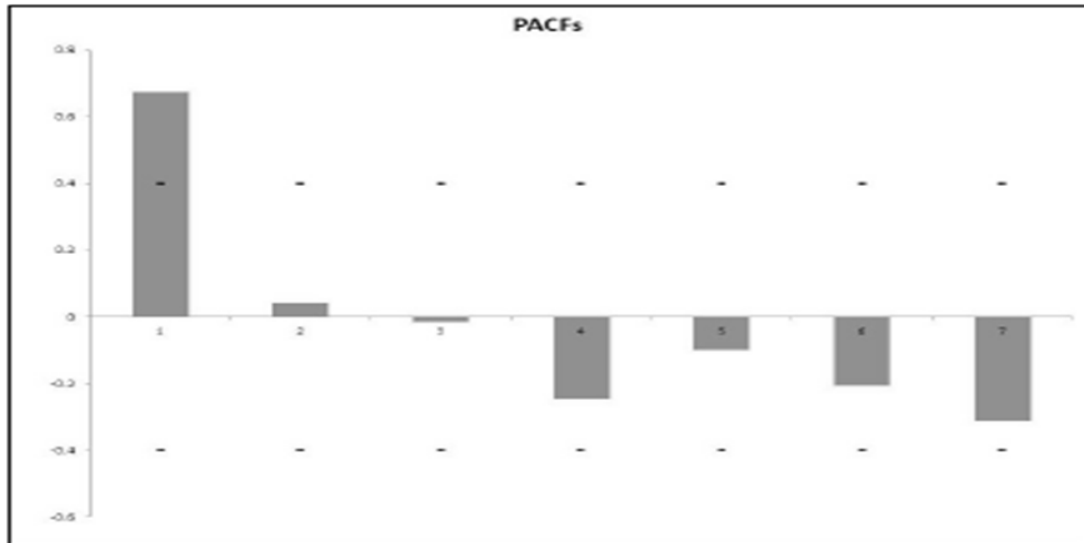
³⁴ ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://thebusinessprofessor.com/research-analysis-decision-science/autoregression-definition> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៣ មិថុនា ២០២៣)

នៅគ្រាអតីតកាលណាមួយ រឿងនេះ ប៉ុន្តែការសិក្សាទំនាក់ទំនងនេះ ខុសគ្នាពី មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ដោយហេតុថា នៅក្នុងមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation បើអថេរនៅគ្រាបច្ចុប្បន្ន (t) រងឥទ្ធិពលពីអថេរនៃគ្រាអតីតកាល ដូចជា នៅគ្រា ២ខែមុន ($t-2$) មកបច្ចុប្បន្ននេះ វានៅមានអថេរគ្រាអតីតកាលមួយទៀតអាចពាក់ព័ន្ធក្នុងការសិក្សានេះ គឺអថេរនាគ្រា ១ខែមុន ($t-1$) ដោយវាអាចទទួលឥទ្ធិពលពី អថេរនៅគ្រា ២ខែមុនផង និងឥទ្ធិពលពីអថេរនៅគ្រាបច្ចុប្បន្នផង ដែលនេះបង្ហាញថា មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation មិនបានបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងដោយផ្ទាល់តែម្តងទេ រវាងនៅគ្រា បច្ចុប្បន្ន និង នៅគ្រាអតីតកាលត្រង់ចំណុចមួយ។ ដែលដូចនេះហើយ ការសិក្សាមេគុណទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation គឺចាប់យកចំណុចនេះ ជាការសិក្សាដោយផ្ទាល់ រវាងអថេរទាំងនាគ្រាទាំងពីរ ពោលគឺរវាងអថេរគ្រាបច្ចុប្បន្ន និងអថេរនាគ្រា ២ខែមុននោះតែម្តង។

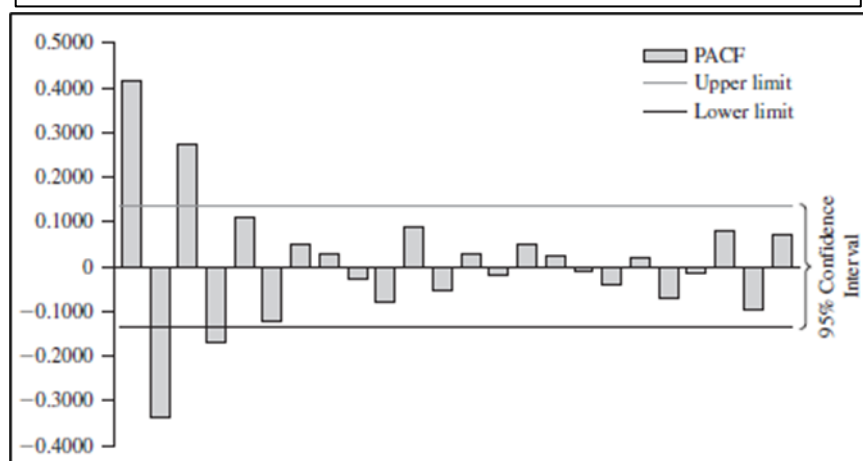
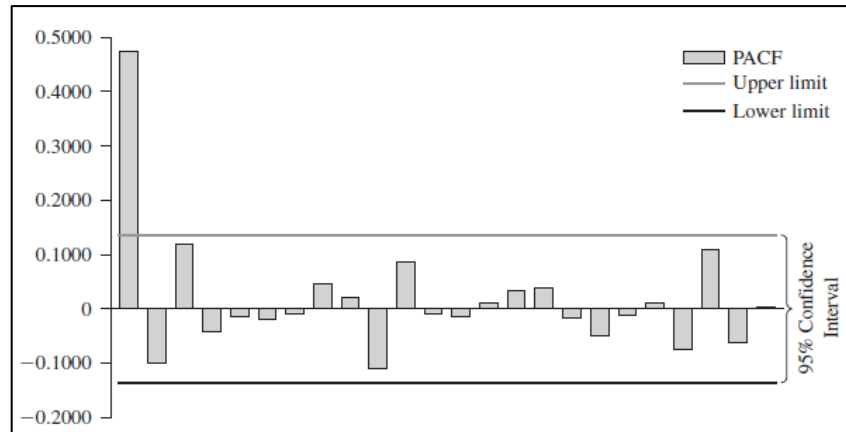
យ៉ាងនេះហើយទើប វាបានក្លាយជា ការគណនាដើម្បីកំណត់លំដាប់សម្រាប់ការព្យាករណ៍ក្នុងម៉ូដែល Autoregressive នេះ។³⁵

ជាបន្ត ជាការមកដឹងពីរបៀបសង្កេតមើល លទ្ធផលនៃការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation ដែលចំនួន Lag ដែលត្រូវគណនាក៏អាចកំណត់ក្នុងលក្ខណៈពិចារណាដូចក្នុងចំណុច មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ដែរ។ ការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation នេះក៏បានការសម្របសម្រួលការគណនាដោយកម្មវិធី Minitab ផងដែរ និងមានបង្ហាញនៅជំពូកទី ៣។ ជាការកត់សម្គាល់ដូចក្នុងរូបខាងក្រោមនេះ និងបន្តពីនេះមួយទៀតគឺជា ភាពសំខាន់នៃបន្ទាត់ក្រិតនៅផ្នែកខាងលើ (វិជ្ជមាន) និងផ្នែកខាងក្រោម (អវិជ្ជមាន) ហើយបើគំនូសតម្លៃនៅ Lag ណាមួយរឿងនេះ លូតផុតបន្ទាត់ក្រិត មិនថានៅផ្នែកខាងលើ និងផ្នែកខាងក្រោម Lag ទាំងនោះឡើយ គឺត្រូវបានគិតពីលំដាប់សម្រាប់ម៉ូដែល AR នេះ។

³⁵ Ritvikmath, "Time Series Talk: Autocorrelation and Partial Autocorrelation," April 11, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=DeORzP0go5I> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៧ មិថុនា ២០២៣)



តាមរូបខាងលើនេះ និងខាងក្រោមនេះ ចំនួនលំដាប់នៃម៉ូដែល AR គឺមានត្រឹមចំនួន ១ប៉ុណ្ណោះ និងសរសេរបានថា AR (1) ដោយឃើញថា នៅ Lag 1 គំនូសតម្លៃរបស់វា បានលូតផុតបន្ទាត់ក្រីត ជា Upper Limit នាំឱ្យមានការទាញសេចក្តីបានថា នៅ Lag 1 ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃបច្ចុប្បន្ន និងតម្លៃនាមួយគ្រាកន្លងទៅ គឺមានទំនាក់ទំនងរវាងគ្នាខ្លាំង ហើយវាណែនាំឱ្យមានការយកចិត្តទុកដាក់ ចំពោះទិន្នន័យនៅចំណុចមួយគ្រាកន្លងនេះ ដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍។



តាមរូបខាងលើនេះ (ទី២) ចំនួនលំដាប់នៃម៉ូដែល AR គឺមានត្រឹមចំនួន ៤ និងសរសេរបានថា AR (4) ដោយឃើញថា នៅ Lag 1, 2, 3 និង 4 គំនូសតម្លៃរបស់វាបានលូតផុតបន្ទាត់ក្រិតជា Upper Limit និង Lower Limit នាំឱ្យមានការទាញសេចក្តីបានថា នៅ Lag 1 និង Lag 3 ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃបច្ចុប្បន្ន និងតម្លៃនាមួយគ្រា ថយ និងបីគ្រាថយ គឺមានទំនាក់ទំនងរវាងគ្នាខ្លាំង ចំណែកឯនៅ Lag 2 និង lag 4 តម្លៃអវិជ្ជមានដូចនេះបង្ហាញ ថា ទិន្នន័យនាគ្រាចំនួន ៣ថយ និង៤ថយ គឺមានភាពពិសេសនៃកត្តារបស់វា ហើយវាណែនាំឱ្យមានការយកចិត្ត ទុកដាក់ ចំពោះទិន្នន័យទៅតាមចំនួនគ្រា ៤ថយនេះ ដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍។

បានការកំណត់ដឹងដូច្នេះហើយ សមីការព្យាករណ៍ត្រូវបានបង្កើតឡើង ដូចបានរៀបរាប់នៅពីខាងដើមនៃ ចំណុចផ្តើមរបស់ម៉ូដែល AR នេះ។

១.៧.៤.២ ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង

បន្ទាប់ពីបានបង្កើតសមីការព្យាករណ៍រួចរាល់ នៅចំណុចនេះគឺជាការសិក្សាពីលម្អៀង និងកង្វល់ផ្សេងៗ ដែលពាក់ព័ន្ធសម្រាប់លក្ខណៈពេញលេញរបស់ម៉ូដែលនេះអាចបំពេញតួនាទីព្យាករណ៍យ៉ាងជាទីទុកចិត្តទៅបាន។ ជាការចាប់ផ្តើមដំបូង គឺការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែលនេះ។

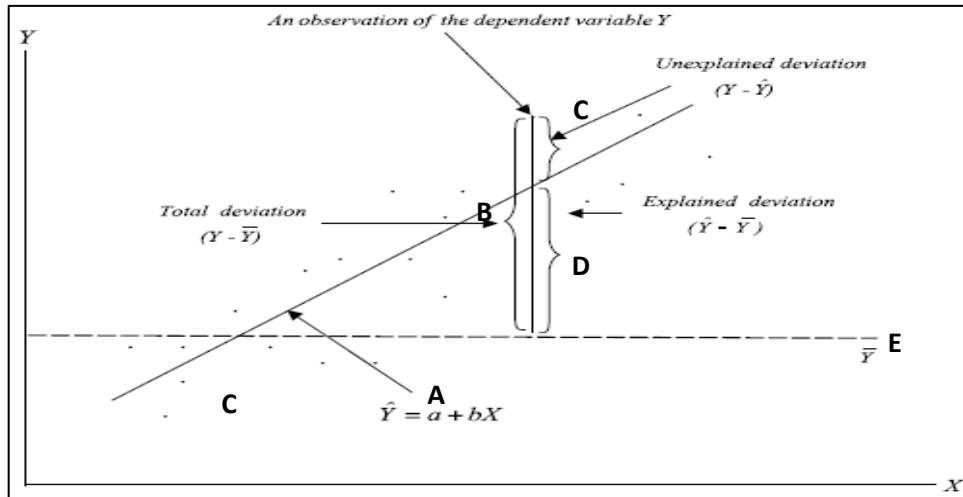
ក. ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល (Model Fit)

នៅទីនេះគឺជា ការសិក្សាពីបម្រែបម្រួលរបស់ទិន្នន័យ ដែលមើលលើភាពរាយប៉ាយនៃទិន្នន័យរបស់អថេរឯ ឥទ្ធិពល (dependent variable) ធៀបនឹងបន្ទាត់ព្យាករណ៍ (Predicted value line or Regression line) ដែលនេះជាទស្សនៈទូទៅពន្យល់ការគណនាជាពិសេស ការគណនាមេគុណតម្រៃតម្រង់ (Coefficient of Determination) និងមានភាពពាក់ព័ន្ធផងដែរដល់ការតេស្តសម្មតិកម្ម ដោយការប្រើប្រាស់ F-test។ ដោយ ឡែកផងដែរ ក្នុងការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល ក៏មានទាំងការគណនា Standard Error of the Estimate។ សរុបមក គឺមាន ៣ វិធីសាស្ត្រក្នុងបែបបទនៃការត្រួតពិនិត្យភាពសក្តិសមនៃម៉ូដែល។

❖ ការគណនា Coefficient of Determination R^2 ³⁶

មុនចូលដល់រូបមន្តសម្រាប់ការគណនា ការស្វែងយល់ជាទូទៅថាតើហេតុដូចម្តេចបានជាការគណនានេះ អាចជួយដល់អ្នកសិក្សាឱ្យដឹងថា តើអថេរឯឥទ្ធិពលអាចពន្យល់បានប៉ុន្មានភាគរយដល់ការប្រែប្រួលរបស់អថេរ ដែលឯឥទ្ធិពល ការពន្យល់លើភាពសមហេតុសមផលតាមរយៈរូបភាពខាងក្រោមនេះ គឺជាភាពចាំបាច់បំផុត។

³⁶ zedstatistics, “Introduction to REGRESSION! | SSE, SSR, SST | R-squared | Errors (ε vs. e),” November 22, 2011, <https://www.youtube.com/watch?v=aq8VU5KLmkY> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៧ មិថុនា ២០២៣)



តាមរូបខាងលើ នៅចំណុចអក្សរ A វាត្រូវបានតំណាងឱ្យ បន្ទាត់សមីការព្យាករណ៍ មានរាង $\hat{Y} = a + bX$ ហើយវាជាតម្លៃព្យាករណ៍ដែលប្រាកដបានដោយបម្រែបម្រួលនៃតម្លៃ X ។ ដូច្នេះនៅលើបន្ទាត់នេះ គឺជាទីនៃតម្លៃព្យាករណ៍។ បន្តមកទៀតគឺចំណុចអក្សរ E តំណាងឱ្យគំនូសតម្លៃមធ្យម នៃអថេរ Y ជាអថេរឯកទ្វីពល វិធីតម្លៃជាក់ស្តែង។ ចំណុចនៅរាយប៉ាយ ជាចំណុចទាំងនោះគឺជា ចំណុចតាងឱ្យអថេរ Y នេះឯង។ ដែលដូចនេះហើយ បើចំណុចរាយប៉ាយទាំងនេះ ស្ថិតនៅហួសពីបន្ទាត់ព្យាករណ៍ រឺនៅខាងក្រោមវា (មើលការដៅចំណុចអក្សរ C ទាំងពីរ) ទីតាំងទាំងពីរនេះហើយ ដែលអាចហៅបានថា ការព្យាករណ៍នៅក្រោមភាពជាក់ស្តែងនៃទិន្នន័យ និងនៅលើភាពជាក់ស្តែងនៃទិន្នន័យ ជាមួយនេះហើយជាចំណុចដែលមិនអាចពន្យល់បានដោយសមីការព្យាករណ៍ (unexplained deviation)។

ចំពោះការគណនា វាប្រព្រឹត្តទៅដោយយកចំណុចទិន្នន័យ Y នីមួយៗមកដកនឹង តម្លៃព្យាករណ៍នីមួយៗ ហើយផលបូកគ្រប់ចំណុចនេះ រួចហើយលើកជាការេ នាំឱ្យបាន ការគណនា ការេនៃចន្លោះរវាងទិន្នន័យ និងតម្លៃព្យាករណ៍ (Sum of Square Error)។ នេះហើយដែលគេហៅថា ចំណុចដែលមិនអាចពន្យល់បានដោយការព្យាករណ៍ មានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖³⁷

$$SSE = \sum (Y - \hat{Y})^2$$

តាមរូបខាងលើដែល នៅចំណុចអក្សរ D គឺជាចន្លោះដែលស្ថិតនៅរវាង បន្ទាត់សមីការព្យាករណ៍ (A) និងបន្ទាត់តម្លៃមធ្យមនៃចំណុច E ដែលនៅក្នុងផ្ទៃនេះហើយ ដែលគេហៅថា ចំណុចដែលមិនអាចពន្យល់បានដោយការព្យាករណ៍ (Sum of Square Regression) ដោយហេតុថា តម្លៃមធ្យមក៏អាចចាត់ទុកជា ការប៉ាន់ស្មានមួយដែរ។ ការគណនាមានប្រព្រឹត្តដោយយកតម្លៃមធ្យម មកដកនឹង តម្លៃព្យាករណ៍នីមួយៗ ហើយធ្វើផលបូក រួចហើយ

³⁷ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 230

លើកជាការ។ មានរូបមន្តខាងក្រោម៖ ³⁸

$$SSR = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2$$

រីឯ នៅចំណុចអក្សរ B វាគឺជាប្រវែងចន្លោះសរុប (Sum of Square total deviation) ទាំងអ្វីដែលមិនអាច ពន្យល់បាន (ចំណុចអក្សរ C) និងអ្វីដែលអាចពន្យល់បាន (ចំណុចអក្សរ D) ហើយវាត្រូវបានគណនាដោយ យក រាល់ទិន្នន័យអក្សរ Y មកដកនឹង តម្លៃមធ្យម។ មានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖ ³⁹

$$SST = \sum (Y - \bar{Y})^2$$

ចូលមកដល់ការគណនា Coefficient of Determination នេះវិញ វាជាការគណនាចន្លោះដែលអាចពន្យល់ បាន មានប៉ុន្មានភាគរយ ដែលអថេរធាតុទី២ អាចពន្យល់ដល់ការប្រែប្រួល នៃអថេរធាតុទី១។ វាត្រូវបានធ្វើ ផលធៀបរវាង SSE និង SST បញ្ជាក់ភាគរយនៃចំណុចដែលមិនអាចពន្យល់បានពីការព្យាករណ៍ ហើយការដក តម្លៃនេះចេញ គឺនាំឱ្យកើតតម្លៃ r^2 ហើយមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖ ⁴⁰

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

❖ ការគណនា Standard Error of the Estimate

នៅទីនេះ ជាការព្យាយាមកំណត់ឱ្យដឹងថា តើការតម្រៀបទិន្នន័យ អថេរ Y (អថេរធាតុទី២) បង្ហាញទំនាក់ ទំនងជាមួយបន្ទាត់បានកម្រិតណា ដោយវាវាស់គម្លាតនៃរាល់ចំណុចអថេរ Y មកនឹងបន្ទាត់សមីការព្យាករណ៍ ហើយមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖ ⁴¹

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - b_0 \sum Y - b_1 \sum XY}{n - 2}}$$

❖ ការតេស្តសម្មតិកម្ម តាមវិធី F-test

ដោយបានសេចក្តីពន្យល់ក្នុងចំណុច ការគណនា Coefficient of Determination នៅទីនេះក៏ត្រូវការ ចំណេះដឹងពីខាងលើដែរ។ នៅទីនេះជាការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្មថា តើអថេរ β_1 នៃសមីការបន្ទាត់សកលស្ថិតិអាច មានតម្លៃសូន្យ ដែររឺទេ។ សមីការបន្ទាត់ព្យាករណ៍ដែលមាន វាជាលទ្ធផលបានពីការប៉ាន់ប្រមាណប៉ុណ្ណោះ ក៏

³⁸ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 230

³⁹ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 230

⁴⁰ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 235

⁴¹ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 226-227

ព្រោះថាវាជាសមីការព្យាករណ៍នៃគំរូស្ថិតិស្របតាមចំនួនទិន្នន័យដែលមាន មិនមែនសកលស្ថិតិឡើយ។ ដែលដូចនេះ ការប្រើប្រាស់វិធី F-test ជាការឈានទៅបដិសេធ អំណះអំណាងដែល អថេរ β_1 អាចមានតម្លៃស្មើសូន្យ បើពុំដូចនេះទេ ការសន្និដ្ឋានឱ្យជាក់ពីទំនាក់ទំនងរវាង អថេរជះឥទ្ធិពល និងអថេររងឥទ្ធិពល ក៏ស្ថិតក្នុងភាពមិនប្រាកដប្រជាដែរ។ ជាលទ្ធផល នាំឱ្យ មានសេចក្តីថ្លែងចំនួន ២ ដូចខាងក្រោម៖

- $H_0: \beta_1 = 0$
- $H_1: \beta_1 \neq 0$

បន្ទាប់មកជាការគណនា F-test ប្រព្រឹត្តទៅដោយដំបូងទាមទារ ការគណនា Regression Mean Square (MSR) ពោលគឺជា ការយកតម្លៃ SSR មកចែកនឹងដឺក្រេសេរី (degree of freedom) ចំនួន ១ ដោយអថេរជះឥទ្ធិពល អេញត្តិ X នោះ មានតែ ១ ហើយប្រែប្រួលបានតាមតម្លៃ X ដែលមាននោះ។ រីឯ ការគណនា Error Mean Square (MSE) គឺជា ការយកតម្លៃ SSE មកចែកនឹងដឺក្រេសេរី (degree of freedom) ចំនួន n-2 ដែល n ជាចំនួនទិន្នន័យសង្កេតសរុប ហើយចំនួន ២ ដែលត្រូវដកចេញ ដោយវាជាចំនួនមិនអាចប្រែប្រួល ពោលគឺ អេញត្តិ β_1 & β_0 ដែលមាននៅក្នុងសមីការព្យាករណ៍។ មានរូបមន្តរៀងគ្នាដូចខាងក្រោម៖ ⁴²

$$MSR = \frac{SSR}{1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{n - 2}$$

ជាកិច្ចបន្ទាប់គឺការធ្វើផលធៀបរវាង MSR និង MSE ហើយផលធៀបនេះត្រូវបានបញ្ជាក់មកថា (មើលក្នុងរូបនៃចំណុច Coefficient of Determination) កាលណាតម្លៃ MSR ធំជាង តម្លៃ MSE នេះបានសេចក្តីថា បើមើលទៅចំណុចអក្សរ D ការដែលប្រវែងចន្លោះក្រោមបន្ទាត់សមីការរ៉ាង នេះស្ទើរឃើញថា ចំណោតនៃបន្ទាត់សមីការត្រូវបានរក្សា តែបើចន្លោះនេះតូច ពិតណាស់ចំណោតនៃសមីការបន្ទាត់នេះនឹងត្រូវធ្លាក់ (សូមបញ្ជាក់ផងដែរថា ក្នុងរូបនោះសមីការបន្ទាត់ជាសមីការចេញពីគំរូស្ថិតិ)។

ការគណនា ផលធៀប F មានរូបមន្តដូចខាងក្រោមនេះ៖ ⁴³

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

ការណែនាំ៖

- កាលណាតម្លៃ MSR ធំជាងតម្លៃ MSE នេះបានឱ្យតម្រុយមួយថា អ្នកសិក្សាអាចបដិសេធប្រការដែលថា $\beta_1 = 0$ បាន។

⁴² John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 231

⁴³ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 238

- ការបដិសេធ សមត្ថកិកម្ម $\beta_1 = 0$ អាចប្រព្រឹត្តទៅបានយ៉ាងប្រាកដ ប្រសិនណា $F > F_\alpha$ បានសេចក្តីថា តម្លៃ F ធំជាង F_α ។ ចំពោះតម្លៃអាស់ហ្វាវីញ សំដៅលើតម្លៃប្រូបាប៊ីលីតេនៃការបដិសេធសមត្ថកិកម្ម $\beta_1 = 0$ ប្រសិនបើវាជាការពិត។ បានន័យថា ឱកាសដែលមានការបដិសេធខុសដូចនេះ ពេលគឺ H_0 គឺអាចកើតឡើងមែន។ ជាង ប្រូបាប៊ីលីតេនៃការសាងកំហុសដូចនេះគឺជា តម្លៃអាស់ហ្វាវីញ ដែលជាទូទៅគេប្រើកម្រិត 0,05 រឺ 0,01។
- ការទទួលបានតម្លៃ F_α គឺត្រូវពឹងលើការមើលតារាង F Distribution ដោយមានចំនួនដឺក្រេសេរីសម្រាប់នាំផ្លូវ (ដឺក្រេសេរីសម្រាប់ ភាគយក និងភាគបែងនៃការគណនា F) ហើយតម្លៃអាស់ហ្វាវីញមានពីរ ក្នុងពណ៌ស្រាលសម្រាប់តម្លៃ 0.05 រីឯក្នុងពណ៌ខ្មៅសម្រាប់តម្លៃ 0.01។ (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ១.១ តារាង F Distribution)

យ៉ាងណាក្នុងការអនុវត្តន៍ការគណនានៃវិធីសាស្ត្រពិនិត្យភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែលទាំងនេះ គឺពិតជាចាំបាច់ដោយការសម្របសម្រួលនៃកម្មវិធី Excel ក្នុងមុខងារ Regression Analysis ដោយមើលក្នុងតារាង ANOVA។

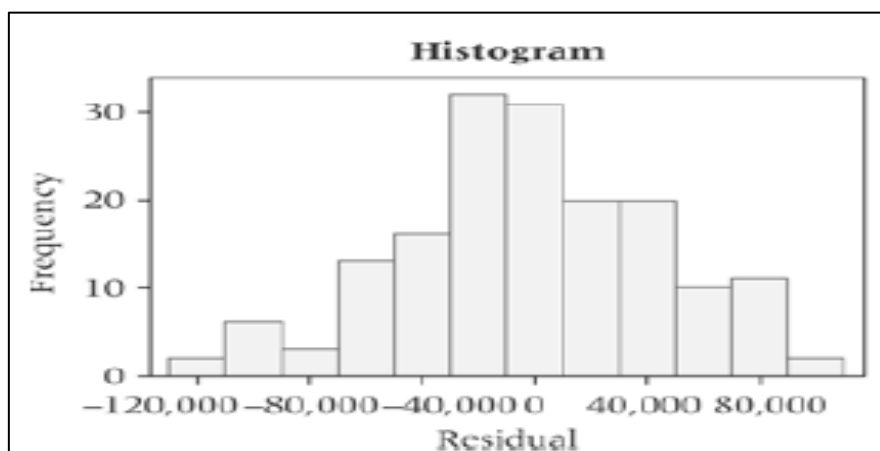
ខ. ការត្រួតពិនិត្យលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង (Residual Check)

មកដល់ទីនេះ គឺជាការទទួលបានការសម្របសម្រួលពីការប្រើប្រាស់មុខងារ Fit Regression Model នៃកម្មវិធី Minitab ឱ្យវាបង្ហាញក្រាបតាងនៃ Residual។ Residual Analysis គឺជាឧបករណ៍ដ៏ចម្បងសម្រាប់កំណត់ថាតើ សមីការ Regression ដែលបានសន្មតឡើងមក វាសមរម្យយ៉ាងណា។ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា Residual Analysis ក៏ជាជំនួយផ្តល់ជាតម្រុយបញ្ជាក់បន្ថែមដល់ការធ្វើតេស្តសមត្ថកិកម្ម ដូចជាចំពោះ F-test ខាងលើជាដើម។⁴⁴ សមីការ Regression នេះជាសមីការព្យាករណ៍ដែលត្រូវបានប៉ាន់ប្រមាណឡើងមក។ ក្រាបតាងនៃ Residual នេះជាការសង្កេតលើលក្ខណៈនៃតម្លៃលម្អៀង ទៅតាមលក្ខខណ្ឌចំនួន ៣៖

⁴⁴ Anderson Sweeny et. al. 2019. Essentials of Modern Business Statistics with Microsoft Excel. 8th edition. P. 651

១. លម្អៀងនេះសង់ជាក្រាប Histogram មានរៀងជា ជួង Bell shape (Histogram) ⁴⁵

ចំពោះលក្ខខណ្ឌទី១ វាជាការតម្រៀបតម្លៃលម្អៀងដោយមានជាថ្នាក់ ដើម្បីឱ្យភាពងាយស្រួលក្នុងការសង្កេតពីការដែលលម្អៀងពិតជាស្ថិតក្នុងបំណែងចែកណាម៉ាល់បានដោយប្រាកដ ដោយការតម្រៀបថ្នាក់នៃតម្លៃលម្អៀងទៅតាមចំនួនប្រេកង់ ហើយតាមរូបវាសមហេតុសមផលត្រង់ថា កាលណាវាពិតជាបង្ហាញជាទម្រង់រូបជួងពិតមែន តម្លៃលម្អៀងសូន្យពិតជាមានចំនួនច្រើន សបញ្ជាក់ពីតម្លៃលម្អៀងក្នុងកម្រិតស្ទើរមានច្រើន ដូចក្នុងរូបគំរូនៃការគោរពលក្ខខណ្ឌទី ១ខាងក្រោមនេះ។ តែយ៉ាងណា ប្រសិនបើក្នុងចំនួនទិន្នន័យគំរូស្ថិតិ ហើយបើចំនួនតូចទៀត ការបង្ហាញចេញជាជួងនោះគឺពិតជាពិបាក។ ដូច្នេះហើយ ការមិនបានគោរពលក្ខខណ្ឌនេះគឺមិនចោទជាបញ្ហាឡើយ។



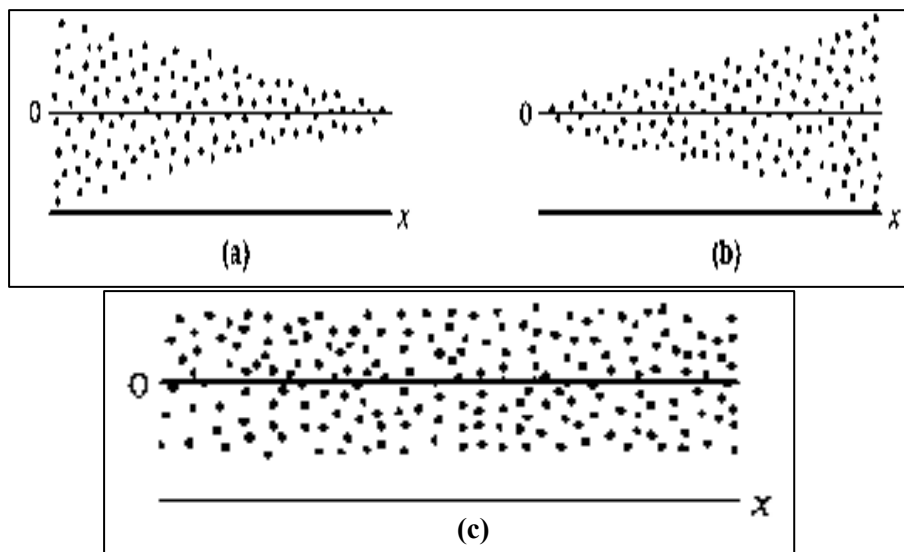
ប្រភពព័ត៌មាន៖ សៀវភៅ Business Statistic For Contemporary Decision Making

២. លម្អៀងនេះប្រែប្រួលចេញតាមការប្រែប្រួលតម្លៃព្យាករណ៍ (Versus Fits) ⁴⁶

មកដល់លក្ខខណ្ឌទី ២នេះវិញ គឺជាការពិនិត្យមើលថា តើលម្អៀងមានការប្រែប្រួលចេញ ដោយមិនចំពោះតម្លៃព្យាករណ៍នៃទិន្នន័យណាមួយដែររឺទេ អាចក្រែងថាតម្លៃព្យាករណ៍មានតម្លៃដេញពីតូចទៅធំ អំឡុងពេលលម្អៀងដេញពីធំទៅតូច ដូចក្នុងរូប (a) រឺផ្ទុយពីនេះ ដូចក្នុងរូប (b) ដែលទាំងពីរនេះសុទ្ធតែជាគំរូនៃការមិនបានគោរពតាមលក្ខខណ្ឌទី ២នេះ។ ការគោរពលក្ខខណ្ឌទី ៣នេះ គឺមានបង្ហាញដូចរូប (c) ខាងក្រោម។

⁴⁵ Ken Black. 2019. Business Statistic For Contemporary Decision Making. 10th Edition. P. 752

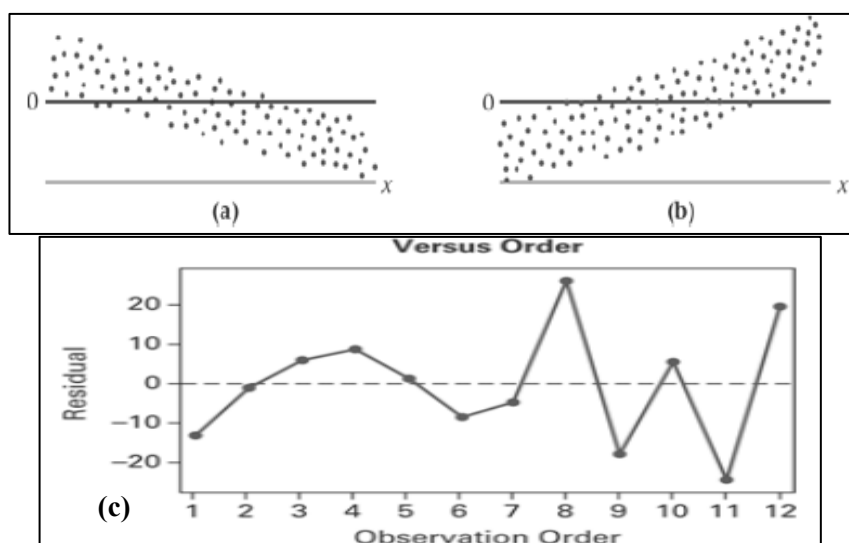
⁴⁶ Ken Black. 2019. Business Statistic For Contemporary Decision Making. 10th Edition. P. 751-752



ប្រភពព័ត៌មាន៖ សៀវភៅ Business Statistic For Contemporary Decision Making

៣. លម្អៀងនេះមានភាពឯករាជ្យតាមការប្រែប្រួលនៃពេលវេលា (Versus Order) ⁴⁷

មកដល់លក្ខខណ្ឌទី ៣ចុងក្រោយនេះ ប្រសិនណាទិន្នន័យត្រូវបានស្រង់មកតាមសេរីនៃពេល ពេលគឺតាម លំដាប់នៃឆ្នាំ ខែ ដោយមិនមែនជ្រើសដោយចៃដន្យ លម្អៀងគួរត្រូវបានសង្ខេបសង្ខេបនឹងអក្សរដេកជាអថេរពេល វេលា រឺលំដាប់នៃការសង្កេត ដូចក្នុងរូបខាងក្រោម។ ដូចក្នុងរូបទាំងពីរខាងក្រោមនេះ (a) & (b) វាបង្ហាញពីការ មានទំនាក់ទំនង ឡើងនិងចុះទៅតាមដំណើរនៃពេលវេលា ដែលនេះជាការមិនគោរពតាមលក្ខខណ្ឌទី ៣នេះ ឡើយ ក៏ព្រោះថាលម្អៀងមិនគួរមានដំណើរប្រព្រឹត្តទៅតាមលំដាប់នៃការសង្កេត រឺពេលវេលាឡើយ វាគួរតែ មានការឡើងចុះៗ មិនមែនស្ថិតក្នុងរាងណាមួយទេ ដូចក្នុងរូប (c)។



ប្រភពព័ត៌មាន៖ សៀវភៅ Business Statistic For Contemporary Decision

⁴⁷ Ken Black. 2019. Business Statistic For Contemporary Decision Making. 10th Edition. P. 751

តាមលក្ខខណ្ឌទី ២ និង៣ ការបញ្ជាក់ជាសង្ខេបអាចប្រព្រឹត្តបានថាតម្លៃលម្អៀង មិនគួរមានទំនោរ ទៅតាម លំដាប់នៃការសង្កេត រឺ តម្លៃព្យាករណ៍ឡើយ វាគួរតែមានលក្ខណៈឡើងចុះដាច់ដោយឡែកដោយហេតុរបស់វា ពោលគឺជាលក្ខណៈឯករាជ្យភាពរបស់វាតែម្តង។

១.៨ ជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលដើម្បីព្យាករណ៍⁴⁸

បន្ទាប់ពីបានស្វែងយល់យ៉ាងលម្អិតនូវម៉ូដែលនីមួយៗ នៅទីនេះគឺជា ការរៀបរាប់ពីជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ ម៉ូដែលដើម្បីព្យាករណ៍ ហើយមានចំនួន ៥ ដូចខាងក្រោម៖

១. ប្រមូលទិន្នន័យ (តាមប្រចាំឆ្នាំ ប្រចាំខែ...)
២. សិក្សាកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ (តាម ២វិធីខាងលើ ដោយក្រាប និងគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation)
៣. គណនាព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនីមួយៗ
៤. គណនាលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនីមួយៗ
៥. ធ្វើការប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងតាមម៉ូដែលនីមួយៗ ដើម្បីជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍មានលម្អៀង តូចជាងគេ ដែលជាវិធានវាយតម្លៃថា ជាម៉ូដែលដែលល្អជាងគេ។

១.៩ ការវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍

ដូចនៅជំហានទី ៤ក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលដើម្បីព្យាករណ៍ នៅទីនេះគឺជា ការពន្យល់ពីវិធីសាស្ត្រក្នុងការ វាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍ទាំង ៥មកជាមួយនឹងរូបមន្ត និងតួនាទីរបស់វា ដូចខាងក្រោម៖

ផ្ដើមដំបូង ការគណនាលម្អៀងជាមូលដ្ឋានគ្រឹះ គឺជាការគណនាផលជក រវាងតម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្ន រឺជាក់ស្តែង តាងដោយ Y_t និង តម្លៃព្យាករណ៍ តាងដោយ $\hat{Y}_t$ ដើម្បីបញ្ជាក់ពីចន្លោះខុសគ្នា ដែលដូចនេះបើកាន់តែតូចគឺ កាន់តែល្អ ហើយមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

- ដែល Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងក្នុងរយៈពេល t
 $\hat{Y}_t$ = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល t
 e_t = លម្អៀងនៃការព្យាករណ៍ក្នុងរយៈពេល t

១.៩.១ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀង Mean Absolute Deviation (MAD)

ដោយហេតុថា ការគណនាតម្លៃលម្អៀងខាងលើជាទូទៅនេះ មានតួលេខខ្លះជាអវិជ្ជមាន ហើយពេលត្រូវ បានគណនាជាមធ្យម វានាំឱ្យបានតម្លៃប្រហែលៗនឹងសូន្យ ដែលប្រការនេះអាចនាំឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ឈានទៅ

⁴⁸ A. Reza Hoshmand. 2010. Business Forecasting A practical approach. 2nd Edition. P. 14-16

មានសន្និដ្ឋានថា ការព្យាករណ៍ជាមធ្យមពុំសូវមានបញ្ហា។ ជាការឆ្លើយតប រាល់តម្លៃលម្អៀងនីមួយៗនឹងត្រូវបានបំពាក់តម្លៃដាច់ខាត ហើយបានជារូបមន្តសម្រាប់វិធីសាស្ត្រ MAD ដូចខាងក្រោម៖

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n}$$

ដោយ $t =$ រយៈពេល
 $n =$ ចំនួននៃលម្អៀង

១.៩.២ មធ្យមនៃការេលម្អៀង Mean Squared Error (MSE)

ដោយហេតុថា ការគណនាក្នុងវិធីសាស្ត្រ MAD ខាងលើមិនបានយកចិត្តទុកដាក់លើតម្លៃលម្អៀងដែលតូចៗខ្លាំង រីឯវាមានតែលើតម្លៃលម្អៀងធំៗខ្លាំង ទើបមានការណែនាំឱ្យមានការបំពាក់ការលើតម្លៃលម្អៀងនីមួយៗ។ តែកម្រោយនៃវិធីសាស្ត្រ MSEនេះ យ៉ាងណាក៏មានការព្រួយបារម្ភពីការចាប់បានតែតម្លៃលម្អៀងធំៗផងដែរ។ វិធីសាស្ត្រ MSEនេះ មានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t^2)}{n}$$

ដោយ $t =$ រយៈពេល
 $n =$ ចំនួននៃលម្អៀង

១.៩.៣ មធ្យមនៃលម្អៀងភាគរយ Mean Percentage Error (MPE)

ដោយហេតុថា មានការព្យាករណ៍ជ័យច្រើនអាចផ្តល់លទ្ធផលទាប រឺខ្ពស់ពេកធៀបនឹងតម្លៃជាក់ស្តែង ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាលម្អៀង ដូច្នេះហើយទើបត្រូវយកតម្លៃលម្អៀងនីមួយៗ មកធ្វើផលធៀបនឹងតម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង ដើម្បីបង្ហាញពីភាគរយខុសគ្នា និងប្រៀបធៀបការព្យាករណ៍នៃសំណុំទិន្នន័យផ្សេងៗគ្នាបាន ជាមួយនឹងលក្ខណៈជាភាគរយនេះ។ លទ្ធផលតាមវិធីសាស្ត្រ MPEនេះ គួរមានតម្លៃក្បែរនឹងសូន្យ បញ្ជាក់ពីការមិនមានបញ្ហាដូចបានរៀបរាប់ខាងលើនេះ។ ហើយបានជារូបមន្តនៃវិធីសាស្ត្រ MPE ដូចខាងក្រោម៖

$$\text{MPE} = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t/Y_t)}{n}$$

ដោយ $t =$ រយៈពេល
 $n =$ ចំនួននៃលម្អៀង

១.៩.៤ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងភាគរយ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

ដោយហេតុថា ដូចបានដឹងស្រាប់ តម្លៃលម្អៀងនីមួយៗអាចជាអវិជ្ជមាន ដូចនេះដើម្បីភាពល្អប្រសើរនៃការគណនាតាមវិធីសាស្ត្រ MPE ខាងលើ សម្រាប់តម្លៃលម្អៀងនីមួយៗត្រូវបានបំពាក់តម្លៃដាច់ខាត ហើយបានជាវិធីសាស្ត្រ MAPE និងមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|/Y_t}{n}$$

ដោយ $t =$ រយៈពេល
 $n =$ ចំនួននៃលម្អៀង

១.៩.៥ ឫសការនៃមធ្យមនៃការលម្អៀង Square Root of the MSE (RMSE) ⁴⁹

ជាការសម្រួលនូវលក្ខណៈនៃតម្លៃដែលត្រូវបានគណនាចេញពីការគណនាតាមវិធីសាស្ត្រ MSE លទ្ធផលតាមវិធីសាស្ត្រ MSE នេះ ត្រូវបានបំពាក់ឬសការ ដើម្បីដោះស្រាយភាពទ្វេដងរបស់តម្លៃ ហើយបានជាវិធីសាស្ត្រ RMSE និងមានរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}}$$

ដោយ t= រយៈពេល

n= ចំនួននៃលម្អៀង

១.១០ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

បន្ទាប់ពីបានធ្វើការគណនាតម្លៃលម្អៀងតាមម៉ូដែលនីមួយៗ និងដូចបានណែនាំក្នុងជំហាននៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលខាងលើ ជាកិច្ចបន្ទាប់គឺជា ការប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនីមួយៗ ដោយនាំយកនូវតម្លៃលម្អៀងនៃវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ របស់ម៉ូដែលនីមួយៗ មកពិនិត្យមើលថាតើ ម៉ូដែលមួយណា មានលម្អៀងតូចជាងគេ ហើយម៉ូដែលនោះហើយត្រូវបានជ្រើសរើសថា ជាម៉ូដែលដែលល្អជាងគេសម្រាប់ការព្យាករណ៍។ ដោយឡែក តែម៉ូដែលមួយចំនួន ដូចជា Autoregressive (AR) ជាដើម ការធ្វើការសន្និដ្ឋានត្រឹមការពិនិត្យលើតម្លៃលម្អៀងទាំង ៥ គឺគ្រាន់តែជានិក្ខិវិធីមួយប៉ុណ្ណោះ ដើម្បីបើកផ្លូវដល់ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង។ ពោលគឺ វិធីសាស្ត្រទាំង ៥ នេះ ត្រឹមជាការវាស់លម្អៀងទូទៅប៉ុណ្ណោះ។

⁴⁹ John E. Hanke and Dean W. Wichern. 2009. Business Forecasting. 9th Edition. P. 82-83

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart

២.១ ប្រវត្តិរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart

ជាមួយនឹងគោលគំនិតបង្កើតផ្សារមួយដែលអាចផ្តល់ជូនតម្លៃទាបបំផុតគ្រប់ពេល និងគ្រប់ទីកន្លែង ផ្សារលក់រាយ Walmart ដំបូងគេត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយ លោក Sam Walton នាឆ្នាំ ១៩៦២ ហើយនៅលើគេហទំព័ររបស់ក្រុមហ៊ុន ក្រុមហ៊ុនបានដាក់ចំណងជើងឱ្យថា ជាការធ្វើបដិវត្តផ្សារលក់រាយនាទសវត្សរ៍ទី៦០។ នៅឆ្នាំ ១៩៦៧ ក្រុមគ្រួសារលោក Walton បានពង្រាយហាងរបស់ខ្លួនបាន២៤ទីតាំង បង្កើនការលក់បានដល់ទៅ ១២,៧ លានដុល្លារ។ ចូលដល់ឆ្នាំ ១៩៦៩ Walmart Inc. បានបង្កើតឡើងជាផ្លូវការ។ រហូតដល់ឆ្នាំ ១៩៧២ ចំណូលនៃការលក់បានកើនដល់ ៧៨លានដុល្លារ មានចុះលើបញ្ជីទីផ្សារហ៊ុននៃទីក្រុងញូវយ៉កផងដែរ។ ចូលដល់ទសវត្សរ៍ទី ៨០ អ្វីដែលគួរឱ្យកត់សម្គាល់បន្តទៀត គឺការដែល Walmart ចាប់ផ្តើមបើក Walmart Supercenter (ផ្សារខ្នាតធំ) ដែលនេះជាការបញ្ចូលគ្នារវាងផ្សារទំនើប និងផ្សារលក់ទំនិញរាយទូទៅ។ អ្វីដែលកាន់តែអស្ចារ្យទៀតនោះ សន្ទុះប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart បានឡើងខ្ពស់ ដែលវាជាចំណុចផ្សេងៗទៀត នៅពេលនោះ ពោលគឺក្នុងចំនួន ១ពាន់លានដុល្លារ ជាមួយនឹង បុគ្គលិកបម្រើការចំនួន ២១០០០នាក់ ជាមួយនឹងចំនួនហាង ប្រមាណជា ២៧៦ហាងផងដែរ។ រហូតដល់ទសវត្សរ៍ទី ៩០ Walmart បានបំពេញចិត្តអតិថិជនបានយ៉ាងច្រើនដែលគេតែងនិយមចងចាំ ទៅដល់ Walmart គឺអាចទិញបានអ្វីសព្វគ្រប់ ថែមទាំងតម្លៃធុរទៀត ហើយភាពល្បីល្បាញនេះ ក៏លេចលឺដល់ទូទាំងពិភពលោកផងដែរ។ ដូច្នេះហើយ នៅឆ្នាំ ១៩៩១ Walmart ក៏បានរួមទុនជាមួយ Cifra ដែលជាក្រុមហ៊ុនផ្សារលក់រាយរបស់មិកសិក ហើយក៏ជាពេលដែលបានបើក Sam's Club ក្នុងទីក្រុងនៃប្រទេសនេះផងដែរ។ ចូលដល់ឆ្នាំ ១៩៩២ ចំនួនហាងបានកើនដល់ ១៩២៨ និងមានបុគ្គលិកបម្រើការ ៣៧១០០០នាក់។ ហើយនៅឆ្នាំ ១៩៩៦ សាខាដំបូងនៅចិនក៏បានបើក ហើយនៅឆ្នាំ ១៩៩៧ ប្រាក់ចំណូលពីការលក់ប្រចាំឆ្នាំ បានកើនដល់ ១០០ពាន់លានដុល្លារ។ ដល់ឆ្នាំ ១៩៩៨ ផ្សារលក់រាយនៅតាមទីប្រជុំជន ត្រូវបានបើក ចំនួន ៣ នៅក្នុងរដ្ឋ អាកាន់សាស។ ក្នុងឆ្នាំដដែលនេះ ក៏ជាពេលដែល Walmart បានទិញយក Asda ដែលតាមរយៈនេះ ជាការឈានចូលទីផ្សារចក្រភពង់គ្លេសដំបូងរបស់ខ្លួន។ ចូលដល់សតវត្សរ៍ទី ២០ Walmart ក៏បានចាប់បង្កើតឱ្យមានគេហទំព័រអនឡាញ និងកម្មវិធីដំណើរការលើទូរស័ព្ទដើម្បីកាន់តែបង្កភាពងាយស្រួលទៅតាមតម្រូវការរបស់អតិថិជនជំនាន់នោះ។ ដល់ឆ្នាំ ២០០៩ ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart បានកើនឡើងដល់ចំនួន ៤០០ពាន់លានដុល្លារណោះ។ នៅឆ្នាំ ២០១១ ជាមួយនឹងការទិញយក Massmart នៅអាហ្វ្រិកខាងត្បូង Walmart បានវាដាច់នៅទូទាំងពិភពលោក ដោយមានចំនួនហាងរបស់ខ្លួនកើនដល់ ១០០០០ ហាង។ មកដល់ឆ្នាំ ២០១៥ Walmart មានចំនួនហាងច្រើនជាង ១១០០០

ហាង ហើយមានបុគ្គលិកបម្រើការ ប្រមាណជា ២,៣លាននាក់បម្រើដល់អតិថិជនចំនួន ២០០លាននាក់ រៀងរាល់សប្តាហ៍នៅ ២៧ប្រទេសទូទាំងសកលលោក និងមកទល់នឹងឆ្នាំ ២០២២ នេះ Walmart បានប្រារព្ធពិធីអបអរខួបលើកទី ៦០ នៃការមានវត្តមានរបស់ខ្លួនផងដែរ។⁵⁰

២.២ ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន WAL-MART

លោក Same Walton និងលោក Bud Walton ជាអ្នកបង្កើត ឬ អាចហៅបានថាជា Founder របស់ក្រុមហ៊ុន WAL-MART

២.២.១ លោក Sam Walton



លោក Sam Walton ឬ Samual Moore Walton គឺជាមហាសេដ្ឋីជនជាតិអាមេរិក ដែលត្រូវបានគេស្គាល់ថាជាអ្នកបង្កើតផ្សារលក់រាយ ក្រុមហ៊ុន WAL-MART។ គាត់កើតនៅថ្ងៃទី 29 ខែមីនា ឆ្នាំ 1918 ហើយបានស្លាប់នៅថ្ងៃទី5 ខែមេសា ឆ្នាំ 1992។ ឪពុករបស់គាត់ឈ្មោះ Thomas Gibson Walton និង ម្តាយរបស់គាត់ឈ្មោះ Nancy Lee ហើយគាត់កើតនៅ Kingfisher រដ្ឋ Oklahoma ។ គាត់បានរស់នៅទីនោះក្នុងកសិដ្ឋានរបស់ពួកគេរហូតដល់ឆ្នាំ 1923 បន្ទាប់មកគាត់បានធ្វើការឱ្យក្រុមហ៊ុនរបស់បងប្រុសគាត់ និងការងារជាច្រើនដើម្បីជួយដោះស្រាយស្ថានភាពហិរញ្ញវត្ថុរបស់គ្រួសារគាត់។ នៅពេលគាត់បញ្ចប់វិទ្យាល័យ គាត់ចូលរៀននៅសកលវិទ្យាល័យ Missouri ជាកម្មាភិបាល ROTC ។ បន្ទាប់ពីគាត់បានបញ្ចប់ការសិក្សា គាត់បានធ្វើការឱ្យក្រុមហ៊ុនផ្សេងៗជាច្រើនដូចជា សិក្ខាកាមគ្រប់គ្រងនៅ Des Moines ធ្វើការនៅរោងចក្រគ្រាប់បែក Dupont ក៏ដូចជាចូលរួមជាមួយអង្គការកម្មរបស់កងទ័ពសហរដ្ឋអាមេរិក។ ក្រោយមកគាត់បានរៀបការជាមួយ Helen Robson និងមានកូនប្អូននាក់គឺ Samuel Robson, Jonh Thomas, James Carr និង Alice ។ ចំណែកកេរដំណែលខ្លះរបស់គាត់ ក្នុងឆ្នាំ 1998 Walton ត្រូវបានបញ្ចូលក្នុងបញ្ជីមនុស្សមានឥទ្ធិពលបំផុតទាំង 100 នៃសតវត្សរ៍ទី 20 របស់ Time ។ នៅឆ្នាំ 1992 គាត់បានទទួលមេដាយប្រធានាធិបតីនៃសេរីភាពពីប្រធានាធិបតី George H. W. Bush និងផ្សេងៗជាច្រើនទៀត។⁵¹

២.២.២ លោក Bud Walton

លោក Bud Walton ឬ James Lawrence "Bud" Walton គឺជាប្អូនប្រុសរបស់ Sam Walton ហើយក៏ជាសហស្ថាបនិកនៃ WAL-MART ។ គាត់កើតនៅថ្ងៃទី 20 ខែធ្នូឆ្នាំ 1921 ហើយបានស្លាប់នៅថ្ងៃទី 21 ខែមីនាឆ្នាំ 1995

⁵⁰ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/about/history> (ចូលមើលថ្ងៃទី១២ ឧសភា ២០២៣)

⁵¹ ដកស្រង់ពី https://en.wikipedia.org/wiki/Sam_Walton (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

។ គាត់ក៏កើតនៅ Kingfisher រដ្ឋ Oklahoma ផងដែរ។ គាត់ក៏ត្រូវធ្វើការងារជាច្រើនតាំងពីគាត់នៅក្មេង ដើម្បីជួយផ្គត់ផ្គង់គ្រួសាររបស់គាត់។ នៅវិទ្យាល័យ គាត់បានចូលរៀននៅវិទ្យាល័យ David H. Hickman ក្នុងទីក្រុង Columbia រដ្ឋ Missouri ។ បន្ទាប់ពីបញ្ចប់ការសិក្សា គាត់បានចូលរៀននៅសាលាយោធា Wentworth នៅ Lexington រដ្ឋ Missouri ។ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា លោក Sam និង Bud ធ្វើការនៅក្នុងហាងលក់រាយ Ben Franklin ក្នុងទីក្រុង Chicago⁵² ។

២.៣ ទីតាំងក្រុមហ៊ុន

Walmart Inc មានទីស្នាក់ការកណ្តាលនៅសហរដ្ឋអាមេរិក មានទីស្នាក់ការកណ្តាលនៅ Bentonville រដ្ឋ Arkansas។ មកដល់ថ្ងៃទី 31 ខែតុលា ឆ្នាំ 2022 ក្រុមហ៊ុន Walmart បានពង្រីកទីផ្សារជុំវិញពិភពលោក មានហាង និងភ្ជាប់ចំនួន 10,586 នៅក្នុង 24 ប្រទេស ដែលដំណើរការក្រោមឈ្មោះ 46 ផ្សេងៗគ្នា។⁵³

រូបភាពទី ២.១ ទីតាំងស្នាក់ការកណ្តាលរបស់ Walmart



២.៤ រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart

រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart មានដូចខាងក្រោម៖

២.៤.១ រូបសញ្ញា⁵⁴

ការចនាផ្លាកសញ្ញាដំបូងបំផុតរបស់ Walmart មានលក្ខណៈសាមញ្ញណាស់ ត្រឹមតែពាក្យ WAL-MART និងមានអក្សរពណ៌ទឹកសមុទ្រខ្ចីប៉ុណ្ណោះ ដូចក្នុងរូបទី ២.២។

⁵² ដកស្រង់ពី https://en.wikipedia.org/wiki/Bud_Walton (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

⁵³ ដកស្រង់ពី <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Walmart&oldid=1163980833> (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

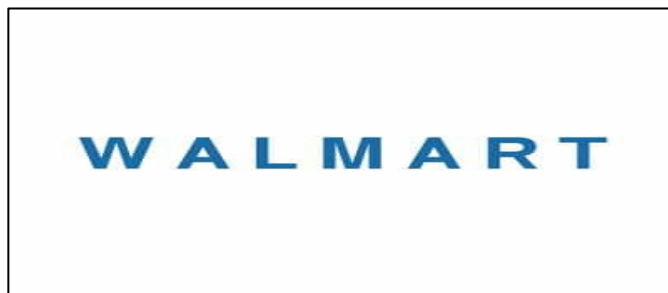
⁵⁴ ដកស្រង់ពី <https://turbologo.com/articles/walmart-logo/> (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

និមិត្តសញ្ញារបស់ Walmart ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយស្ថាបនិក Sam Walton ក្នុងឆ្នាំ 1962។ គាត់បានយកអក្សរ 3 ដំបូងនៃនាមត្រកូលរបស់គាត់ "Wal" និងអក្សរកាត់ពាក្យ "ទីផ្សារ (Market)" ។ ជាលទ្ធផលគាត់ទទួលបាន "Walmart" ។

ផ្អាកសញ្ញាទូរហ្គេររបស់Wal-Martនៅតែបន្តមានភាពស៊ីចង្វាក់គ្នាពេញមួយប្រវត្តិសាស្ត្ររបស់ពួកគេ គឺទទួលឆ្លងកាត់ការផ្លាស់ប្តូរតិចតួចប៉ុណ្ណោះ។ ខាងក្រោមគឺជាដំណើរវិវត្តន៍នៃទូរហ្គេររបស់ Walmart៖

- 1962-1964: ក្រុមហ៊ុនបានបង្កើតទូរហ្គេរដំបូងរបស់ពួកគេ វាគ្រាន់តែជាពាក្យ “Walmart” ទទេរ គ្មានរូបតំណាងអ្វីឡើយ។ ឈ្មោះ Walmart ត្រូវបានបង្ហាញជាពុម្ពអក្សរ/រចនាបថមួយ ដែលមានសម្រាប់ម៉ាស៊ីនបោះពុម្ព។ ពណ៌ពុម្ពអក្សរដែលយកមកប្រើគឺ Sans Serif ជាពណ៌ខៀវ។

រូបភាពទី ២.២ ផ្អាកសញ្ញា Walmart 1962-1964



- 1964-1981: ពុម្ពអក្សរថ្មីត្រូវបានរើសមកជំនួសនឹងពុម្ពអក្សរចាស់ ហើយសហសញ្ញា - ” ត្រូវបានបន្ថែមរវាង WAL និង Mart (ឧ: WAL-MART) ។ ក្រុមហ៊ុនបានជ្រើសរើសពុម្ពអក្សរ “Frontier Font Logo” ។ ពណ៌អក្សរបានប្តូរពីពណ៌ខៀវទៅពណ៌ខ្មៅ។

រូបភាពទី ២.៣ ផ្អាកសញ្ញា Walmart 1964-1981



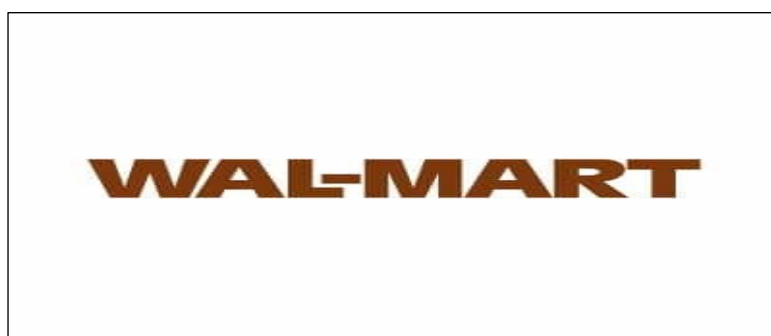
- 1968-1981: រួមជាមួយនឹងនិមិត្តសញ្ញាផ្លូវការដំបូង ក្រុមហ៊ុនក៏បានបង្កើតម៉ាក Discount City ដំបូងរបស់ពួកគេផងដែរ។ វាប្រើសម្រាប់ការផ្សព្វផ្សាយ ផលិតផលរបស់ពួកគេ។ វាក៏ប្រើលើឯកសណ្ឋាននិយោជិក និងSmocks ផងដែរ។

រូបភាពទី ២.៤ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1968-1981



- 1981-1992: ពួកគេបានប្តូរពណ៌អក្សរពីពណ៌ខ្មៅទៅពណ៌ត្នោតម្តង ដើម្បីបង្ហាញធ្វើឱ្យឃើញថា ពួកគេមើលទៅមានទំនួលខុសត្រូវ និងអាចទុកចិត្តលើផលិតផលប្រើប្រាស់។ ពុម្ពអក្សរក្រោយមកគឺ Sans Serif វិញ។

រូបភាពទី ២.៥ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1981-1992



- 1992-2008: ផ្លាកសញ្ញា Walmart បានជំនួសសញ្ញាសម្គាល់ដោយ ផ្កាយធរណីមាត្រ ដើម្បីបង្កើតឱ្យភាពរំភើប និងភាពទាក់ទាញ។ មូលហេតុដែលក្រុមហ៊ុនបានប្តូរពីពណ៌ត្នោតទៅពណ៌ខៀវ គឺដោយសារតែពណ៌ត្នោតមើលទៅហួសសម័យ។

រូបភាពទី ២.៦ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 1992-2008



- 2008-present: ដូចដែលបានឃើញហើយ នៅទីបំផុតពួកគេត្រលប់មកប្រើនិមិត្តសញ្ញាសាមញ្ញដើមរបស់ពួកគេ (ពណ៌ខៀវ និងពុម្ពអក្សរសាមញ្ញ) តែបន្ថែមបន្ទាត់ខ្លីៗពណ៌លឿងចំនួន៦ ដែលពេលផ្គុំគ្នាមានរាងដូចផ្កាយ ឬពន្លឺព្រះអាទិត្យនៅចុងអក្សរ។ ឡូហ្គោថ្មីបំផុតរបស់Walmart ដែលផ្តល់ជូនក្នុងឆ្នាំ 2008 ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយលោក Lippincott ។

រូបភាពទី ២.៧ ផ្លាកសញ្ញា Walmart 2008-បច្ចុប្បន្ន



២.៤.២ អត្ថន័យនៃផ្លាកសញ្ញានៃក្រុមហ៊ុន WAL-MART នាពេលបច្ចុប្បន្ន

នៅដើមឆ្នាំដំបូងពេលដែលក្រុមហ៊ុនចាប់ផ្តើមដំណើរការ ឈ្មោះឡូហ្គោពិតណាស់មិនមានអត្ថន័យជ្រាលជ្រៅទេ វាគ្រាន់តែបានយកគំរូចេញពីឈ្មោះលោក Walton និង អក្សរអក្ខរស ទីផ្សារ (Market) ប៉ុណ្ណោះ។ ប៉ុន្តែ រហូតមកដល់សម័យបច្ចុប្បន្ននេះ បន្ទាប់ពីឆ្លងកាត់ដំណើរការផ្លាស់ប្តូរការចនាម៉ូតឡូហ្គោអស់ជាច្រើនឆ្នាំ ទីបំផុតវាទទួលបានរូបភាពថ្មីមួយដែលមានបង្កប់អត្ថន័យជាច្រើន ហើយខាងក្រោមជាការធ្វើការបកស្រាយអត្ថន័យនីមួយៗរបស់ឡូហ្គោ៖

➤ ប្រភេទពុម្ពអក្សរ

តើក្រុមហ៊ុន Walmart បានប្រើពុម្ពអក្សរអ្វីនៅលើនិមិត្តសញ្ញា ?

ប្រភេទនិមិត្តសញ្ញា Walmart ត្រូវបានសរសេរក្នុងទម្រង់ពុម្ពអក្សរ Sans-serif ។ ក្រៅពីពុម្ពនេះក៏អាចប្រើពុម្ព Unitext Pro bold និង Rolphie មកសរសេរជំនួសបាន គ្រាន់តែរៀបចំ line បន្តិច។

ការផ្លាស់ប្តូរនិមិត្តសញ្ញាឡូហ្គោរបស់ក្រុមហ៊ុនទៅកាន់និមិត្តសញ្ញាថ្មីក្នុងឆ្នាំ 2008 គឺដើម្បីបញ្ជាក់ពីការផ្លាស់ប្តូររបស់ខ្លួន ពីការផ្សព្វផ្សាយរបស់ផលិតផលដែលមានតម្លៃធ្ងន់ធ្ងរ ទៅជាក្រុមហ៊ុនដែលខិតខំប្រើប្រាស់យុទ្ធសាស្ត្រទីផ្សារប្រកបដោយភាពច្នៃប្រឌិត និងការស្នើភាព ។ នៅក្នុងបទសម្ភាសន៍មួយ អ្នកនាំពាក្យរបស់ក្រុមហ៊ុនបាននិយាយថា “គោលដៅរបស់ពួកគេគឺ ដើម្បីបង្ហាញថាក្រុមហ៊ុនបានឆ្លងកាត់ការផ្លាស់ប្តូរជាច្រើន ជាជាងការបង្ហាញពីឡូហ្គោ Walmart”។

➢ **ផ្លាកសញ្ញា**

ផ្លាកសញ្ញា Walmart ថ្មីនេះ គឺឆ្លុះបញ្ចាំងពីការប្រើវិធីសាស្ត្រដែលមិនប៉ះពាល់ដល់បរិស្ថានរបស់ក្រុមហ៊ុន នៅពេលធ្វើការអាជីវកម្មក្នុងទីផ្សារសកល។ សព្វថ្ងៃនេះ វាគឺជាផ្លាកសញ្ញាមួយដែលត្រូវបានគេដឹង និងស្គាល់ ច្រើនជាងគេ។ ហើយទោះបីជាវាមើលទៅសាមញ្ញណាស់ក៏ដោយ អ្នកបង្កើតបានបញ្ចូលអារម្មណ៍ជាច្រើនទៅ ក្នុងវា។

និមិត្តសញ្ញា Walmart តំណាងដោយផ្កាភ្លើងសំដៅដល់ ការបំផុសគំនិត និងគំនិតដ៏អស្ចារ្យរបស់ Sam Walton ។ រូបរាងរបស់វាមានន័យថា Walmart មិនប៉ះពាល់ដល់បរិស្ថាន។ ការរួមបញ្ចូលនៃពណ៌ខៀវ និងលឿងឆ្លុះ បញ្ចាំងពីការប្តេជ្ញាចិត្តចំពោះគុណភាព និងចំណង់ចំណូលចិត្តពីក្រុមហ៊ុន។ ហើយពុម្ពអក្សរដែលប្រើនៅក្នុងករណី ចំណងជើងតំណាងឱ្យភាពសាមញ្ញ និងបង្កប់ន័យ ថាអតិថិជនមានតម្លៃយ៉ាងសំខាន់ចំពោះក្រុមហ៊ុន។

➢ **រូបតំណាង**

រូបតំណាង Walmart មានលក្ខណៈសាមញ្ញ និងធម្មតា តំណាងឱ្យថាក្រុមហ៊ុនជាអ្នកទទួលខុសត្រូវ និង មានសមត្ថភាព ផ្តល់គុណតម្លៃដល់អតិថិជនរបស់ខ្លួន និងមានជម្រើសផលិតផលជាច្រើនប្រភេទ ទៅតាម ចំណូលចិត្តរបស់អតិថិជន។

តាមរូបទី ២.៨ រូបតំណាង Walmart ត្រូវបានផ្សំឡើងដោយការរៀបចំពណ៌ខៀវដ៏រឹងមាំ ដែលអាចមើលឃើញ ដោយជ្រុងរបស់វា និងរូបផ្កា ឬរូបផ្កាយពណ៌លឿងទាន់សម័យដែលគួរពីលើវា។ រូបនេះមានរចនាបថ សាមញ្ញ បង្កើតឡើងដោយរូបតូចពណ៌លឿងតូចចំនួន៦ ដែលដាក់នៅឃ្លាតពីគ្នា។ រូបផ្កាឬរូបផ្កាយតំណាងឱ្យការចាត់ ថ្នាក់ និងប្រភេទផ្សេងៗ ចំណែកគ្រាប់ផ្កានីមួយៗ គឺបង្ហាញពីការផ្លាស់ប្តូរផ្នែកដំណើរការរបស់ Walmart។⁵⁵

រូបភាពទី ២.៨ ការផ្លាស់ប្តូររូបតំណាង Walmart



➢ **ពណ៌**

ការរួមបញ្ចូលគ្នានៃពណ៌ខៀវ និងពណ៌លឿង បង្កើតអារម្មណ៍នៃមិត្តភាព និងភាពជុំវិញក្តីសង្ឃឹម។ វាគឺជា ទស្សនវិជ្ជាថ្មីរបស់ Walmart ដែលក្រុមហ៊ុនកំពុងដាក់បង្ហាញជុំវិញពិភពលោក។ ដូចគ្នានេះផងដែរ វាឆ្លុះបញ្ចាំង ពីការខិតខំប្រឹងប្រែងរបស់ក្រុមហ៊ុនក្នុងការផ្តល់នូវផលិតផលដែលមានគុណភាពល្អបំផុត និងសម្រេចបាននូវ កម្រិតគុណភាពផលិតផលខ្ពស់បំផុត។⁵⁶

⁵⁵ ដកស្រង់ពី <https://1000logos.net/walmart-logo/> (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

⁵⁶ ដកស្រង់ពី <https://1000logos.net/walmart-logo/> (ចូលមើលថ្ងៃទី១៤ ឧសភា ២០២៣)

២.៥ បក្ខវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ

២.៥.១ បក្ខវិស័យ

បក្ខវិស័យរបស់ WAL-MART គឺ "ធ្វើឱ្យរាល់ថ្ងៃកាន់តែងាយស្រួលសម្រាប់គ្រួសារដែលរស់" ដែលដើម្បីធ្វើឱ្យ Walmart កាន់តែប្រសើរឡើង ពួកគេបានទាញយកអត្ថប្រយោជន៍ពីការប្រើប្រាស់បច្ចេកវិទ្យាថ្មីៗ ដើម្បីធ្វើការងារកាន់តែប្រសើរឡើង ជាពិសេសនៅក្នុងការបម្រើអតិថិជន។ ដោយសារបានឃើញថានៅក្នុងពេលបច្ចុប្បន្ន គ្រួសារភាគច្រើនចង់សន្សំប្រាក់ និងខ្វល់ខ្វាយពីតម្លៃនៃពេលវេលា ដូច្នេះក្រុមហ៊ុន Walmart កំណត់យកបក្ខវិស័យក្នុងការផ្តល់តម្លៃទាបនៃទំនិញ និងផលិតផល ជាមួយនឹងគុណភាពដូចនឹងរបស់របរដែលអ្នកមានទិញប្រើប្រាស់។

២.៥.២ បេសកកម្ម

បេសកកម្មរបស់ Walmart អាចត្រូវបានសង្ខេបថា "ជួយអតិថិជនជុំវិញពិភពលោកសន្សំប្រាក់ និងរស់នៅឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង នៅគ្រប់ពេលវេលានិងគ្រប់ទីកន្លែងដោយនៅក្នុងហាងលក់រាយផ្ទាល់ និងតាមរយៈ eCommerce។ បេសកកម្ម និងយុទ្ធសាស្ត្ររបស់ Walmart ស្ថិតក្នុងចំណុច ៣ ធំៗគឺ៖

- Price: ដោយលក់ផលិតផលក្នុងតម្លៃទាប អាចនាំឱ្យគ្រួសារអាចសន្សំប្រាក់បាន។
- Assortment: ធ្វើឱ្យក្រុមហ៊ុន Walmart មាននៅគ្រប់ទីកន្លែង ហើយអាចទៅរកបាននៅគ្រប់ពេលវេលា, ដោយ ហាង Walmart មាននៅច្រើននៅគ្រប់ជ្រុងជ្រោយនៃប្រទេសអាមេរិក។
- Experience: ដោយបានដាក់បុគ្គលិកដែលមានបទពិសោធន៍ និងមានចំណេះដឹងខ្ពស់ ជាអ្នកលក់។⁵⁷

២.៥.៣ គុណតម្លៃ (Core Values)

មូលដ្ឋានគ្រឹះនៃគុណតម្លៃរបស់ក្រុមហ៊ុន WAL-MART គឺអាចកំណត់បានដោយមើលលើពីរបៀបដែលពួកគេផ្តល់សេវាកម្មអតិថិជនដ៏ល្អឥតខ្ចោះ បង្កើតបរិយាកាសការងារជូនមុខងារស្នាក់នៅ និងកែលម្អការអនុវត្តន៍ដើម្បីសម្រេចបាននូវគោលបំណងរួមរបស់ក្រុមហ៊ុន ក្នុងការសន្សំប្រាក់របស់អតិថិជន ដូច្នេះ ពួកគេអាចរស់នៅបានប្រសើរជាងមុន។

ក្រុមហ៊ុន Walmart ផ្តល់ជូនសេវាកម្មដ៏ល្អបំផុតដល់អតិថិជនដោយផ្ដោតទៅលើ៖

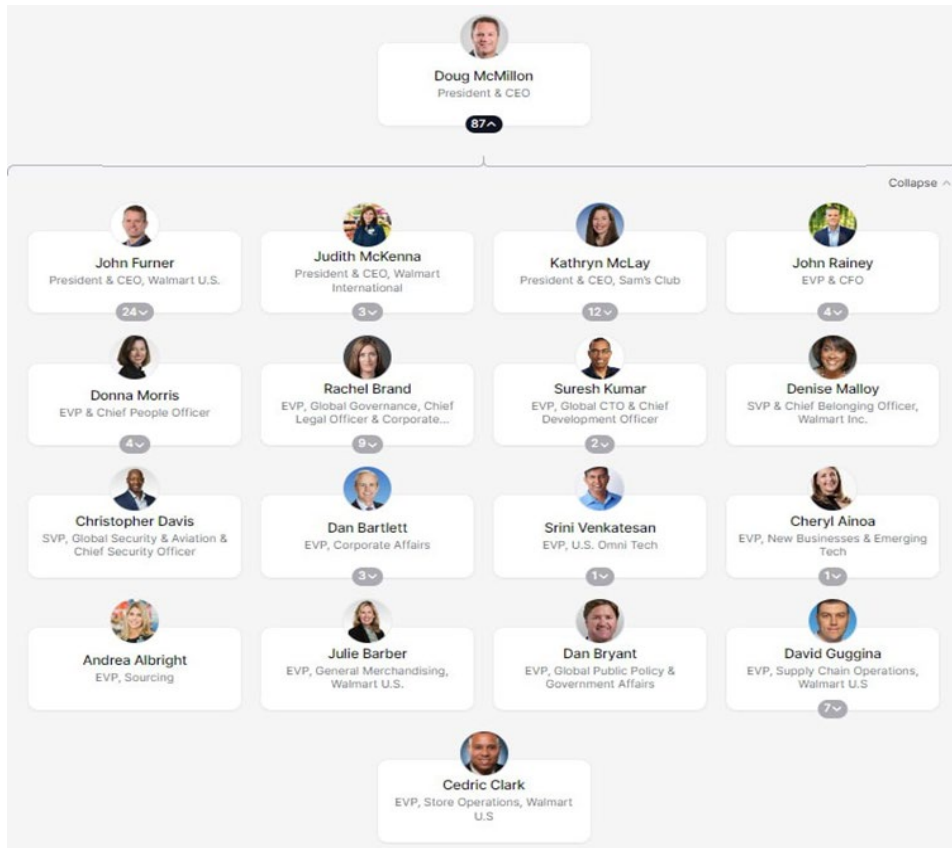
- សេវាកម្មជាមួយអតិថិជន
- គោរពនិងឱ្យតម្លៃដល់បុគ្គលគ្រប់រូប
- ខិតខំដើម្បីឧត្តមភាព
- អនុវត្តប្រតិបត្តិដោយសុចរិត⁵⁸

⁵⁷ ដកស្រង់ពី <https://fourweekmba.com/walmart-vision-statement-mission-statement/> (ថ្ងៃទី២០ ឧសភា ២០២៣)

⁵⁸ ដកស្រង់ពី <https://careers.walmart.com/values> (ចូលមើលនៅថ្ងៃទី១៥ ឧសភា ២០២៣)

២.៦ រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ក្រុមហ៊ុន WAL-MART

រូបភាពទី ២.៩ រចនាសម្ព័ន្ធរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart



ប្រភពព័ត៌មាន៖ <https://theorg.com/org/walmart> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ឧសភា ២០២៣)

តាមតារាងអង្គភាពនេះ ប្រធាន និងនាយកប្រតិបត្តិ របស់ក្រុមហ៊ុនWAL-MART បច្ចុប្បន្នគឺលោក Dough McMillon ក៏ជាបុគ្គលមួយស្ថិតក្នុងនាមជាក្រុមប្រឹក្សាភិបាលរបស់ផ្សារលក់រាយនេះផងដែរ។ ⁵⁹

ខណៈពេលដែលលោក John Furner មានមុខងារជាប្រធាន និងជានាយកប្រតិបត្តិនៃ WAL-MART នៅសហរដ្ឋអាមេរិក គាត់ទទួលខុសត្រូវចំពោះទិសដៅយុទ្ធសាស្ត្រ និងដំណើរការនៃហាងទំនិញ 4700 របស់ WAL-MART ក៏ដូចជាគេហទំព័រ កម្មវិធី និងបណ្តាញផ្គត់ផ្គង់ផងដែរ។ ⁶⁰

Judith McKenna គឺជានាយកប្រតិបត្តិនៃផ្នែកអន្តរជាតិរបស់ WAL-MART ហើយអ្នកស្រីបានធ្វើការនៅក្នុងមុខតំណែងនេះតាំងពីឆ្នាំ 2018។ ⁶¹

Kathryn McLay គឺជាប្រធាន និងជានាយកប្រតិបត្តិនៃក្លឹប Sam ជាក្លឹបឃ្លាំងសម្រាប់តែសមាជិក។ ⁶²

⁵⁹ ដកស្រង់ពី https://en.wikipedia.org/wiki/Doug_McMillon (ចូលមើលថ្ងៃទី២៣ ឧសភា ២០២៣)

⁶⁰ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/john-furner/> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៣ ឧសភា ២០២៣)

⁶¹ ដកស្រង់ពី https://en.wikipedia.org/wiki/Judith_McKenna (ចូលមើលថ្ងៃទី២៣ ឧសភា ២០២៣)

⁶² ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/kathryn-mclay> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៣ ឧសភា ២០២៣)

John David Rainey គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិ និងជាប្រធានផ្នែកហិរញ្ញវត្ថុរបស់ Walmart ។ គាត់ទទួលខុសត្រូវលើគណនេយ្យ និងការគ្រប់គ្រង យុទ្ធសាស្ត្រ និងការអភិវឌ្ឍន៍សាជីវកម្ម ការធ្វើផែនការអាជីវកម្ម និងការវិភាគ លទ្ធកម្មសកល សវនកម្មផ្ទៃក្នុង រតនាគារ ពន្ធ និងទំនាក់ទំនងវិនិយោគិន។ John David និងក្រុមរបស់គាត់ធ្វើការដើម្បីផ្តល់នូវការប្តេជ្ញាចិត្តរបស់ Walmart ក្នុងការជួយអតិថិជនជុំវិញពិភពលោកសន្សំប្រាក់ និងរស់នៅកាន់តែប្រសើរឡើង។⁶³

Donna Morris គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិ និងជាប្រធានបុគ្គលិករបស់ Walmart Inc. ហើយក៏ជាសមាជិកនៃគណៈកម្មាធិការប្រតិបត្តិ។ Donna ទទួលខុសត្រូវក្នុងការទាក់ទាញ រក្សា និងអភិវឌ្ឍទេពកោសល្យសម្រាប់និយោជកឯកជនធំបំផុតមួយរបស់ពិភពលោក។⁶⁴

Rachel Brand គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិរបស់ Walmart នៃអភិបាលកិច្ចសកល ប្រធានផ្នែកច្បាប់ និងលេខាធិការសាជីវកម្ម។ អ្នកស្រីមានទំនួលខុសត្រូវខាងផ្នែកច្បាប់ អនុលោមភាព ក្រមសីលធម៌ អភិបាលកិច្ចសាជីវកម្ម ភាពជាពលរដ្ឋឌីជីថល អាកាសចរណ៍ ស៊េបសង្កេត និងមុខងារសុវត្ថិភាពសាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន រួមទាំងមជ្ឈមណ្ឌលប្រតិបត្តិការបន្ទាន់របស់ Walmart ផងដែរ។⁶⁵

Suresh Kumar គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិ និងជាប្រធានផ្នែកបច្ចេកវិទ្យាសកល (CTO) និងជាប្រធានផ្នែកអភិវឌ្ឍន៍ (CDO) នៃ Walmart, Inc ។ ក្នុងនាមជា CTO សកល Suresh កំណត់យុទ្ធសាស្ត្របច្ចេកទេសរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ដោយរួមបញ្ចូលគ្នានូវភាពជឿនលឿនក្នុងការគណនាជាមួយនឹងចំណុចខ្លាំងរបស់ Walmart ដើម្បីផ្តល់ជូនបទពិសោធន៍ដ៏ល្អបំផុតដល់អតិថិជន។ ក្នុងនាមជា World CDO លោកបានដឹកនាំក្រុមការងារក្នុងការបង្កើតឧបករណ៍ និងប្រព័ន្ធដើម្បីធ្វើការផ្លាស់ប្តូរប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មជាឌីជីថល ដោយប្រើទំហំនិងថាមពលនៃទិន្នន័យរបស់ក្រុមហ៊ុន ដើម្បីផ្តល់នូវអត្ថប្រយោជន៍ប្រកួតប្រជែង ខណៈពេលកំពុងកែលម្អផលិតភាពនៃសហការីនៅក្នុងក្រុមហ៊ុន។⁶⁶

Denise Malloy គឺជាអនុប្រធានជាន់ខ្ពស់ និងជាប្រធានក្រុមហ៊ុន Walmart Inc ។ អ្នកស្រីបានដឹកនាំយុទ្ធសាស្ត្រសមធម៌ និងការដាក់បញ្ចូលភាពចម្រុះសកលរបស់ Walmart ដើម្បីបង្កើតកន្លែងធ្វើការដែលជាកម្មសិទ្ធិដែលសហការីមានអារម្មណ៍ថាមានតម្លៃ និងការគាំទ្រដើម្បីឈានដល់សក្តានុពលពេញលេញរបស់ពួកគេជារៀងរាល់ថ្ងៃ។⁶⁷

⁶³ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/john-david-rainey> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៣ ឧសភា ២០២៣)

⁶⁴ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/donna-morris> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ឧសភា ២០២៣)

⁶⁵ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/rachel-brand> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ឧសភា ២០២៣)

⁶⁶ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/suresh-kumar> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ឧសភា ២០២៣)

⁶⁷ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/denise-malloy> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៤ កក្កដា ២០២៣)

Christopher Davis ជាអនុប្រធានជាន់ខ្ពស់របស់ Walmart នៃសន្តិសុខ និងអាកាសចរណ៍ពិភពលោក និងជាប្រធានសន្តិសុខ។⁶⁸

Dan Bartlett ជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិនៃកិច្ចការសាជីវកម្មរបស់ Walmart គាត់មានទំនួលខុសត្រូវក្នុងការចែករំលែកពីអ្វីដែល Walmart នាំមកឱ្យអតិថិជន ដោយបង្ហាញនូវគោលបំណងរបស់ខ្លួនក្នុងការជួយមនុស្សសន្សំប្រាក់ និងរស់នៅឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង។ Dan និងក្រុមការងាររបស់គាត់បង្កើតការជឿទុកចិត្ត និងជំរុញការផ្លាស់ប្តូរដោយការបង្កើតគោលនយោបាយសាធារណៈ គំនិតផ្តួចផ្តើមប្រកបដោយនិរន្តរភាព និងសប្បុរសធម៌ព្រមទាំងផ្តល់ដំបូន្មានដល់ដៃគូអាជីវកម្មនៅទូទាំងក្រុមហ៊ុន។ គាត់ក៏ដឹកនាំក្រុមអចលនៈទ្រព្យសាជីវកម្មដែលកំពុងត្រួតពិនិត្យការអភិវឌ្ឍន៍នៃការិយាល័យថ្មីរបស់ Walmart ផងដែរ។⁶⁹

Srini Venkatesan គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិនៃ U.S. Omni Tech នៅ Walmart ។ ក្រុមរបស់គាត់ទទួលខុសត្រូវចំពោះសមាជិក Walmart + និងបទពិសោធន៍អតិថិជននៅលើវេទិកាទិញទំនិញ omni របស់ក្រុមហ៊ុន។ នេះរួមបញ្ចូលទាំងក្រុមដែលបើកដំណើរការទីផ្សារសកលរបស់ Walmart ខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ និងហាង omni រួមជាមួយនឹងឧបករណ៍ដែលប្រើដោយពាណិជ្ជករ និងអ្នកលក់។⁷⁰

Cheryl Ainoa គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិសម្រាប់អាជីវកម្មថ្មី និងបច្ចេកវិទ្យាដែលកំពុងរីកចម្រើន អ្នកស្រីមានក្រុមអ្នកបច្ចេកទេសដែលកំពុងប្រើប្រាស់បច្ចេកវិទ្យាដើម្បីកាត់បន្ថយដំណើរការរវាងចំណុចនៃការបំផុសគំនិតការទិញ និងការបំពេញ ក៏ដូចជាជួយសហការីសន្សំពេលវេលា និងធ្វើការឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាព។⁷¹

Andrea Albright បម្រើការជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិ ផ្នែកកំណត់ប្រភពសម្រាប់ Walmart ចាប់តាំងពីបានចូលរួមជាមួយក្រុមហ៊ុនក្នុងឆ្នាំ 2005។ Andrea បានកាន់តំណែងនៃការបង្កើនទំនួលខុសត្រូវ ជំរុញការច្នៃប្រឌិត និងការផ្លាស់ប្តូរនៅទូទាំងអង្គភាព Walmart US Merchandising and People និងទទួលបានកេរ្តិ៍ឈ្មោះជាអ្នកដឹកនាំក៏ព្រោះតែភាពបិនប្រសប់ក្នុងការស្វែងរកដំណោះស្រាយល្អៗជាច្រើនរបស់គាត់។⁷²

Julie Barber គឺជានាយកប្រតិបត្តិផ្នែកលក់រាយ។ អ្នកស្រីគឺជាអ្នកដឹកនាំនៃអ្នកដឹកនាំ និងជាដៃគូយុទ្ធសាស្ត្រដ៏ប៉ិនប្រសប់ ដែលបានដឹកនាំដោយជោគជ័យនូវកិច្ចខិតខំប្រឹងប្រែងផ្លាស់ប្តូរអាជីវកម្មជាច្រើន។

Dan Bryant ដឹកនាំកិច្ចខិតខំប្រឹងប្រែងគោលនយោបាយសាធារណៈជាសកលរបស់ក្រុមហ៊ុន និងសកម្មភាពកិច្ចការរដ្ឋាភិបាលរបស់ខ្លួននៅទីក្រុងវ៉ាស៊ីនតោន ឌី.ស៊ី និងអន្តរជាតិ។⁷³

⁶⁸ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/photos/christopher-davis> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៥ កក្កដា ២០២៣)

⁶⁹ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/dan-bartlett> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៥ កក្កដា ២០២៣)

⁷⁰ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/srini-venkatesan> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៥ កក្កដា ២០២៣)

⁷¹ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/cheryl-ainoa> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៥ កក្កដា ២០២៣)

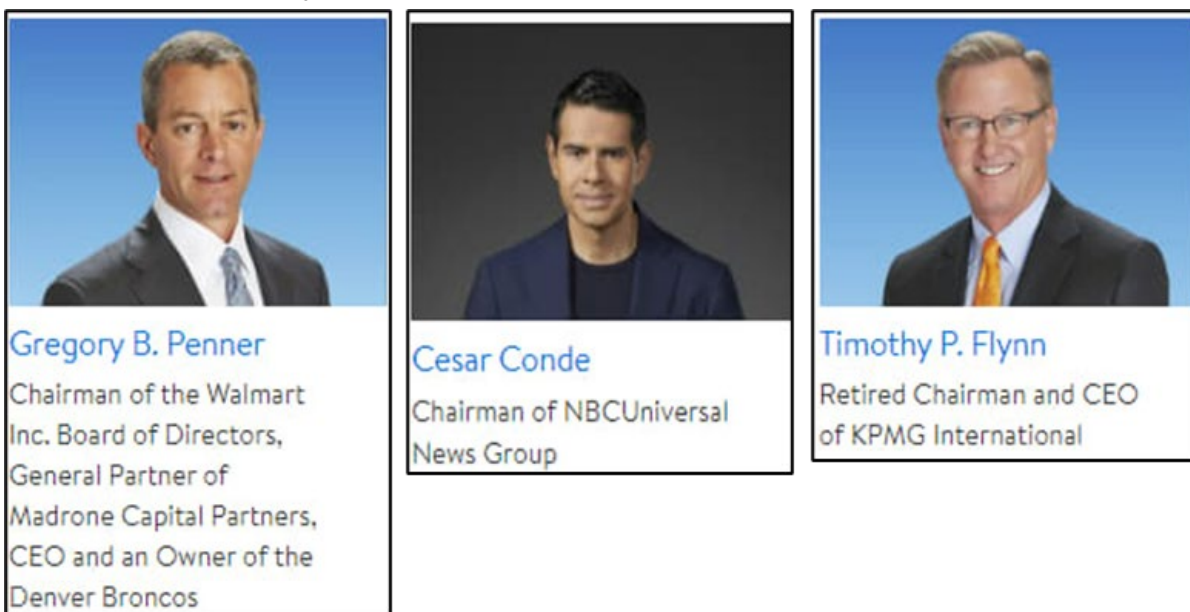
⁷² ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/andrea-albright> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)

⁷³ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/dan-bryant> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)

David Guggina គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិនៃប្រតិបត្តិការសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់សម្រាប់ Walmart នៅសហរដ្ឋអាមេរិក គាត់មានទំនួលខុសត្រូវក្នុងការដឹកនាំមជ្ឈមណ្ឌលចែកចាយរបស់ក្រុមហ៊ុន មជ្ឈមណ្ឌលបំពេញ និងផ្នែកផ្សេងទៀតក្នុងក្រុមហ៊ុន Walmart ។⁷⁴

Cedric Clark គឺជាអនុប្រធានប្រតិបត្តិនៃប្រតិបត្តិការហាងរបស់ Walmart សហរដ្ឋអាមេរិក គាត់ទទួលខុសត្រូវលើប្រតិបត្តិការនៅក្នុងហាងជាង 4,700 បម្រើអតិថិជននៅជួរមុខ និងដឹកនាំសហការីហាងចំនួន 1.2 លាននាក់ ។⁷⁵ បន្តពីនេះគឺជាសមាសភាពនៃក្រុមប្រឹក្សាភិបាលរបស់ Walmart:

រូបភាពទី ២.១០ Board of Director របស់ Walmart



⁷⁴ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/david-guggina> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)

⁷⁵ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/leadership/cedric-clark> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)



Sarah Friar

CEO of Nextdoor Holdings, Inc. (Nextdoor)



Carla A. Harris

Senior Client Advisor at Morgan Stanley



Tom Horton

Lead Independent Director, Walmart; Partner, Global Infrastructure Partners, and Retired Chairman and CEO of American Airlines



Marissa A. Mayer

Co-founder and CEO of Sunshine Products, Inc. (formerly Lumi Labs, Inc.), and Former President and CEO of Yahoo!, Inc.



Doug McMillon

President and CEO, Walmart Inc.



Randall Stephenson

Retired Executive Chairman and CEO of AT&T Inc.



S. Robson 'Rob' Walton

Retired Chairman of the Board of Directors of Walmart Inc.



Steuart Walton

Founder and Chairman, RZC Investments, LLC

- លោក Gregory B. Penner មានតួនាទីជា ប្រធានក្រុមប្រឹក្សាភិបាលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart, ជាដៃគូទទួលខុសត្រូវទូទៅនៃដៃគូមូលធន Madrone, ជាប្រធានប្រតិបត្តិ ព្រមទាំងជាម្ចាស់នៃ Denver Broncos និងមានតួនាទីជានាយកប្រតិបត្តិ និងជាម្ចាស់ក្រុមហ៊ុន Denver Broncos ។
- លោក Cesar Conde មានតួនាទីជា ប្រធានក្រុមប្រឹក្សាតំណាងនៃក្រុមសារព័ត៌មាន NBC Universal។
- លោក Timothy P. Flynn គឺជាប្រធានក្រុមប្រឹក្សាតំណាង និងប្រធានប្រតិបត្តិចូលនិវត្តន៍នៃ KPMG International។

- លោកស្រី Sarah Friar មានតួនាទីជា ប្រធានប្រតិបត្តិនៃក្រុមហ៊ុន Nextdoor Holdings។
- លោកស្រី Carla A. Harris មានតួនាទីជា អ្នកប្រឹក្សាអតិថិជនជាន់ខ្ពស់នៅ Morgan Stanley។
- លោក Tom Horton មានតួនាទីជា ប្រធានដឹកនាំឯករាជ្យរបស់ Walmart, ជាដៃគូ, ដៃគូហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធសកល, និងជាប្រធានក្រុមប្រឹក្សាតំណាង និងប្រធានប្រតិបត្តិចូលនិវត្តន៍ នៃ American Airlines។
- លោកស្រី Marissa A. Mayer មានតួនាទីជា សហស្ថាបនិក និងប្រធានប្រតិបត្តិនៃក្រុមហ៊ុន Sunshine Products , និងជាអតីតប្រធាន និងប្រធានប្រតិបត្តិក្រុមហ៊ុន Yahoo។
- លោក Doug McMillon មានតួនាទីជាប្រធាន និងប្រធានប្រតិបត្តិក្រុមហ៊ុន Walmart។
- លោក Randall Stephenson មានតួនាទីជាប្រធានក្រុមប្រឹក្សាប្រតិបត្តិនៃក្រុមហ៊ុន AT&T។
- លោក S. Robson 'Rob' Walton មានតួនាទីជាប្រធានក្រុមប្រឹក្សាភិបាលចូលនិវត្តន៍របស់ Walmart។
- លោក Stuart Walton មានតួនាទីជាស្ថាបនិក និងប្រធានក្រុមប្រឹក្សាតំណាងនៃក្រុមហ៊ុន RZC Investment។⁷⁶

២.៧ ទំនិញ និងសេវាកម្ម

ចេញពីពាក្យដែលថា មក Walmart ឈប់តែម្តង បានអ្វីសព្វគ្រប់ និងតម្លៃទាប នេះ Walmart ពិតជាផ្សារលក់រាយមួយដែលបានផ្តល់នូវភាពសុខស្រួលដល់អតិថិជនតាមរយៈជម្រើស និងក្រុមផលិតផលជាច្រើន រួមទាំងសេវាកម្មដ៏ពិសេសរបស់ខ្លួនផងដែរ។ ដូច្នេះ នៅទីនេះគឺជាក្រុមទំនិញ វិជ្ជាជីវៈ ដែល Walmart មានលក់ ទៅតាមផ្នែក និងសេវាកម្ម ដែលទាំងពីរចំណុចនេះនឹងមានរាយដូចនៅខាងក្រោមនេះ។

២.៧.១ ទំនិញ

នៅក្នុងផ្សារ Walmart មានបែងជា ផ្នែកចំនួន ២១ ដូចតទៅនេះ ៖

១. ផ្នែក សម្លៀកបំពាក់ ស្បែកជើង និងគ្រឿងបន្ថែមផ្សេងៗ
២. ផ្នែក សៀវភៅ
៣. ផ្នែក ភាពយន្ត និង កម្មវិធីទូរទស្សន៍
៤. ផ្នែក បទភ្លេង និងឌីសសម្រាប់ថត
៥. ផ្នែក ហ្គេម (Video Games)
៦. ផ្នែកសិល្បៈ ការកែច្នៃ ការដេរ និង គ្រឿងផ្គត់ផ្គង់សម្រាប់កម្មវិធី
៧. ផ្នែក ឡាន សំបកកង់ និង នៃឧស្សាហកម្ម

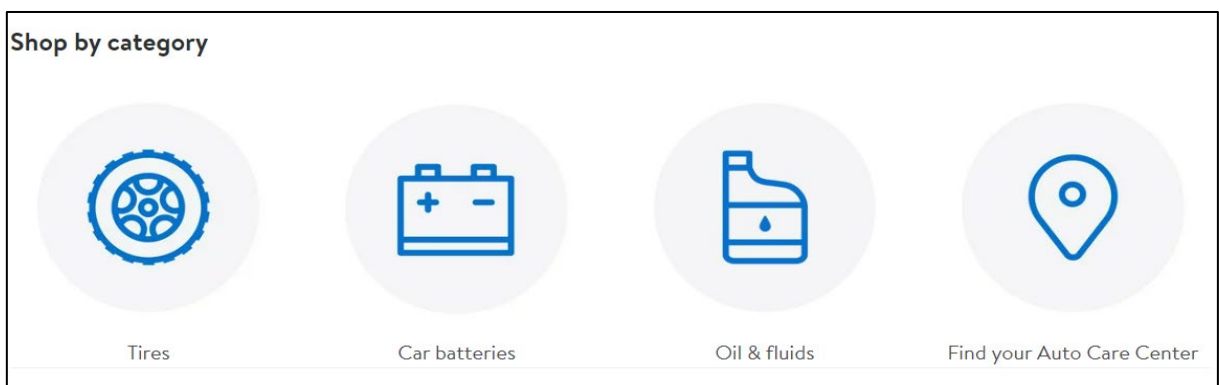
⁷⁶ ដកស្រង់ពី <https://corporate.walmart.com/about/board-of-directors> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៧ កក្កដា ២០២៣)

- ៨. ផ្នែក សម្រាប់ ទីផ្សាររបស់ផ្ទះ និងសួន
 - ៩. ផ្នែក សម្ភារៈក្មេងលេង និងឧបករណ៍សម្រាប់លេងនៅខាងក្រៅ
 - ១០. ផ្នែក សម្រាប់ ទារក
 - ១១. ផ្នែក គ្រឿងអេឡិចត្រូនិច
 - ១២. ផ្នែក គ្រឿងឧបភោគបរិភោគ
 - ១៣. ផ្នែក សម្ភារៈចាំបាច់នៅផ្ទះ
 - ១៤. ផ្នែក សម្រាប់សត្វចិញ្ចឹម
 - ១៥. ផ្នែក កីឡា និង សម្រាប់ការចេញដើរខាងក្រៅ
 - ១៦. ផ្នែក សម្ភារៈការិយាល័យ
 - ១៧. ផ្នែក គ្រឿងសង្ហារឹម គ្រឿងបរិក្ខារ និងសម្រាប់ផ្ទះ
 - ១៨. ផ្នែក គ្រឿងសម្អាត
 - ១៩. ផ្នែក ថែរក្សាសុខភាពបុគ្គល
 - ២០. ផ្នែក ឧសថស្ថាន
 - ២១. ផ្នែក សម្រាប់កែលម្អ និងបន្ថែមមុខងាររបស់ផ្ទះ
- (មើលឧទាហរណ៍ទី ២.១ អំពីរូបភាពនៃផ្នែកទាំងនេះ) ⁷⁷

២.៧.២ សេវាកម្ម

សេវាកម្មរបស់ Walmart ក៏កាន់តែសម្បូរបែបដូចគ្នា ហើយចែកជា ៩ សេវាកម្ម មានដូចតទៅ៖

១. មជ្ឈមណ្ឌលថែទាំរថយន្ត



នៅក្នុងនេះ Walmart បានផ្តល់ជូនមិនត្រឹមតែ ផលិតផលប្រេងម៉ាស៊ីន អាគុយ កង់ គ្រឿងផ្សេងៗពេលត្រូវ ផ្លាស់ប្តូរនោះទេ ថែមទាំងមានការជួយសម្រួល ពេលចាំបាច់ត្រូវរកមជ្ឈមណ្ឌលថែទាំរថយន្តដល់អតិថិជនផងដែរ។

⁷⁷ ដកស្រង់ពី <https://www.walmart.com/all-departments> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៦ ឧសភា ២០២៣)

មិនតែប៉ុណ្ណោះក៏មាន សេវាកម្មលើ ការរៀបចំសុវត្ថិភាព និងសន្តិសុខដល់ថយន្ត។ នៅមានផ្សេងៗទៀតជាច្រើន ដែលអាចឱ្យអតិថិជនស្តាប់ចិត្តបានពេលប្រើប្រាស់សេវាកម្មដែលផ្តល់ជូនដោយ Walmart នេះ។

២. មណ្ឌលសុខភាព និងសុខុមាលភាព

ជាការផ្តល់ជូនពិសេស ដោយ Walmart គឺការដែលក្នុងផ្នែកនេះ Walmart បានផ្តល់ជូននូវសេវាសុខភាព បើទោះបីជាអ្នកមាន រឺមិនមានធានារ៉ាប់រងក៏ដោយ ជាមួយនឹងតម្លៃសមរម្យ និងប្រកបដោយតម្លាភាព។ ក្រុមគ្រូ ពេទ្យ ពេទ្យធ្មេញ ជាដើមត្រូវបានធានាថា នឹងផ្តល់ការថែទាំដល់អ្នកជម្ងឺក្នុងកម្រិតខ្ពស់បំផុត។

៣. ការកុម្មវត្ថុនំខេក តាមតម្រូវការ

Walmart Health Services



Medical

Medical appointments from wellness checks, physicals, sick/injury visits, immunizations, to chronic condition diagnosis, care, and management.

[Learn more](#)



Dental

Dental services ranging from dental exams including x-rays, deep cleanings, teeth whitening, fillings, porcelain crowns, simple extractions, and more.

[Learn more](#)



Behavioral Health

Talk with a licensed professional therapist or psychiatrist (in select locations) for help with depression, anxiety, stress, grief, and relationship issues.

[Learn more](#)

Healthcare with you at the center

At Walmart Health, we specialize in delivering comprehensive primary care for older adults



តាមរយៈការផ្តល់ជូននេះ Walmart អនុញ្ញាតឱ្យអតិថិជន រចនាម៉ូតនំខេក រឺនំ Cupcakes ដោយខ្លួនឯង បាន តាមជម្រើសដែលមានស្រាប់ ហើយ Walmart ក៏មានទទួលរៀបចំនំទាំងនេះ សម្រាប់ក្នុងឱកាសពិសេស ផងដែរ។ ពេលរួចរាល់ គ្រាន់តែចំណាយពេលទៅយក នៅតាមហាងដែលនៅក្បែរពួកគេ។



Design your cake or cupcakes

Choose from our many flavors & decorative options.



We hand-decorate it

Our bakery will create the perfect custom cake or cupcakes for your special occasion.

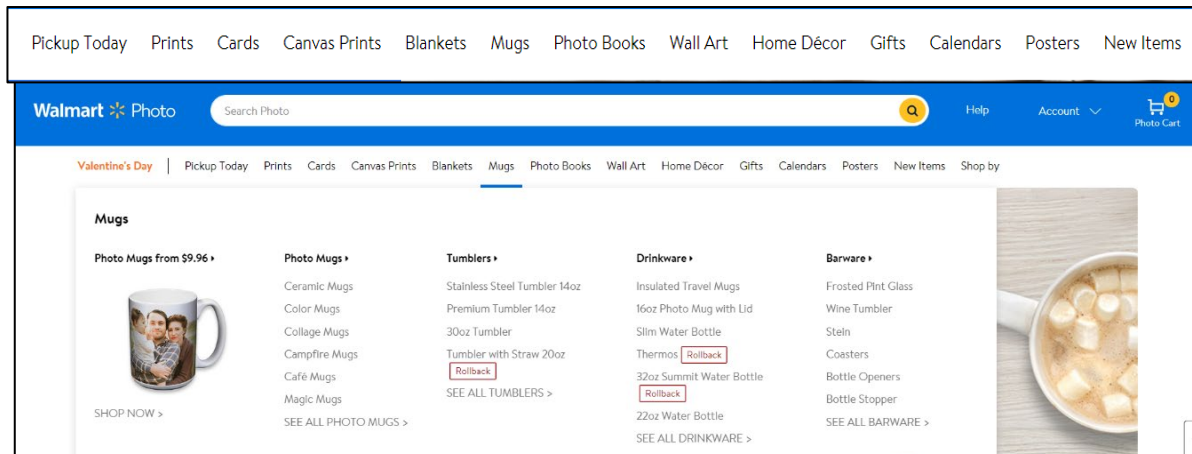


Pick up & enjoy!

Your order will be waiting for you at your local Walmart Bakery.

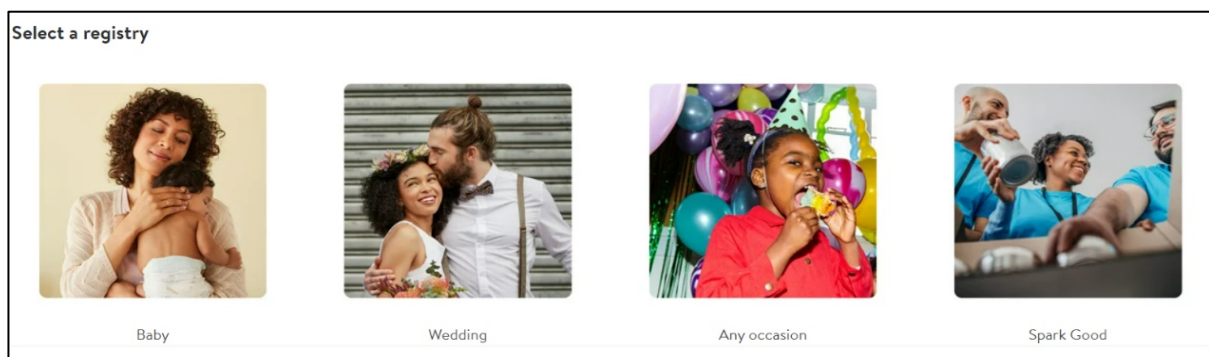
៤. សេវាកម្ម រូបថត

កាន់តែអស្ចារ្យទៀតនោះ តាមរយៈសេវាកម្មនេះ អតិថិជនអាចធ្វើការផ្តិតរូប ធ្វើសៀវភៅរូបថត តែងរូបលើ ពែងកាហ្វេ រចនារូបថតក្នុងផ្ទះ បញ្ចូលរូបថតក្នុងសាច់ក្រណាត់(ភួយ) និងផ្សេងៗទៀត។



៥. សេវាកម្ម រៀបចំតម្រូវការរបស់ទារក

ជាមួយនឹងសេវាកម្មនេះ អតិថិជនអាចធ្វើការរៀបចំសម្រាប់ឱកាសពិសេសណាមួយរបស់ខ្លួន ជាមួយនឹងការ ដូ និងផ្សេងទៀត ជាមួយ Walmart។



៦. សេវាហិរញ្ញវត្ថុ

ចំណែកនៅទីនេះវិញ Walmart បានផ្តល់ឱ្យអតិថិជននូវសេវាកម្មផ្ញើលុយ និងទទួលលុយ ស្មើប័ណ្ណឥណទាន បំណែងកាត់ទៅជាសាច់ប្រាក់ ជាមួយ Coinstar បង់រំលស់ ជាពិសេស ការរៀបចំសម្រាប់បង់ពន្ធ ការបង់ វិក្កយបត្រ និងផ្សេងៗទៀត ដូចរួមបញ្ចូលតាមរូបខាងក្រោម



៧. ការផ្តល់ការគាំទ្រដល់សហគមន៍

អតិថិជនអាចធ្វើការបរិច្ចាគ ទៅតាមទីតាំងដែលអ្នកឃើញ និងដឹងថា មានតម្រូវការ។

Find a local charity

៨. ការកុម្មង់ទំនិញតាមអនឡាញ

អ្វីដែលពិសេសនៅទីនេះ គឺរបៀបដឹកជញ្ជូនសម្រាប់អតិថិជនដ៏សម្បូរបែប មានទាំង តាមរយៈផ្លូវ ឡាន បើកដោយស្វ័យប្រវត្តិ ហើយជាមួយគ្នានេះ គឺជម្រើសក្នុងការតាមមើល ដំណើរដឹកជញ្ជូននៃការកុម្មង់ផងដែរ។ ងាកមកការកុម្មង់ទំនិញតាមអនឡាញនេះ អតិថិជនអាច ឱ្យជម្រើសជំនួសឱ្យហើយ បញ្ចូលប្រភេទទំនិញដែល ខ្លួនចូលចិត្តទិញ និងការកុម្មង់ទំនិញដែលអ្នកបានទិញនោះមួយលុយតទៀតក៏បាន។

More ways to shop



Use SNAP online
We make it easy to add an EBT card to your account.
[Learn more](#)



Express delivery
Need something fast? Get it in as little as 1 hour. Fees apply.
[Shop now](#)

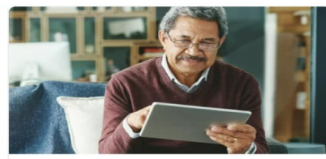
See what's new



Drone drop-off
See if your address is in our delivery zone.
[Learn more](#)



Self-driving delivery
Autonomous electric vehicles now available at select stores.
[Learn more](#)



Live shopper tracking
Eligible stores can connect you with an associate.
[Learn more](#)

3 ways to get your order



Pickup
Come to the store & we'll load your car. Or pick up items inside.
[Reserve a time](#)



Delivery
Get items brought to your door from your local store. Fees apply.
[Reserve a time](#)

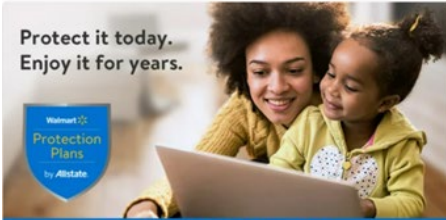


Shipping
Orders ship fast to your home via carriers like FedEx or UPS.
[Shop now](#)

៩. សេវាធានាការពារសម្រាប់ផ្ទះ និងផ្សេងៗ រួមទាំងសេវាបច្ចេកទេសផ្សេងៗ⁷⁸

អតិថិជន អាចទិញគម្រោងការពារផ្ទះ ដែលស្រដៀងនឹងការទិញធានារ៉ាប់រងអគ្គិសនីផងដែរ ដែលនេះជាគម្រោងរៀបចំឡើងដោយ Allstate។

Walmart Protection Plans by Allstate



Protect it today. Enjoy it for years.

Walmart Protection Plans by Allstate

★★★★★ 4.7 Average Walmart Customer Rating

We've got you covered
Learn how to cover your purchases.
[Go to your account](#)

How do I file a claim?

- Click the "File a claim" button.
- Have your receipt & covered item with you.
- We'll repair your item. If we can't repair it, we'll replace it or reimburse you for one.*

Easy online claims
Click the button below to get started.
[File a claim](#)

⁷⁸ ដកស្រង់ពី <https://www.walmart.com/services> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៦ ឧសភា ២០២៣)

២.៨ យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ

ដោយយោងតាមចក្ខុវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃរបស់ក្រុមហ៊ុនខាងលើនាំឱ្យមានការកំណត់បាននូវគោលដៅជាមួយគ្នាគឺ Wamart ផ្ដោតលើ ការលក់ទំនិញមានគុណភាពក្នុងតម្លៃទាប ព្រមទាំងសេវាកម្មបម្រើអតិថិជនល្អ។ ដូច្នេះតាមរយៈការសិក្សាដែលដឹកនាំដោយ លោកគ្រូ ឆន ឌីណា ក្រោមប្រធានបទ **សេវាបម្រើអតិថិជន និងសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់របស់ Walmart** អ្នកសិក្សាបានស្រាវជ្រាវឃើញនូវយុទ្ធសាស្ត្រ ដូចខាងក្រោម ៖ យុទ្ធសាស្ត្រគ្រប់គ្រងទំនាក់ទំនងអតិថិជន, យុទ្ធសាស្ត្រគ្រប់គ្រងខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ប្រសិទ្ធភាព, យុទ្ធសាស្ត្រគ្រប់គ្រងខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ឆ្លើយតប, យុទ្ធសាស្ត្រខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ប្រតិកម្មរហ័ស ៖

យុទ្ធសាស្ត្រគ្រប់គ្រងទំនាក់ទំនងអតិថិជន៖ ក្នុងចំណោមយុទ្ធសាស្ត្រដែលក្រុមហ៊ុនប្រើប្រាស់ មានយុទ្ធសាស្ត្របញ្ជាសប្បុរសធម៌ ដែលជាបច្ចេកវិទ្យារួមបញ្ចូលជាមួយការដែលកុំឱ្យអតិថិជនស្ម័គ្រចិត្តឱ្យខ្លួនបានយ៉ាងលម្អិត រួមទាំងជួយឱ្យការវិភាគពីអតិថិជនកាន់តែមានភាពត្រឹមត្រូវ និងច្បាស់លាស់ជាងមុន ជាពិសេសកំណត់សំគាល់បានដោយងាយពីចំណុចមិនពេញចិត្តផ្សេងៗបានពីអតិថិជន របៀបដែលអតិថិជនម្នាក់ៗទិញទំនិញ ចំណង់ចំណូលចិត្តផ្សេងៗ តាមរយៈការបង្ហាញចេញនៃអាកប្បកិរិយារបស់ពួកគេ និងមានមុខងារជាច្រើនទៀត។

យុទ្ធសាស្ត្រគ្រប់គ្រងខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ប្រសិទ្ធភាព៖ ដែលគោលដៅរបស់វាគឺដើម្បីផ្គត់ផ្គង់ផលិតផលដោយនាំយកនូវថ្លៃដើមទាប ព្រមជាមួយនឹងការបំពេញសេចក្តីត្រូវការរបស់អតិថិជនបានឆាប់រហ័សផងដែរ។

យុទ្ធសាស្ត្រខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ឆ្លើយតប៖ គោលបំណងរបស់វា ផ្តល់ជូនអតិថិជននូវ ផលិតផលត្រឹមត្រូវទាន់ពេលវេលា នៅកន្លែងត្រឹមត្រូវ ដោយប្រើប្រាស់ ព័ត៌មានពីការលក់។ វាអាចត្រូវបានប្រើដើម្បីដោះស្រាយជាមួយនឹងតម្រូវការដែលមិនអាចទាយទុកជាមុនបាន និងធ្វើយ៉ាងណាការពារមិនឱ្យមានទំនិញគ្រប់គ្រងក្នុងស្តុកចោល តាមរយៈការតាមដានលើសញ្ញាណនៃតម្រូវការរបស់អតិថិជន។

យុទ្ធសាស្ត្រខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ប្រតិកម្មរហ័ស៖ ផ្ដោតទៅលើការផ្តល់ឱ្យអតិថិជននូវអ្វី ដែលពួកគេចង់បានយ៉ាងពិតប្រាកដ ជាមួយនឹងការកាត់បន្ថយ ការយកចិត្តទុកដាក់លើការចំណាយ។ គោលបំណងរបស់យុទ្ធសាស្ត្រគឺឆ្លើយតបយ៉ាងឆាប់រហ័សទៅនឹង ការផ្លាស់ប្តូរការផ្គត់ផ្គង់ និងតម្រូវការដោយបន្ទាន់ភ្លាមៗ ដែលល្អបំផុតចំពោះស្ថានភាពទីផ្សារដែលពេញដោយភាពមិនច្បាស់លាស់។

២.៩ ដៃគូប្រកួតប្រជែង

ជាមួយនឹងភាពជោគជ័យរបស់ Walmart មានដៃគូប្រកួតប្រជែងជាច្រើនទៀតដែលមានគំនិតស្រដៀងគ្នា នៅក្នុងការប្រកួតប្រជែងលើទីផ្សារ។ នេះគឺជាដៃគូប្រកួតប្រជែងដ៏ធំបំផុតរបស់ Walmart មានដូចជា Amazon, Costco, Target និងច្រើនទៀត។⁷⁹

រូបភាពទី ២.១១ ដៃគូប្រកួតប្រជែងរបស់ Walmart



ដៃគូប្រកួតប្រជែងដ៏សំខាន់មួយជាមួយនឹងប្រភេទអាជីវកម្មស្រដៀងគ្នាគឺ Target ដែលពួកគេក៏ផ្ដោតទៅលើហាងធំៗជាមួយនឹងការលក់ទំនិញប្រើប្រាស់យ៉ាងច្រើនដែលស្ថិតនៅក្នុងការបញ្ចុះតម្លៃ ដែលពេលសង្កេតមើលទៅ គឺស្រដៀងទៅនឹងក្រុមហ៊ុន Walmart។ ដែលក្រុមហ៊ុនបានបង្កើតឡើងនៅឆ្នាំ១៩៦២ ដែលបានពង្រីកសាខាក្នុងប្រទេសជាច្រើននៅឆ្នាំ១៩៨០។ ជាមួយនឹងហាងសរុបនាពេលបច្ចុប្បន្ននេះគឺ 1,948 ហាងនៅទូទាំងសហរដ្ឋអាមេរិក ក៏ដូចជាចំណាត់ថ្នាក់លេខ 32 នៅលើបញ្ជី Fortune 500 ឆ្នាំ 2023 នៃសាជីវកម្មធំបំផុតរបស់សហរដ្ឋអាមេរិក។⁸⁰

រីឯតាមការសិក្សារបស់ Mariya Tikhonova, ដែលជានិស្សិតឆ្នាំទី៣ ខាងការគ្រប់គ្រងឧស្សាហកម្ម ដែលបានសិក្សាទៅលើ ការវិភាគហិរញ្ញវត្ថុរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart និង Costco ក្នុងឆ្នាំ 2017-2018 គាត់បានរក

⁷⁹ ដកស្រង់ពី <https://www.comparably.com/companies/walmart/competitors> (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)

⁸⁰ ដកស្រង់ពី https://en.wikipedia.org/wiki/Target_Corporation (ចូលមើលថ្ងៃទី០៦ កក្កដា ២០២៣)

ឃើញថាក្រុមហ៊ុន Costco ដែលជាក្រុមហ៊ុនមួយក្នុងចំណោមក្រុមហ៊ុនផ្សេងៗទៀត ដែលមានការប្រកួតប្រជែងខ្ពស់ជាមួយ Walmart ក្នុងទីផ្សារប្រភេទនេះ បានរកឃើញថានៅឆ្នាំ២០១៨ ក្រុមហ៊ុន Walmart ទោះបីជាពួកគេបានឈានដល់ 500 ពាន់លានដុល្លារនៃប្រាក់ចំណូលសរុបជាលើកដំបូងក៏ដោយ ក៏ពួកគេមិនមានលទ្ធភាពក្នុងការកាត់បន្ថយការចំណាយប្រតិបត្តិការដែរ។ ដូច្នេះ សមាមាត្ររបស់ពួកគេមិនគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍ដូចសន្ទស្សន៍របស់ Costco ដែលប្រាក់ចំណូលសរុប និងទ្រព្យសម្បត្តិសុទ្ធមានអត្រាទាបជាងគួរឱ្យកត់សម្គាល់។⁸¹

⁸¹ ដកស្រង់ពី Tikhonova, M. Financial Analysis of Walmart and Costco in 2017-2018, 2021, P. 105-106

ជំពូកទី៣

**ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើ
ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART**

ជំពូកទី៣

ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART

បន្ទាប់ពីបានស្វែងយល់ជុំវិញជាពិសេសលើ ទ្រឹស្តី និងការដែលម៉ូដែលនីមួយៗខាងលើទាំង ៦ត្រូវបាន ណែនាំសម្រាប់ទិន្នន័យប្រភេទ Trend ដោយយ៉ាងដូចម្តេចរួចស្រេច នៅទីនេះគឺជា ការពន្យល់អំពីរបៀបក្នុងការ ដំណើរការ ការធ្វើការព្យាករណ៍មានវិធីសាស្ត្រដំណើរការនៃការធ្វើការព្យាករណ៍ និងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល ដែល សុទ្ធសឹងជាចំណេះដឹងមានពីខាងលើមក។ ផ្ដើមដំបូងជាមួយទិន្នន័យចំណូល ២២គ្រា របស់ក្រុមហ៊ុន WALMART ត្រូវបានវិភាគពីប្រភេទទិន្នន័យ ហើយប្រសិនបើទិន្នន័យនេះជាប្រភេទ Trend ពិតប្រាកដមែន ម៉ូ ដែលទាំង ៦ខាងលើប្រាកដជាត្រូវបានអនុវត្តធ្វើការព្យាករណ៍ គួបផ្សំជាមួយការគណនាលម្អៀងនៃម៉ូដែល នីមួយៗ ដើម្បីឈានទៅជ្រើសរើសម៉ូដែលណាមួយដែលសក្តិសមបំផុតសម្រាប់ទិន្នន័យចំណូលនេះ។ ដោយ ឡែកតែ ម៉ូដែល Autoregressive Model ប្រសិនបើ លម្អៀងនៃការព្យាករណ៍បានបង្ហាញថា វាជាម៉ូដែលល្អ បំផុត នោះការផ្ទៀងផ្ទាត់លក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង និងការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល ជាការវាយ តម្លៃចុងក្រោយ ថាតើម៉ូដែលនេះពិតជាសម្រាប់ទិន្នន័យពិតប្រាកដ រឺមិនមែន។

៣.១ ទិន្នន័យនៃចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART

តារាងទី៣.១ ទិន្នន័យចំណូលប្រចាំឆ្នាំ ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart ពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ ២០២២

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)
1	2001	212.12
2	2002	239.76
3	2003	255.07
4	2004	280.36
5	2005	308.27
6	2006	340.49
7	2007	370.44
8	2008	404.04
9	2009	403.67
10	2010	419.17
11	2011	440.14
12	2012	464.41
13	2013	474.73
14	2014	483.79
15	2015	484.02
16	2016	484.6
17	2017	495.01
18	2018	511.87
19	2019	521.08
20	2020	548.74
21	2021	571.96
22	2022	600.11

ប្រភពពី <https://companiesmarketcap.com/walmart/revenue/> (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.១)

៣.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យនៃចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART

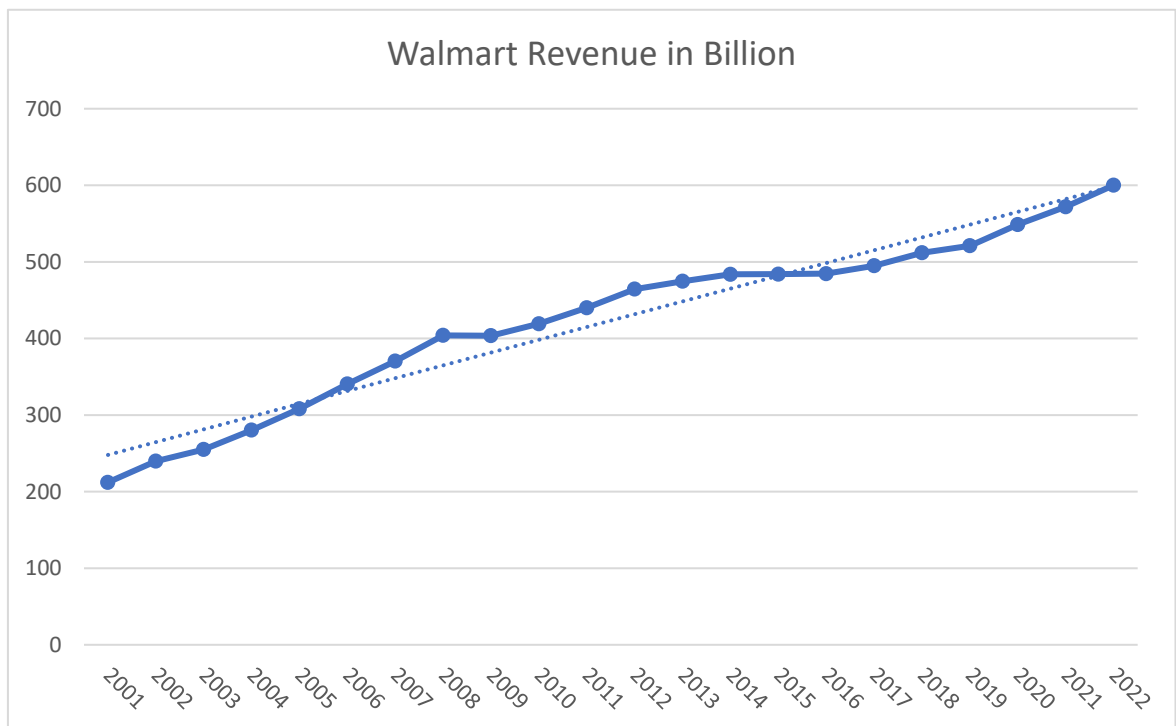
មកដល់ទីនេះ គឺជាការវិភាគទិន្នន័យចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart តាមរយៈការសង់ក្រាប និងការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation និងតម្រៀបវាលីក្រាប ដែលដូចនេះគឺ ដើម្បីឈានទៅកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ។

៣.២.១ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាប

តាមការប្រើប្រាស់កម្មវិធី Excel ក្នុងការរៀបចំទិន្នន័យ នាំឲ្យបានក្រាប ដូចរូបភាពខាងក្រោម។

តាមរយៈក្រាបខាងក្រោម ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០១ មកទល់នឹង ២០០៨ ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុនមានការកើនឡើង និងទោះមានការធ្លាក់នៅចាប់ពីឆ្នាំ ២០០៩ ទៅក៏ដោយ ក៏មិនមែនទៅក្រោមជាងចំនួននៅឆ្នាំ ២០០៨ឡើយ។ ហើយនៅឆ្នាំ ២០១៦ ក៏មានការធ្លាក់ចុះបន្តិច ហើយឡើងមកវិញ រហូតដល់ឆ្នាំ ២០២២។ ទាំងអស់នេះសង្ស័យឃើញថា ក្នុងរូបភាពទាំងមូល វាបានបង្ហាញពីទំនោរឡើងនៃចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart (ជាទំនោរកើនឡើង)។ ដូច្នេះ តាមការសង្កេត ទិន្នន័យចំណូលក្រុមហ៊ុន Walmart នេះមានទម្រង់ជា ប្រភេទ Trend។

រូបភាពទី៣.១ ក្រាបបង្ហាញពីចំណូលប្រចាំឆ្នាំ ក្រុមហ៊ុន Wal-Mart ពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ ២០២២



ប្រភពពី៖ Excel Output

៣.២.២ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាម Autocorrelation

ដើម្បីឱ្យកាន់តែជាក់ច្បាស់នូវប្រភេទទិន្នន័យដែលត្រូវបានសន្មតខាងលើ ការវិភាគតាមការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation គឺពិតជាមានសារៈសំខាន់ ដូចបានពន្យល់រួចមកហើយ នៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ។ រូបមន្តសម្រាប់ការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ត្រូវបានបង្ហាញឡើងវិញដូចខាងក្រោម៖

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

ដែល r_k = មេគុណទំនាក់ទំនងសម្រាប់ Lag នៃគម្លាតអំឡុងពេល k (ACF for a lag of k periods)

$\bar{y}$ = មធ្យមនៃតម្លៃសង្កេតរបស់ទិន្នន័យ Time Series

Y_t = តម្លៃសង្កេតនៃរយៈពេល t

Y_{t-k} = តម្លៃសង្កេតមុនរយៈពេល t ចំនួន k ដង ឬ នៅរយៈពេល $t-k$

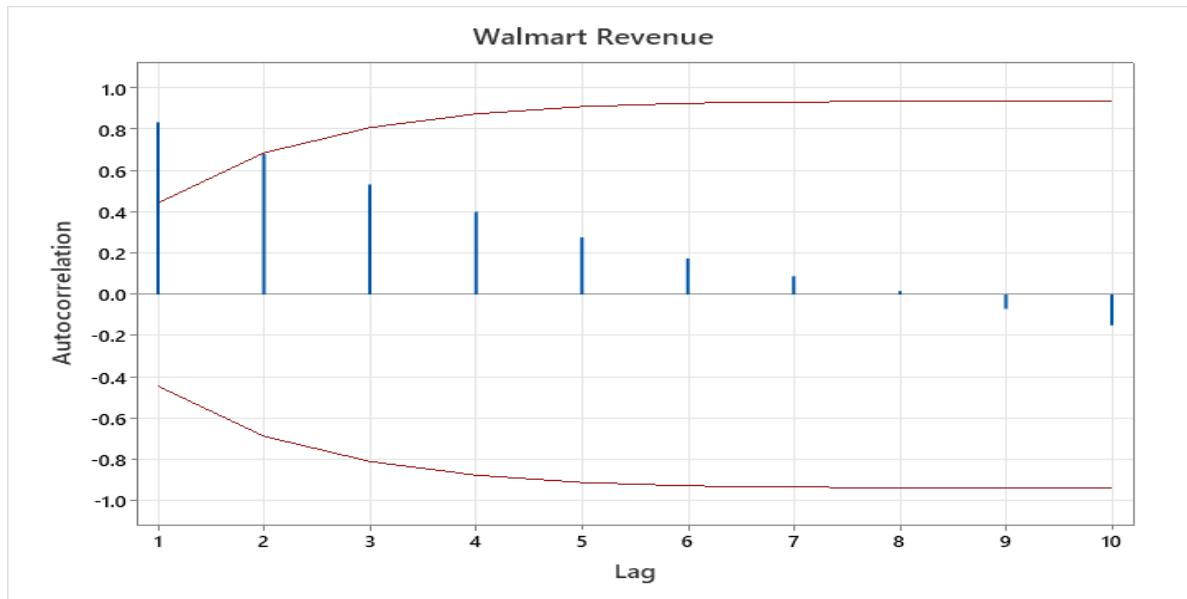
ដើម្បីសម្រួលដល់ការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ការប្រើប្រាស់កម្មវិធី Minitab ត្រូវបានណែនាំ ហើយទទួលបានលទ្ធផលដូចខាងក្រោម ដោយកំណត់ប្រើ 10 lags។

រូបភាពទី៣.២ តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៃចំណូលក្រុមហ៊ុន Walmart

Autocorrelations			
Lag	ACF	T	LBQ
1	0.834569	3.91	17.51
2	0.682229	2.07	29.80
3	0.532173	1.37	37.67
4	0.400408	0.95	42.37
5	0.277331	0.63	44.76
6	0.175320	0.39	45.78
7	0.088296	0.20	46.05
8	0.016436	0.04	46.06
9	-0.069466	-0.15	46.26
10	-0.149690	-0.33	47.24

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Minitab Output (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.២ ពីរបៀបបានចម្លើយ)

រូបភាពទី៣.៣ ក្រាបតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៃចំណូលក្រុមហ៊ុន Walmart



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Minitab Output

យោងតាមការផ្តល់កំណត់សំគាល់ ដូចបានលម្អិតនៅជំពូក រំលឹកទ្រឹស្តី តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នៅ Lag 1 មានតម្លៃក្បែរនឹង ១ ហើយនៅ Lag 2 ក៏នៅតែខ្ពស់ ទោះបីថយច្រើនធៀបនឹងតម្លៃនៅ lag 1។ ហើយនៅតាមចំនួន Lag បន្តបន្ទាប់ មកត្រឹម Lag 8 តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation បានចាប់ថយចុះ មកក្បែរនឹង សូន្យ។ ដូចបានពន្យល់ស្រេចនៅខាងលើ តម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation នេះ សម្រាប់ឱ្យសំគាល់ជា Trend អាចចាប់ដើមមកវិញ ទោះបីវាបានធ្លាក់មកក្បែរនឹងសូន្យក៏ដោយ អាស្រ័យតាមទំនាក់ទំនងរវាង Lag នោះតែម្តង។ ជាការងាយសំគាល់ទៅតាមក្រាបខាងលើនេះ គំនូសនីមួយៗ បន្តិចម្តងៗតាម Lag នីមួយៗ ថយចុះ ដេញពីឆ្វេងដៃ មកស្តាំដៃ ដែលបង្កើតបានជា ទំនោរ (រៀងកាំជណ្តើរចុះពីលើមក)។

ដូចនេះហើយ ទៅតាមការឱ្យសំគាល់នេះ ប្រភេទទិន្នន័យចំណូលនេះគឺពិតបានបង្ហាញជាប្រភេទ Trend ។

៣.៣ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន WALMART

តាមវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យ

ដោយទិន្នន័យចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ចូលក្នុងប្រភេទ Trend ដូចនេះ ម៉ូដែលដែលបានរៀបរៀងទុកហើយស្រេច និងបានសិក្សាពីខាងលើមកនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តី ទាំង ៦ សម្រាប់ទិន្នន័យប្រភេទនេះ ប្រាកដជាត្រូវបានអនុវត្តធ្វើការព្យាករណ៍នៅខាងក្រោមបន្តទៅនេះ។

៣.៣.១ ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)

ក្នុងការធ្វើការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែលនេះ កម្មវិធី Excel ត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនា និងជាមួយគ្នាទាំងលម្អៀងរបស់វាផងដែរ។ រូបមន្តសម្រាប់ម៉ូដែលនេះមានបង្ហាញឡើងវិញដូចខាងក្រោម៖

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + (Y_t - Y_{t-1})$$

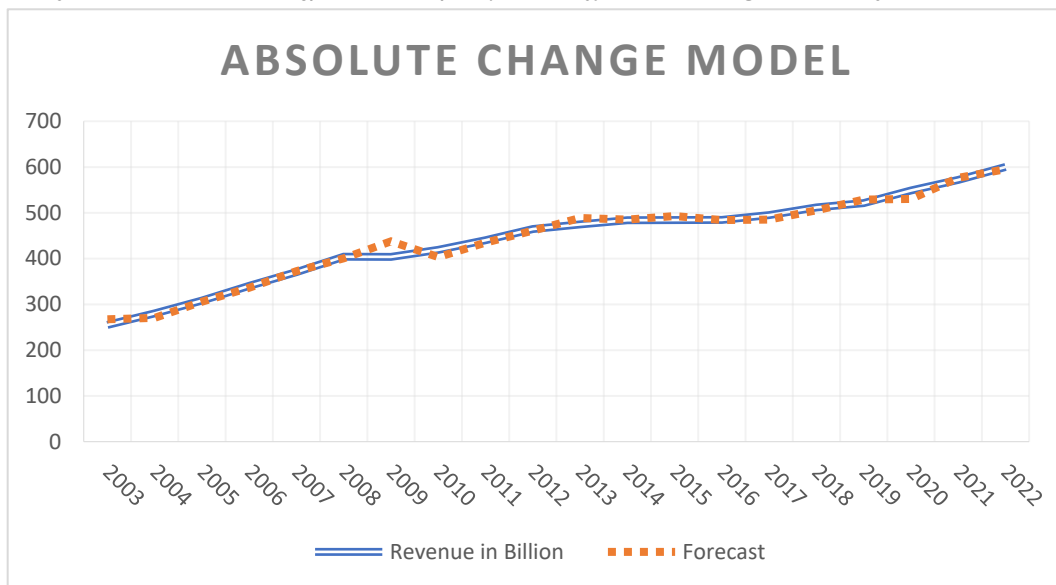
ក្នុងការគណនាសម្រាប់ការព្យាករណ៍នៅគ្រាខាងមុខគឺជាផលបូករវាង តម្លៃនៅគ្រាបច្ចុប្បន្ន (រឺតម្លៃពិត) តាងដោយ Y_t និងចន្លោះខុសគ្នារវាង តម្លៃនៅគ្រាបច្ចុប្បន្នតាងដោយ Y_t និងតម្លៃនៅមុនមួយគ្រានេះតាងដោយ Y_{t-1} ដូចរូបមន្តខាងលើ។ ជានិច្ចកាល ការគណនានេះចាប់ផ្តើមនៅគ្រាទី៣ ដូចនៅ $\hat{Y}_{2+1} = 239.76 + (239.76 - 212.12)$ បានតម្លៃស្មើ 267.4 ហើយបានការព្យាករណ៍រៀងគ្នាដូចនៅ Columnទី ៤នៃតារាងទី ៣.២។

តារាងទី៣.២ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល ACM (Absolute Change Model)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Forecast with ACM
1	2001	212.12	
2	2002	239.76	
3	2003	255.07	267.4
4	2004	280.36	270.38
5	2005	308.27	305.65
6	2006	340.49	336.18
7	2007	370.44	372.71
8	2008	404.04	400.39
9	2009	403.67	437.64
10	2010	419.17	403.3
11	2011	440.14	434.67
12	2012	464.41	461.11
13	2013	474.73	488.68
14	2014	483.79	485.05
15	2015	484.02	492.85
16	2016	484.6	484.25
17	2017	495.01	485.18
18	2018	511.87	505.42
19	2019	521.08	528.73
20	2020	548.74	530.29
21	2021	571.96	576.4
22	2022	600.11	595.18

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៤ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល ACM



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➤ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.៣ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល ACM

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Forecast with ACM	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12						
2	2002	239.76						
3	2003	255.07	267.4	-15.31	15.31	234.40	-0.06	0.06
4	2004	280.36	270.38	-25.29	25.29	639.58	-0.09	0.09
5	2005	308.27	305.65	-27.91	27.91	778.97	-0.09	0.09
6	2006	340.49	336.18	-32.22	32.22	1038.13	-0.09	0.09
7	2007	370.44	372.71	-29.95	29.95	897.00	-0.08	0.08
8	2008	404.04	400.39	-33.6	33.6	1128.96	-0.08	0.08
9	2009	403.67	437.64	0.37	0.37	0.14	0.00	0.00
10	2010	419.17	403.3	-15.5	15.5	240.25	-0.04	0.04
11	2011	440.14	434.67	-20.97	20.97	439.74	-0.05	0.05
12	2012	464.41	461.11	-24.27	24.27	589.03	-0.05	0.05
13	2013	474.73	488.68	-10.32	10.32	106.50	-0.02	0.02
14	2014	483.79	485.05	-9.06	9.06	82.08	-0.02	0.02
15	2015	484.02	492.85	-0.23	0.23	0.05	0.00	0.00
16	2016	484.6	484.25	-0.58	0.58	0.34	0.00	0.00
17	2017	495.01	485.18	-10.41	10.41	108.37	-0.02	0.02
18	2018	511.87	505.42	-16.86	16.86	284.26	-0.03	0.03
19	2019	521.08	528.73	-9.21	9.21	84.82	-0.02	0.02
20	2020	548.74	530.29	-27.66	27.66	765.08	-0.05	0.05
21	2021	571.96	576.4	-23.22	23.22	539.17	-0.04	0.04
22	2022	600.11	595.18	4.93	4.93	24.30	0.01	0.01

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

ដំណាក់កាលទី ១៖ (មើល Column ទី ៥, ៦, ៧, ៨, និង ៩)។

- នៅ Column ទី ៥ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាង ការពិត និងការព្យាករណ៍។
- នៅ Column ទី ៦ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដករួចរាល់របស់ Column ទី ៥។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel អ្នកសិក្សាបានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Column ទី ៧ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Column ទី ៥ ជាការ ដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Column ទី ៨ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ ។
- នៅ Column ទី ៩ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនា របស់ Column ទី ៨ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel អ្នកសិក្សាបានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ដំណាក់កាលទី ២៖ ផ្ដោតលើ Column ទី ៦, ៧, ៨ និង ៩ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.៤ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.៤ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល ACM

MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
16.894	399.059	-0.042	0.043	19.976

ប្រភព៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.៤ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល ACM មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 16.894
- MSE មាន 399.059
- MPE មាន -0.042
- MAPE មាន 0.043
- RMSE មាន 19.976

៣.៣.២ ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)

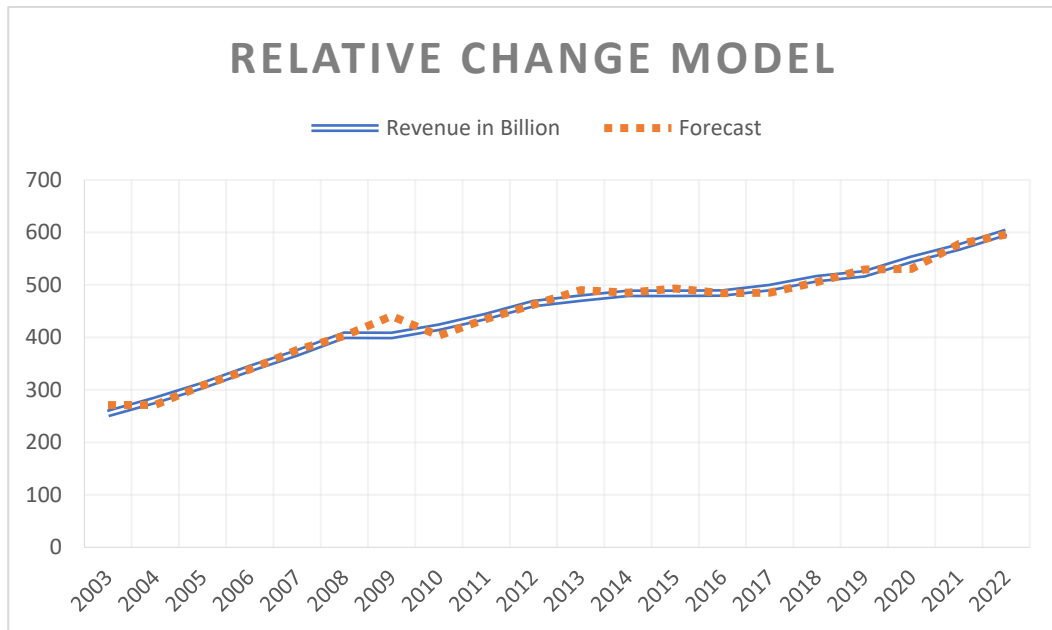
ចូលមកដល់ម៉ូដែលទីពីរនេះគឺការព្យាករណ៍កើតឡើងដោយ ការយកសមាមាត្ររវាង តម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្ន (តម្លៃពិត) តាងដោយ Y_t និងតម្លៃមួយគ្រាមុនតាងដោយ Y_{t-1} ទៅគុណនឹង តម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្ន។ ដូចបានពន្យល់ លម្អិតអំពីម៉ូដែលនេះនៅខាងលើ នៅខាងក្រោមនេះគ្រាន់តែជាការរំលឹកឡើងវិញនូវរូបមន្តរបស់វា។ ដូចនៅត្រាទី ៣ នាំឱ្យបាន $\hat{Y}_{2+1} = 212.12 \times \frac{239.76}{212.12}$ បានតម្លៃស្មើ 271.002 ហើយបានការព្យាករណ៍រៀងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៤ នៃតារាងទី ៣.៥។

តារាងទី៣.៥ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល RCM (Relative Change Model)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Forecast with RCM
1	2001	212.12	
2	2002	239.76	
3	2003	255.07	271.002
4	2004	280.36	271.358
5	2005	308.27	308.157
6	2006	340.49	338.958
7	2007	370.44	376.078
8	2008	404.04	403.024
9	2009	403.67	440.688
10	2010	419.17	403.300
11	2011	440.14	435.265
12	2012	464.41	462.159
13	2013	474.73	490.018
14	2014	483.79	485.279
15	2015	484.02	493.023
16	2016	484.6	484.250
17	2017	495.01	485.181
18	2018	511.87	505.644
19	2019	521.08	529.304
20	2020	548.74	530.456
21	2021	571.96	577.868
22	2022	600.11	596.163

ប្រភពពី៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៥ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល RCM



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➤ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.៦ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល RCM

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Forecast with RCM	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12						
2	2002	239.76						
3	2003	255.07	271.002	-16.29	16.29	265.29	-0.06	0.06
4	2004	280.36	271.358	-27.80	27.80	772.70	-0.10	0.10
5	2005	308.27	308.157	-30.69	30.69	941.78	-0.10	0.10
6	2006	340.49	338.958	-35.59	35.59	1266.48	-0.10	0.10
7	2007	370.44	376.078	-32.58	32.58	1061.75	-0.09	0.09
8	2008	404.04	403.024	-36.65	36.65	1343.05	-0.09	0.09
9	2009	403.67	440.688	0.37	0.37	0.14	0.00	0.00
10	2010	419.17	403.300	-16.10	16.10	259.05	-0.04	0.04
11	2011	440.14	435.265	-22.02	22.02	484.84	-0.05	0.05
12	2012	464.41	462.159	-25.61	25.61	655.78	-0.06	0.06
13	2013	474.73	490.018	-10.55	10.55	111.29	-0.02	0.02
14	2014	483.79	485.279	-9.23	9.23	85.25	-0.02	0.02
15	2015	484.02	493.023	-0.23	0.23	0.05	0.00	0.00
16	2016	484.6	484.250	-0.58	0.58	0.34	0.00	0.00
17	2017	495.01	485.181	-10.63	10.63	113.07	-0.02	0.02
18	2018	511.87	505.644	-17.43	17.43	303.95	-0.03	0.03
19	2019	521.08	529.304	-9.38	9.38	87.90	-0.02	0.02
20	2020	548.74	530.456	-29.13	29.13	848.45	-0.05	0.05
21	2021	571.96	577.868	-24.20	24.20	585.76	-0.04	0.04
22	2022	600.11	596.163	3.95	3.95	15.58	0.01	0.01

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

ដំណាក់កាលទី ១៖ (មើល Column ទី ៥, ៦, ៧, ៨, និង ៩)។

- នៅ Column ទី ៥ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាង ការពិត និងការព្យាករណ៍។
- នៅ Column ទី ៦ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដកចេញរវាងរបស់ Column ទី ៥។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel អ្នកសិក្សាបានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Column ទី ៧ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Column ទី ៥ ជាការ ដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Column ទី ៨ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ ។
- នៅ Column ទី ៩ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនាចេញ របស់ Column ទី ៨ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ដំណាក់កាលទី ២៖ ផ្ដោតលើ Column ទី ៦, ៧, ៨ និង ៩ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.៧ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.៧ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល RCM

MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
17.950	460.126	-0.045	0.045	21.451

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.៧ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល RCM មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 17.950
- MSE មាន 460.126
- MPE មាន -0.045
- MAPE មាន 0.045
- RMSE មាន 21.451

៣.៣.៣ ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)

ចូរមកដល់ម៉ូដែលនេះវិញ ដូចបានសម្រាយពន្យល់នៅខាងលើកន្លងមក ការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែលនេះ

គឺទាមទារការធ្វើកិលមធ្យមចំនួន ២លើក ដែលជាការសម្អាតទិន្នន័យចំនួន ២លើក ហើយក្នុងការអនុវត្តន៍នៅទីនេះ អ្នកសិក្សាបានសម្រេចកិលមធ្យម ៤ទិន្នន័យ ប្រព្រឹត្តទៅតាមការពណ៌នាដូចខាងក្រោម ជំនួយប្រតិបត្តិការដោយ Excel ៖

- ការគណនា M_t

$M_1 = \frac{Y_4 + Y_3 + Y_2 + Y_1}{4}$ ដែលទីតាំង M_1 នេះបោះទីនៅនឹងគ្រាទី ៤ ($t=4$) មានតម្លៃស្មើ 246.828 ដូចការប្រើរូបមន្ត =Average ខាងក្រោមនេះ ហើយជារៀងគ្នាចុះមកគឺ Y_1 ត្រូវបានបោះចោល ហើយ Y_4 ត្រូវបានជំនួសដោយ Y_5 នៅគ្រាទី ៥ ($t=5$) ចំពោះការគណនា M_2 និងតាមវិធាននេះជាបន្តបន្ទាប់ បានចម្លើយដូចនៅ Column ទី ៤ តារាងទី ៣.៨ ខាងក្រោម។

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}}{4}$
1	2001	212.12	
2	2002	239.76	
3	2003	255.07	
4	2004	280.36	=AVERAGE(C2:C5)

- ការគណនា M'_t ដែលជាការកិលលើតម្លៃ M_t នៅ Column ទី ៤

$M'_1 = \frac{M_4 + M_3 + M_2 + M_1}{4}$ ដែលទីតាំង M'_1 នេះបោះទីនៅនឹងគ្រាទី ៧ ($t=7$) ត្រូវលំដាប់ទី ៤ នៃតម្លៃតាមជួរ Column ទី ៤ មានតម្លៃស្មើ 284.658 ដូចការប្រើរូបមន្ត =Average ខាងក្រោមនេះ ហើយជារៀងគ្នាចុះមកគឺ M_1 ត្រូវបានបោះចោល ហើយ M_4 ត្រូវបានជំនួសដោយ M_5 នៅគ្រាទី ៨ ($t=8$) ត្រូវលំដាប់ទី ៥ នៃតម្លៃតាមជួរ Column ទី ៤ ចំពោះការគណនា M'_2 និងតាមវិធាននេះជាបន្តបន្ទាប់ បានចម្លើយដូចនៅ Column ទី ៥ តារាងទី ៣.៨ ខាងក្រោម។

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}}{4}$	$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + M_{t-3}}{4}$
1	2001	212.12		
2	2002	239.76		
3	2003	255.07		
4	2004	280.36	246.828	
5	2005	308.27	270.865	
6	2006	340.49	296.048	
7	2007	370.44	324.890	=AVERAGE(D5:D8)

- ការគណនាមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficients of Linear Equation) ជាការគណនាតាមជួរត្រូវគ្នានឹងជួរដែលមានទិន្នន័យនៃ Column ទី ៥ និង Column ទី ៤ ហើយមានការគណនា a_t និង b_t ដូចខាងក្រោម៖

ចំពោះ $a_1 = 2M_1 + M'_1$ គឺជាផលបូករវាង តម្លៃ M_1 គុណនឹង ២ និងតម្លៃ M'_1 បានចម្លើយស្មើ 365.123 ហើយតាមវិធាននេះជារៀងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៦ តារាងទី ៣.៨។ ចំពោះ $b_1 = \frac{2}{4-1}(M_1 - M'_1)$ គឺជាផលដករវាងតម្លៃ M_1 និងតម្លៃ M'_1 ហើយគុណនឹងផលចែក $\frac{2}{3}$ បានចម្លើយស្មើ 26.822 ហើយតាម

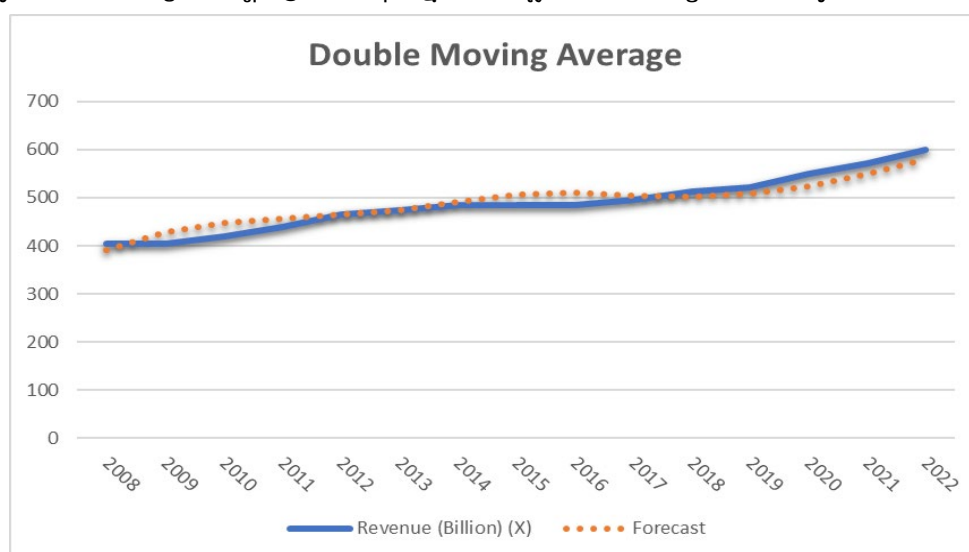
វិធាននេះជារៀងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៧ តារាងទី ៣.៨។

- សមីការនៃការព្យាករណ៍ទៅគ្រាបន្ទាប់ តាមចំនួន p ដែលជាចំនួនគ្រាទៅមុខ ហើយលើនេះទៀត ការព្យាករណ៍ប្រព្រឹត្តទៅបានតែនៅត្រូវជួរត្រូវមាននៃទិន្នន័យ a_t និង b_t ប៉ុណ្ណោះ ដោយចំនួន p អ្នកសិក្សាបានកំណត់យកស្មើ ១ ដូចចំពោះ $\hat{Y}_{7+1} = ៣៦៥,១២៣ + (២៦,៨២២ \times ១)$ ស្មើ 391.94 ហើយការព្យាករណ៍ប្រព្រឹត្តទៅរៀងគ្នាបន្តបន្ទាប់ដូចនៅ Column ទី ៨ តារាងទី ៣.៨ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.៨ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល DMA(4) (Double Moving Average)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}}{4}$	$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + M_{t-3}}{4}$	$a_t = 2M_t - M'_t$	$b_t = \frac{2}{k-1}(M_t - M'_t)$	Forecast $\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p$
1	2001	212.12					
2	2002	239.76					
3	2003	255.07					
4	2004	280.36	246.828				
5	2005	308.27	270.865				
6	2006	340.49	296.048				
7	2007	370.44	324.890	284.658	365.123	26.822	
8	2008	404.04	355.810	311.903	399.717	29.271	391.94
9	2009	403.67	379.660	339.102	420.218	27.039	428.99
10	2010	419.17	399.330	364.923	433.738	22.938	447.26
11	2011	440.14	416.755	387.889	445.621	19.244	456.68
12	2012	464.41	431.848	406.898	456.797	16.633	464.87
13	2013	474.73	449.613	424.386	474.839	16.818	473.43
14	2014	483.79	465.768	440.996	490.539	16.515	491.66
15	2015	484.02	476.738	455.991	497.484	13.831	507.05
16	2016	484.6	481.785	468.476	495.094	8.873	511.31
17	2017	495.01	486.855	477.786	495.924	6.046	503.97
18	2018	511.87	493.875	484.813	502.937	6.041	501.97
19	2019	521.08	503.140	491.414	514.866	7.818	508.98
20	2020	548.74	519.175	500.761	537.589	12.276	522.68
21	2021	571.96	538.413	513.651	563.174	16.508	549.86
22	2022	600.11	560.473	530.300	590.645	20.115	579.68

រូបភាពទី៣.៦ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល DMA(4)



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➢ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.៩ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល DMA(4)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}}{4}$	$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + M_{t-3}}{4}$	$a_t = 2M_t - M'_t$	$b_t = \frac{2}{k-1}(M_t - M'_t)$	Forecast $\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p$	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12										
2	2002	239.76										
3	2003	255.07										
4	2004	280.36	246.828									
5	2005	308.27	270.865									
6	2006	340.49	296.048									
7	2007	370.44	324.890	284.658	365.123	26.822						
8	2008	404.04	355.810	311.903	399.717	29.271	391.94	12.10	12.10	146.31	0.03	0.03
9	2009	403.67	379.660	339.102	420.218	27.039	428.99	-25.32	25.32	641.01	-0.06	0.06
10	2010	419.17	399.330	364.923	433.738	22.938	447.26	-28.09	28.09	788.87	-0.07	0.07
11	2011	440.14	416.755	387.889	445.621	19.244	456.68	-16.54	16.54	273.43	-0.04	0.04
12	2012	464.41	431.848	406.898	456.797	16.633	464.87	-0.46	0.46	0.21	0.00	0.00
13	2013	474.73	449.613	424.386	474.839	16.818	473.43	1.30	1.30	1.69	0.00	0.00
14	2014	483.79	465.768	440.996	490.539	16.515	491.66	-7.87	7.87	61.88	-0.02	0.02
15	2015	484.02	476.738	455.991	497.484	13.831	507.05	-23.03	23.03	530.56	-0.05	0.05
16	2016	484.6	481.785	468.476	495.094	8.873	511.31	-26.71	26.71	713.67	-0.06	0.06
17	2017	495.01	486.855	477.786	495.924	6.046	503.97	-8.96	8.96	80.23	-0.02	0.02
18	2018	511.87	493.875	484.813	502.937	6.041	501.97	9.90	9.90	98.02	0.02	0.02
19	2019	521.08	503.140	491.414	514.866	7.818	508.98	12.10	12.10	146.46	0.02	0.02
20	2020	548.74	519.175	500.761	537.589	12.276	522.68	26.06	26.06	678.93	0.05	0.05
21	2021	571.96	538.413	513.651	563.174	16.508	549.86	22.10	22.10	488.21	0.04	0.04
22	2022	600.11	560.473	530.300	590.645	20.115	579.68	20.43	20.43	417.29	0.03	0.03

ប្រភពទិន្នន័យ៖ Excel Output

ដំណាក់កាលទី ១៖ (មើល Columnទី ៩, ១០, ១១, ១២, និង ១៣)។

- នៅ Columnទី ៩ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាង ការពិត និងការព្យាករណ៍។
- នៅ Columnទី ១០ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដករួចរាល់របស់ Column ទី ៩។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Columnទី ១១ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Columnទី ៩ ជាការដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Columnទី ១២ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ ។
- នៅ Columnទី ១៣ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនា របស់ Columnទី ១២ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ជំណាក់កាលទី ២៖ ផ្ដោតលើ Column ទី ១០, ១១, ១២ និង ១៣ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.១០ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.១០ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល DMA(4)

MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
16.063	337.784	-0.007	0.033	18.379

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.១០ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល DMA មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 16.063
- MSE មាន 337.784
- MPE មាន -0.007
- MAPE មាន 0.033
- RMSE មាន 18.379

៣.៣.៤ ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)

ចំណែកការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែលនេះ ដូចបានដឹងពីខាងលើមក វានឹងជួយឱ្យមានភាពល្អប្រសើរជាង។ ម៉ូដែលនេះ មកជាមួយនូវតម្លៃអាល់ហ្វា។ ចំពោះការកំណត់តម្លៃអាល់ហ្វា ជាការឱ្យតម្លៃដំបូងដូចបានរៀបរាប់នៅខាងលើគឺត្រូវចេញពីការពិចារណារបស់អ្នកព្យាករណ៍ជាមុន។ ការធ្វើការកែប្រែវានឹងប្រព្រឹត្តទៅក្រោយការគណនាធ្វើការព្យាករណ៍រួចរាល់ ដោយមានការសម្របសម្រួលពីមុខងារ Solver ដោយកំណត់លក្ខខណ្ឌចំពោះតម្លៃ MSE ឱ្យបានអប្បបរមា (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៣)។ តម្លៃអាល់ហ្វាដែលត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការគណនានៅទីនេះ ត្រូវបានប្តូរពី ០,៧០ ទៅ ០,៨០៧០១៧៤១៧ ហើយតារាងទី ៣.១១បង្ហាញលទ្ធផលការព្យាករណ៍ដែលមានតម្លៃអាល់ហ្វាបានផ្លាស់ប្តូររួចរាល់។ ចំពោះការគណនានៅគ្រា $t=1$ A^t និង A^{t-1} គឺប្រើការសន្មតឱ្យស្មើនឹងតម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្នដំបូងដែរ នាំឱ្យ $A'_1 = A''_1 = 212.12$ ។ ខាងក្រោមនេះ គឺជាគណនា A'_t និង A''_t បន្តបន្ទាប់ទៀតបានសម្រួលដោយ Excel៖

- គណនា Exponential Smoothing ទីមួយ

$A'_2 = 0.807017417Y_2 + (1 - 0.807017417)A'_{2-1}$ បានតម្លៃស្មើ 234.43 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជាដូចនៅ Column ទី ៤ នៃតារាងទី ៣.១១។

- គណនា Exponential Smoothing ទីពីរ ជាកែតម្រូវតម្លៃក្នុង Column ទី ៤

$A'_2 = 0.807017417A'_2 + (1 - 0.807017417)A''_{-1}$ បានតម្លៃស្មើ 230.12 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជាម្យ៉ាងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៥ នៃតារាងទី ៣.១១។

- ចូលដល់ការកមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficient of Linear Equation) ប្រើប្រាស់លើតម្លៃ A'_t និង A''_t ហើយមានការគណនាដូចបង្ហាញនេះ៖

$a_1 = 2A'_1 - A''_1$ បានតម្លៃស្មើ 212.12 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជាម្យ៉ាងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៦ នៃតារាងទី ៣.១១។ រីឯមេគុណមួយទៀត $b_1 = \frac{0.807017417}{1-0.807017417}(A'_1 - A''_1)$ បានតម្លៃស្មើ 0 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជាម្យ៉ាងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៧ នៃតារាងទី ៣.១១។

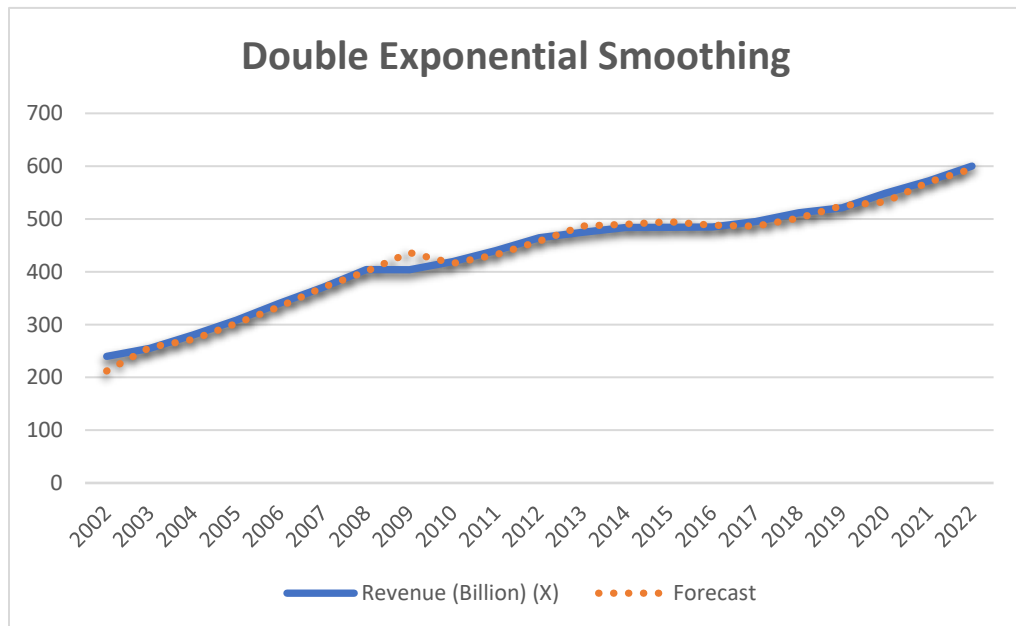
- ជាចុងក្រោយគឺ ការបង្កើតសមីការព្យាករណ៍ជាផលបូកមេគុណសមីការលីនេអ៊ែរទាំងពីរ ហើយការព្យាករណ៍ប្រព្រឹត្តទៅដោយចំនួន $p = 1$ គុណភ្ជាប់នឹងមេគុណ b_t ដូចនៅ $\hat{Y}_{1+1} = 212.12 + (0 \times 1)$ បានតម្លៃព្យាករណ៍គ្រាទី ២ ស្មើ 212.12 ហើយការព្យាករណ៍នេះប្រព្រឹត្តទៅម្យ៉ាងគ្នាដូចនៅ Column ទី ៨ នៃតារាងទី ៣.១១។

តារាងទី ៣.១១ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល DES (Double Exponential Smoothing)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$A'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A'_{t-1}$	$A''_t = \alpha A'_t + (1 - \alpha)A''_{t-1}$	$a_t = 2A'_t - A''_t$	$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha}(A'_t - A''_t)$	Forecast $\hat{Y}_{t+1} = a_t + b_t$
1	2001	212.12	212.12	212.12	212.12	0.00	
2	2002	239.76	234.43	230.12	238.73	18.00	212.12
3	2003	255.07	251.09	247.04	255.13	16.92	256.73
4	2004	280.36	274.71	269.37	280.05	22.33	272.05
5	2005	308.27	301.79	295.54	308.05	26.17	302.38
6	2006	340.49	333.02	325.79	340.26	30.25	334.22
7	2007	370.44	363.22	356.00	370.44	30.21	370.51
8	2008	404.04	396.16	388.41	403.91	32.42	400.65
9	2009	403.67	402.22	399.56	404.89	11.15	436.33
10	2010	419.17	415.90	412.75	419.05	13.19	416.03
11	2011	440.14	435.46	431.08	439.85	18.33	432.24
12	2012	464.41	458.82	453.47	464.18	22.39	458.18
13	2013	474.73	471.66	468.15	475.17	14.68	486.57
14	2014	483.79	481.45	478.88	484.02	10.73	489.85
15	2015	484.02	483.52	482.63	484.42	3.75	494.75
16	2016	484.6	484.39	484.05	484.73	1.42	488.17
17	2017	495.01	492.96	491.24	494.68	7.19	486.16
18	2018	511.87	508.22	504.94	511.50	13.70	501.87
19	2019	521.08	518.60	515.96	521.23	11.02	525.20
20	2020	548.74	542.92	537.72	548.13	21.76	532.25
21	2021	571.96	566.36	560.83	571.88	23.11	569.88
22	2022	600.11	593.60	587.27	599.92	26.44	594.99

ប្រភពពី៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៧ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល DES



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➢ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.១២ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល DES

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$A'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A'_{t-1}$	$A''_t = \alpha A'_t + (1 - \alpha)A''_{t-1}$	$a_t = 2A'_t - A''_t$	$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha}(A'_t - A''_t)$	Forecast $\hat{Y}_{t+1} = a_t + b_t$	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12	212.12	212.12	212.12	0.00						
2	2002	239.76	234.43	230.12	238.73	18.00	212.12	27.64	27.64	763.97	0.12	0.12
3	2003	255.07	251.09	247.04	255.13	16.92	256.73	-1.66	1.66	2.76	-0.01	0.01
4	2004	280.36	274.71	269.37	280.05	22.33	272.05	8.31	8.31	69.04	0.03	0.03
5	2005	308.27	301.79	295.54	308.05	26.17	302.38	5.89	5.89	34.68	0.02	0.02
6	2006	340.49	333.02	325.79	340.26	30.25	334.22	6.27	6.27	39.36	0.02	0.02
7	2007	370.44	363.22	356.00	370.44	30.21	370.51	-0.07	0.07	0.00	0.00	0.00
8	2008	404.04	396.16	388.41	403.91	32.42	400.65	3.39	3.39	11.49	0.01	0.01
9	2009	403.67	402.22	399.56	404.89	11.15	436.33	-32.66	32.66	1066.61	-0.08	0.08
10	2010	419.17	415.90	412.75	419.05	13.19	416.03	3.14	3.14	9.85	0.01	0.01
11	2011	440.14	435.46	431.08	439.85	18.33	432.24	7.90	7.90	62.37	0.02	0.02
12	2012	464.41	458.82	453.47	464.18	22.39	458.18	6.23	6.23	38.83	0.01	0.01
13	2013	474.73	471.66	468.15	475.17	14.68	486.57	-11.84	11.84	140.16	-0.02	0.02
14	2014	483.79	481.45	478.88	484.02	10.73	489.85	-6.06	6.06	36.74	-0.01	0.01
15	2015	484.02	483.52	482.63	484.42	3.75	494.75	-10.73	10.73	115.10	-0.02	0.02
16	2016	484.6	484.39	484.05	484.73	1.42	488.17	-3.57	3.57	12.71	-0.01	0.01
17	2017	495.01	492.96	491.24	494.68	7.19	486.16	8.85	8.85	78.39	0.02	0.02
18	2018	511.87	508.22	504.94	511.50	13.70	501.87	10.00	10.00	100.00	0.02	0.02
19	2019	521.08	518.60	515.96	521.23	11.02	525.20	-4.12	4.12	16.98	-0.01	0.01
20	2020	548.74	542.92	537.72	548.13	21.76	532.25	16.49	16.49	271.83	0.03	0.03
21	2021	571.96	566.36	560.83	571.88	23.11	569.88	2.08	2.08	4.31	0.00	0.00
22	2022	600.11	593.60	587.27	599.92	26.44	594.99	5.12	5.12	26.19	0.01	0.01

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

ដំណាក់កាលទី ១៖ (មើល Column ទី ៩, ១០, ១១, ១២, និង ១៣)។

- នៅ Column ទី ៩ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាង ការពិត និងការព្យាករណ៍។
- នៅ Column ទី ១០ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដករួចរាល់របស់ Column ទី ៩។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Column ទី ១១ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Column ទី ៩ ជាការ ដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Column ទី ១២ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ ។
- នៅ Column ទី ១៣ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនា របស់ Column ទី ១២ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ដំណាក់កាលទី ២៖ ផ្ដោតលើ Column ទី ១០, ១១, ១២ និង ១៣ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.១៣ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.១៣ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល DES

MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
8.667	138.161	0.007	0.022	11.754

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.១៣ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល DES មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 8.667
- MSE មាន 138.161
- MPE មាន 0.007
- MAPE មាន 0.022
- RMSE មាន 11.754

៣.៣.៥ ម៉ូដែល Holts' Method of Exponential Smoothing (HES)

ជាការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែលនេះគឺស្ថិតក្នុងប្រភេទ Exponential Smoothing តែមួយ ដោយគ្រាន់នៅទីនេះ គោរពតាមវិធីសាស្ត្ររបស់លោក Holt ដូចបានពន្យល់លម្អិតច្រើនមកហើយក្នុងជំពូកលើកទី១ នៅខាងលើ។ ការកំណត់តម្លៃអាស្រ័យលើការសង្ខេប និងបែបបទពីដំបូង ក៏ឆ្លងការពិចារណាដូចសម្រាប់ម៉ូដែល DES ខាងលើផងដែរ។ តម្លៃអាស្រ័យលើការសង្ខេប និងបែបបទត្រូវបានផ្លាស់ប្តូរពី ០,៦ និង ០,៣ ទៅ ០,៩៤៧៥២៥៩៩១ និង ០,៧០៣១៨៣៥២៩ ដោយប្រើប្រាស់មុខងារ Solver នៅក្នុងកម្មវិធី Excel ដោយកំណត់លក្ខខណ្ឌ MSE ឱ្យមានតម្លៃអប្បបរមា (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៤) ។ក្នុងការគណនា L_t តម្លៃនៅគ្រាដំបូងរបស់ Level ត្រូវបានសន្មតឱ្យស្មើនឹង តម្លៃគ្រាបច្ចុប្បន្នដំបូងដែរនាំឱ្យ $L_1 = 212.12$ រីឯ T_1 នៅគ្រាដំបូងដូចនេះ គឺមិនមានឡើយ ដូច្នេះ $T_1 = 0$ ។ ខាងក្រោមគឺជាគណនា L_t និង T_t បន្តបន្ទាប់ទៀតបានសម្រួលដោយ Excel ៖

- ការគណនា L_t

គ្រាទី ២ $L_2 = 0.947525991(Y_2) + (1 - 0.947525991)(L_1 + T_1)$ បានតម្លៃស្មើ 238.31 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជារៀងរាល់ដូចនៅ Column ទី ៤ នៃតារាងទី ៣.១៤។

- ការគណនា T_t

គ្រាទី ២ $T_2 = 0.703183529(L_2 - L_1) + (1 - 0.703183529)(T_{2-1})$ បានតម្លៃស្មើ 18.42 ហើយវិធាននេះប្រព្រឹត្តទៅជារៀងរាល់ដូចនៅ Column ទី ៥ នៃតារាងទី ៣.១៤។

- សមីការព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត ពេលគឺ ១ គ្រាទៅមុខលើគ្រា t ដូចនៅ

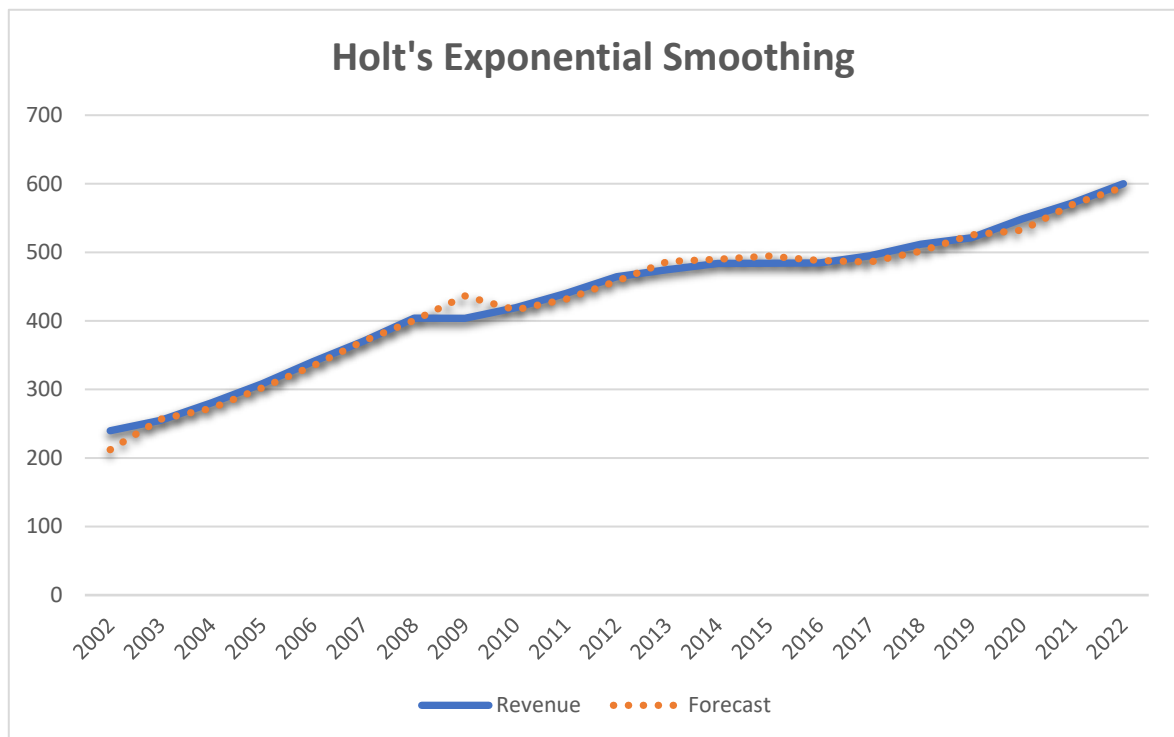
$\hat{Y}_{1+1} = 212.12 + 0 = 212.12$ ហើយការព្យាករណ៍នេះប្រព្រឹត្តទៅរៀងរាល់ដូចនៅ Column ទី

៦ នៃតារាងទី ៣.១៤។

តារាងទី ៣.១៤ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល HES (Holt's Exponential Smoothing)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$	$T_t = \frac{\beta(L_t - L_{t-1})}{\text{New trend}} + \frac{(1 - \beta)T_{t-1}}{\text{Old trend}}$	Forecast $\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$
1	2001	212.12	212.12	0	
2	2002	239.76	238.31	18.42	212.12
3	2003	255.07	255.16	17.31	256.73
4	2004	280.36	279.95	22.57	272.47
5	2005	308.27	307.97	26.40	302.52
6	2006	340.49	340.17	30.48	334.37
7	2007	370.44	370.45	30.34	370.65
8	2008	404.04	403.87	32.51	400.79
9	2009	403.67	405.39	10.71	436.37
10	2010	419.17	419.01	12.76	416.10
11	2011	440.14	439.70	18.34	431.77
12	2012	464.41	464.08	22.58	458.04
13	2013	474.73	475.36	14.64	486.66
14	2014	483.79	484.12	10.50	489.99
15	2015	484.02	484.58	3.44	494.62
16	2016	484.6	484.78	1.16	488.02
17	2017	495.01	494.53	7.21	485.94
18	2018	511.87	511.34	13.95	501.74
19	2019	521.08	521.30	11.15	525.29
20	2020	548.74	547.89	22.00	532.45
21	2021	571.96	571.85	23.38	569.89
22	2022	600.11	599.85	26.63	595.23

រូបភាពទី៣.៨ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល HES



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➢ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.១៥ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល HES

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$	$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$	Forecast $\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12	212.12	0						
2	2002	239.76	238.31	18.42	212.12	27.64	27.64	763.97	0.12	0.12
3	2003	255.07	255.16	17.31	256.73	-1.66	1.66	2.74	-0.01	0.01
4	2004	280.36	279.95	22.57	272.47	7.89	7.89	62.26	0.03	0.03
5	2005	308.27	307.97	26.40	302.52	5.75	5.75	33.11	0.02	0.02
6	2006	340.49	340.17	30.48	334.37	6.12	6.12	37.43	0.02	0.02
7	2007	370.44	370.45	30.34	370.65	-0.21	0.21	0.04	0.00	0.00
8	2008	404.04	403.87	32.51	400.79	3.25	3.25	10.55	0.01	0.01
9	2009	403.67	405.39	10.71	436.37	-32.70	32.70	1069.59	-0.08	0.08
10	2010	419.17	419.01	12.76	416.10	3.07	3.07	9.42	0.01	0.01
11	2011	440.14	439.70	18.34	431.77	8.37	8.37	70.08	0.02	0.02
12	2012	464.41	464.08	22.58	458.04	6.37	6.37	40.60	0.01	0.01
13	2013	474.73	475.36	14.64	486.66	-11.93	11.93	142.29	-0.03	0.03
14	2014	483.79	484.12	10.50	489.99	-6.20	6.20	38.45	-0.01	0.01
15	2015	484.02	484.58	3.44	494.62	-10.60	10.60	112.34	-0.02	0.02
16	2016	484.6	484.78	1.16	488.02	-3.42	3.42	11.68	-0.01	0.01
17	2017	495.01	494.53	7.21	485.94	9.07	9.07	82.20	0.02	0.02
18	2018	511.87	511.34	13.95	501.74	10.13	10.13	102.63	0.02	0.02
19	2019	521.08	521.30	11.15	525.29	-4.21	4.21	17.75	-0.01	0.01
20	2020	548.74	547.89	22.00	532.45	16.29	16.29	265.40	0.03	0.03
21	2021	571.96	571.85	23.38	569.89	2.07	2.07	4.30	0.00	0.00
22	2022	600.11	599.85	26.63	595.23	4.88	4.88	23.77	0.01	0.01

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

ជំពូកទី ១៖ (មើល Column ទី ៧, ៨, ៩, ១០, និង ១១)។

- នៅ Column ទី ៧ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាង ការពិត និងការព្យាករណ៍។
- នៅ Column ទី ៨ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដករួចរាល់របស់ Column ទី ៧។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Column ទី ៩ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Column ទី ៧ ជាការ ដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Column ទី ១០ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ។
- នៅ Column ទី ១១ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនា របស់ Column ទី ១០ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ជំពូកទី ២៖ ផ្តោតលើ Column ទី ៨, ៩, ១០ និង ១១ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូកលើកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.១៦ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.១៦ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល HES

MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
8.659	138.124	0.007	0.022	11.753

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.១៦ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល HES មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 8.659
- MSE មាន 138.124
- MPE មាន 0.007
- MAPE មាន 0.022
- RMSE មាន 11.753

៣.៣.៦ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

មកដល់ម៉ូដែលចុងក្រោយសម្រាប់ការព្យាករណ៍នេះ ជាដំបូងវាជាការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR ជាមុនសិន ដែលលំដាប់នេះត្រូវបានកំណត់ដោយការគណនាតម្លៃ Partial Autocorrelation Function លើទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលរបស់ Walmart ទាំង ២២ត្រីមាស ហើយប្រតិបត្តិការនេះត្រូវបានសម្របសម្រួលដោយ ការប្រើប្រាស់កម្មវិធី Minitab ដូចនៅចំណុចបន្តខាងក្រោមនេះ។

៣.៣.៦.១ ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម PACF

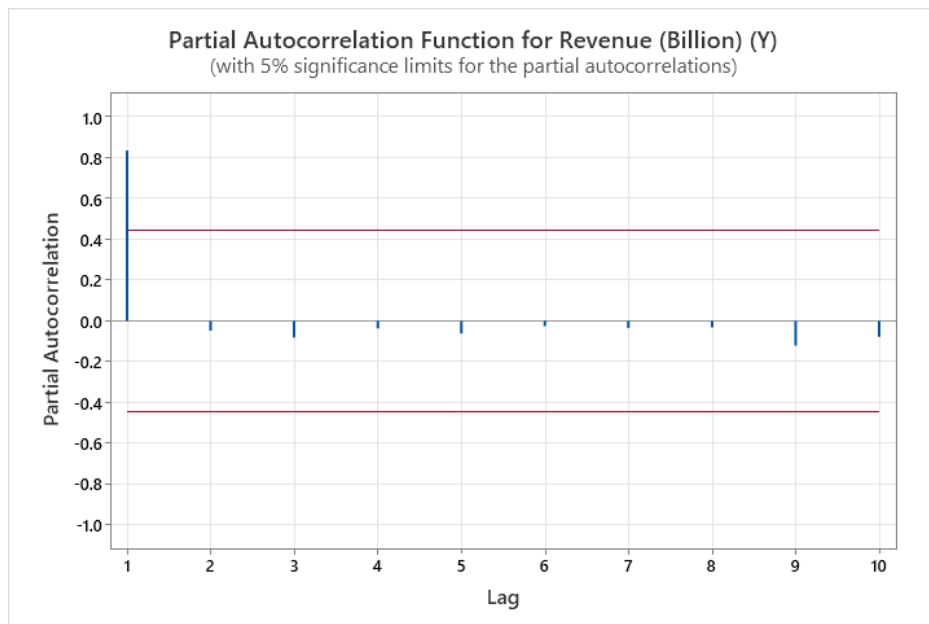
ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR នេះ គឺធ្វើឡើងដោយការគណនា និងតម្រៀបតម្លៃ partial Autocorrelation function ដែលមានការសម្របសម្រួលតាមរយៈកម្មវិធី Minitab ដោយបានកំណត់ ចំនួន Lag ត្រូវគណនាចំនួន ១០ Lags ហើយបានលទ្ធផលដូចក្នុងរូបភាពទី ៣.៩

រូបភាពទី៣.៩ បង្ហាញពីតម្លៃមេគុណ Partial Autocorrelation

Partial Autocorrelations		
Lag	PACF	T
1	0.834569	3.91
2	-0.047041	-0.22
3	-0.081626	-0.38
4	-0.036644	-0.17
5	-0.062249	-0.29
6	-0.025273	-0.12
7	-0.034654	-0.16
8	-0.031839	-0.15
9	-0.121358	-0.57
10	-0.077680	-0.36

ប្រភពទី៖ Minitab Output (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៥ ពីរបៀបបានចម្លើយ)

រូបភាពទី៣.១០ ក្រាបបង្ហាញពីការតម្រៀបតម្លៃ PACF



ជាការណែនាំ និងដូចបានពន្យល់រួចមកហើយនៅឯជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ ហើយយោងតាមរូបទី ៣.១០ ខាងលើនេះ បាននាំឲ្យឃើញថា Lag 1 មានតម្លៃខ្ពស់ជាងគេ គឺ 0,834569 និងតាមក្រាបវាលូតផុតបន្ទាត់ ក្រហមមិនមាន Lag ណាផ្សេងឡើយលូតមកដូចនេះ។ ដូច្នេះហើយ វាបង្ហាញចំនួនលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive នេះនូវចំនួន ១ សរសេរបានជា AR(1)។ បានដូចនេះហើយ ទើបអាចចាប់ដំណើរការការធ្វើការ ព្យាករណ៍តាម ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១ ដូចមានបន្តនៅចំណុចខាងក្រោមនេះ។

៣.៣.៦.២ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1)

បន្ទាប់ពីដឹងលំដាប់ដូចនេះហើយ ជំហានដំបូងគឺ ការរៀបចំទិន្នន័យ បង្កើត Lag 1 ដោយតាងវាជាអថេរដោះស្រាយ (x) និងទិន្នន័យចំណូលគ្រាបច្ចុប្បន្នជាអថេរឥទ្ធិពល (Y) ដូចក្នុង Column ទី ៥ និងទី ៦ រៀងគ្នាក្នុង តារាងទី ៣.១៧ ខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៧ បង្ហាញពីការរៀបចំទិន្នន័យក្រោយដឹងលំដាប់

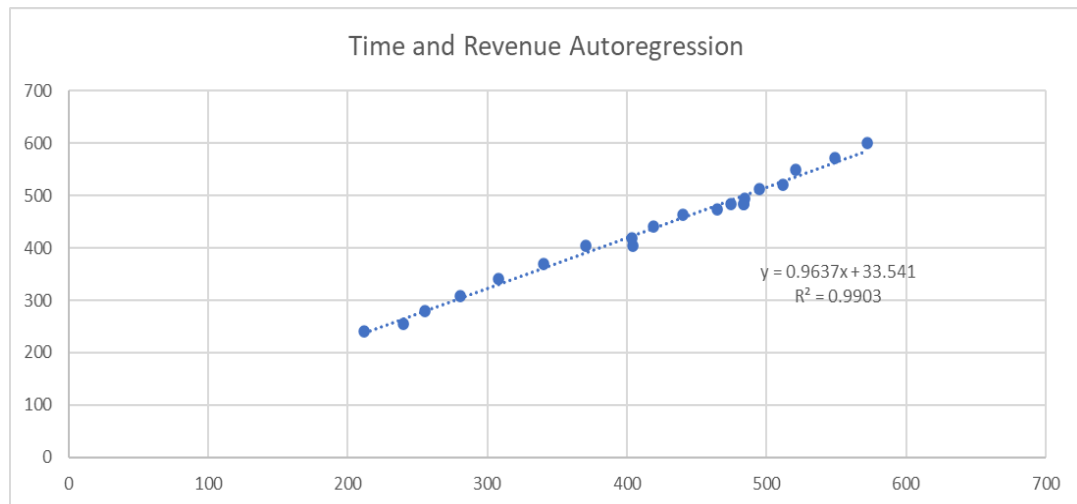
Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Lag 1	Lag 1 (X)	Revenue (Y)
1	2001	212.12			
2	2002	239.76	212.12	212.12	239.76
3	2003	255.07	239.76	239.76	255.07
4	2004	280.36	255.07	255.07	280.36
5	2005	308.27	280.36	280.36	308.27
6	2006	340.49	308.27	308.27	340.49
7	2007	370.44	340.49	340.49	370.44
8	2008	404.04	370.44	370.44	404.04
9	2009	403.67	404.04	404.04	403.67
10	2010	419.17	403.67	403.67	419.17
11	2011	440.14	419.17	419.17	440.14
12	2012	464.41	440.14	440.14	464.41
13	2013	474.73	464.41	464.41	474.73
14	2014	483.79	474.73	474.73	483.79
15	2015	484.02	483.79	483.79	484.02
16	2016	484.6	484.02	484.02	484.6
17	2017	495.01	484.6	484.6	495.01
18	2018	511.87	495.01	495.01	511.87
19	2019	521.08	511.87	511.87	521.08
20	2020	548.74	521.08	521.08	548.74
21	2021	571.96	548.74	548.74	571.96
22	2022	600.11	571.96	571.96	600.11

ប្រភព៖ Excel

ដូចនេះនៅ Colum ទី ៤ គឺការបង្កើត ទិន្នន័យថយចុះមួយគ្រាទៅក្រោយ ហើយបន្ទាប់មកនៅ Colum ទី ៥ និង ៦ គឺជាការរៀបចំទិន្នន័យឱ្យត្រូវជួរគ្នា រវាង Lag 1 និងទិន្នន័យគ្រាបច្ចុប្បន្ន ដែលមានវត្តមាន។ នេះបង្កើតឱ្យបាន ទិន្នន័យដែលថយចុះទៅក្រោយមួយគ្រានោះ ជាអថេរធាតុទ្វីពល (X) រីឯទិន្នន័យគ្រាបច្ចុប្បន្ន ជាអថេរធាតុទ្វីពល (Y)។

ជាជំហានបន្តនេះ គឺការបង្កើតសមីការបន្ទាត់ រ៉េក្រាស៊ីម សម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍ តាមដំណើររបស់ម៉ូដែល នេះ ដូចក្នុងរូបក្រាបខាងក្រោម៖

រូបភាពទី៣.១១ ក្រាបបង្ហាញពីការតម្រៀបទិន្នន័យនៅ Column ទី ៥ និង 6
បង្ហាញទំនាក់ទំនង និងបង្កើតសមីការបន្ទាត់



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៦ពីរបៀបបានសមីការ)

បន្ទាប់មក ទើបដំណើរការការគណនា ការព្យាករណ៍ ដោយប្រើប្រាស់សមីការដែលមានបង្ហាញលើក្រាបក្នុង រូបភាពទី ៣.១១ ខាងលើ។ ក្នុងតារាងទី ៣.១៨ ខាងក្រោម គឺជាការគណនា និងលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១ នេះបានជំនួយប្រតិបត្តិការដោយ Excel៖

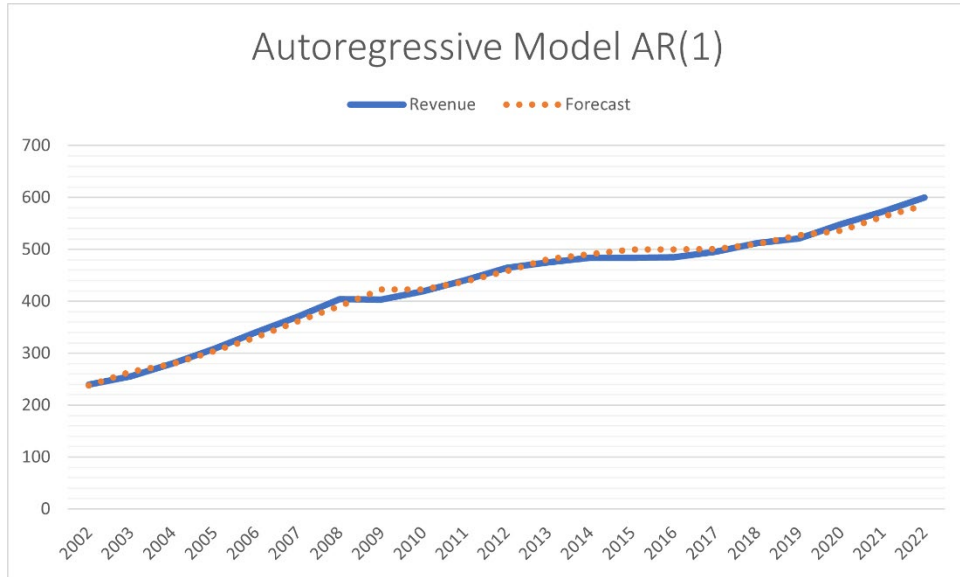
សមីការសម្រាប់ការគណនាការធ្វើការព្យាករណ៍ $\hat{Y} = 33.541 + 0.9637X$ ដូចនៅត្រាទី ២

$Y_2 = 33.541 + 0.9637(212.12) = 237.961$ និងរៀងគ្នាបន្តមកក្នុង Column ទី ៧ នៃតារាងទី ៣.១៨។

តារាងទី៣.១៨ បង្ហាញពីការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Lag 1	Lag 1 (X)	Revenue (Y)	Forecast
1	2001	212.12				
2	2002	239.76	212.12	212.12	239.76	237.961
3	2003	255.07	239.76	239.76	255.07	264.598
4	2004	280.36	255.07	255.07	280.36	279.352
5	2005	308.27	280.36	280.36	308.27	303.724
6	2006	340.49	308.27	308.27	340.49	330.621
7	2007	370.44	340.49	340.49	370.44	361.671
8	2008	404.04	370.44	370.44	404.04	390.534
9	2009	403.67	404.04	404.04	403.67	422.914
10	2010	419.17	403.67	403.67	419.17	422.558
11	2011	440.14	419.17	419.17	440.14	437.495
12	2012	464.41	440.14	440.14	464.41	457.704
13	2013	474.73	464.41	464.41	474.73	481.093
14	2014	483.79	474.73	474.73	483.79	491.038
15	2015	484.02	483.79	483.79	484.02	499.769
16	2016	484.6	484.02	484.02	484.6	499.991
17	2017	495.01	484.6	484.6	495.01	500.550
18	2018	511.87	495.01	495.01	511.87	510.582
19	2019	521.08	511.87	511.87	521.08	526.830
20	2020	548.74	521.08	521.08	548.74	535.706
21	2021	571.96	548.74	548.74	571.96	562.362
22	2022	600.11	571.96	571.96	600.11	584.739

រូបភាពទី៣.១២ ក្រាបបង្ហាញពីភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃពិត និងការព្យាករណ៍នៃម៉ូដែល AR(1)



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

➤ តម្លៃលម្អៀងតាមរយៈវិធីសាស្ត្រនីមួយៗ

តារាងទី៣.១៩ បង្ហាញពីការគណនាលម្អៀងចំពោះម៉ូដែល AR(1)

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Lag 1	Lag 1 (X)	Revenue (Y)	Forecast	$e_t = \text{Actual data} - \text{forecast}$	$ e_t $	e_t^2	e_t/Y_t	$ e_t/Y_t $
1	2001	212.12									
2	2002	239.76	212.12	212.12	239.76	237.961	1.799	1.80	3.24	0.01	0.01
3	2003	255.07	239.76	239.76	255.07	264.598	-9.528	9.53	90.78	-0.04	0.04
4	2004	280.36	255.07	255.07	280.36	279.352	1.008	1.01	1.02	0.00	0.00
5	2005	308.27	280.36	280.36	308.27	303.724	4.546	4.55	20.67	0.01	0.01
6	2006	340.49	308.27	308.27	340.49	330.621	9.869	9.87	97.40	0.03	0.03
7	2007	370.44	340.49	340.49	370.44	361.671	8.769	8.77	76.89	0.02	0.02
8	2008	404.04	370.44	370.44	404.04	390.534	13.506	13.51	182.41	0.03	0.03
9	2009	403.67	404.04	404.04	403.67	422.914	-19.244	19.24	370.34	-0.05	0.05
10	2010	419.17	403.67	403.67	419.17	422.558	-3.388	3.39	11.48	-0.01	0.01
11	2011	440.14	419.17	419.17	440.14	437.495	2.645	2.64	7.00	0.01	0.01
12	2012	464.41	440.14	440.14	464.41	457.704	6.706	6.71	44.97	0.01	0.01
13	2013	474.73	464.41	464.41	474.73	481.093	-6.363	6.36	40.49	-0.01	0.01
14	2014	483.79	474.73	474.73	483.79	491.038	-7.248	7.25	52.54	-0.01	0.01
15	2015	484.02	483.79	483.79	484.02	499.769	-15.749	15.75	248.04	-0.03	0.03
16	2016	484.6	484.02	484.02	484.6	499.991	-15.391	15.39	236.89	-0.03	0.03
17	2017	495.01	484.6	484.6	495.01	500.550	-5.540	5.54	30.69	-0.01	0.01
18	2018	511.87	495.01	495.01	511.87	510.582	1.288	1.29	1.66	0.00	0.00
19	2019	521.08	511.87	511.87	521.08	526.830	-5.750	5.75	33.06	-0.01	0.01
20	2020	548.74	521.08	521.08	548.74	535.706	13.034	13.03	169.89	0.02	0.02
21	2021	571.96	548.74	548.74	571.96	562.362	9.598	9.60	92.13	0.02	0.02
22	2022	600.11	571.96	571.96	600.11	584.739	15.371	15.37	236.27	0.03	0.03

ប្រភពព័ត៌មាន៖ Excel Output

ដំណាក់កាលទី ១៖ (មើល Column ទី ៨, ៩, ១០, ១១, និង ១២)។

- នៅ Column ទី ៨ ជាការធ្វើប្រមាណវិធីដក នូវតម្លៃជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ជាមួយនឹងតម្លៃព្យាករណ៍ ដើម្បីមើលពីគម្លាតរវាងការពិត និងការព្យាករណ៍។

- នៅ Column ទី ៩ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ តម្លៃបានដករួចរាល់របស់ Column ទី ៨។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។
- នៅ Column ទី ១០ ជាការលើកតម្លៃ ដែលនៅ Column ទី ៨ ដាក់ ដើម្បីចាប់តម្លៃតូចៗ និងតូចបំផុតនៃគម្លាត។
- នៅ Column ទី ១១ ជាការធ្វើផលធៀបរវាងតម្លៃគម្លាត (et) និង តម្លៃទិន្នន័យជាក់ស្តែង (ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូល) ដោយយក et នីមួយៗ ចែកនឹង តួលេខនីមួយៗ។
- នៅ Column ទី ១២ ជាការដាក់តម្លៃដាច់ខាតលើ ផលធៀបបានគណនា របស់ Column ទី ១១ ។ នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានប្រើប្រាស់រូបមន្ត ដោយវាយ =abs ។

ដំណាក់កាលទី ២៖ ផ្តោតលើ Column ទី ៩, ១០, ១១ និង ១២ រាល់តម្លៃនីមួយៗនោះ នៃជួរនីមួយៗ ត្រូវរកផលបូករួមមួយ រួចត្រូវចែកនឹង ចំនួនទិន្នន័យក្នុងជួរនីមួយៗ (ដូចរូបមន្តបានបង្ហាញនៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ) ដោយវាយ =average មកសម្រួលការគណនា និងបានចម្លើយដូច ក្នុងតារាងទី ៣.២០ ខាងក្រោម។

តារាងទី៣.២០ តម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥នៃម៉ូដែល AR(1)

8.40	97.52	-0.0003	0.019	9.88
MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE

ប្រភពពី៖ Excel Output

សរុបមក តាមតារាងទី ៣.២០ ខាងលើ ការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Autoregressive មកព្យាករណ៍ គឺមានលម្អៀងដូចខាងក្រោម ដោយតាម៖

- MAD មាន 8.40
- MSE មាន 97.52
- MPE មាន -0.0003
- MAPE មាន 0.019
- RMSE មាន 9.88

៣.៤ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

បន្ទាប់ពីការគណនាតាមម៉ូដែលទាំង ៦ ដែលជារបៀបនៃការធ្វើការព្យាករណ៍ទៅតាមម៉ូដែលនីមួយៗ នៅទីនេះជាការចាប់ផ្តើមការប្រៀបធៀបនូវម៉ូដែលទាំង ៦ដើម្បីកំណត់ឱ្យឃើញថា តើម៉ូដែលមួយណា ជាម៉ូដែលល្អបំផុត ដោយឈរលើមូលដ្ឋានតម្លៃនៃលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនីមួយៗ។

តារាងទី ៣.២១ ខាងក្រោមនេះ ជាការតម្រៀបតម្លៃលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ របស់ម៉ូដែលនីមួយៗ ដើម្បីងាយក្នុងការប្រៀបធៀប៖

តារាងទី៣.២១ ការប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ របស់ម៉ូដែលទាំង ៦
(យកក្រោយក្បៀសចំនួន ៣ខ្ទង់)

Models	MAD	MSE	MPE	MAPE	RMSE
ACM	16.894	399.059	-0.042	0.043	19.976
RCM	17.950	460.126	-0.045	0.045	21.451
DMA(4)	16.063	337.784	-0.007	0.033	18.379
DES	8.667	138.161	0.007	0.022	11.754
HES	8.659	138.124	0.007	0.022	11.753
AR(1)	8.397	97.517	-0.0003	0.019	9.875

ដោយយោងតាមតារាងទី ៣.២១ ខាងលើ ម៉ូដែល AR(1) គឺមកជាមួយនូវតម្លៃលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រ MAD= 8.397, MSE= 97.517, MPE= -0.0003, MAPE= 0.019, និង RMSE= 9.875 ដែលសុទ្ធតែតូចជាងម៉ូដែលផ្សេងៗទាំងអស់ទាំង ៦ សម្រាប់ការធ្វើការព្យាករណ៍ទិន្នន័យប្រភេទ Trend ជាប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart។ ដូចនេះហើយ ម៉ូដែល Autoregressive ដោយលំដាប់ ១នេះ គឺជាម៉ូដែលដ៏ល្អបំផុត ជាម៉ូដែលសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍បាន។

ជាការពិត ទើបក្នុងពេលថ្មីៗនេះ យោងទៅតាមគេហទំព័រ ដែលបានទាញយកទិន្នន័យចំណូលប្រចាំឆ្នាំ ពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់ឆ្នាំ ២០២២ របស់ក្រុមហ៊ុន Walmart នៅចំណុច ៣.១ ខាងដើម ទើបតែបានចេញទិន្នន័យប្រចាំឆ្នាំ ២០២៣នេះ មានចំនួន ៦២២,០២ ពាន់លានដុល្លារ⁸² ប្រៀបធៀបនឹងការព្យាករណ៍តាមរយៈម៉ូដែល AR(1) នេះ មានក្នុងចំនួន ៦១១,៨៦៧ ពាន់លានដុល្លារ ក្នុងចំនួននេះហើយ ដែលវាមានភាពខុសគ្នាតិចប៉ុណ្ណឹង

Period	Year (Y)	Revenue (Billion) (X)	Lag 1	Lag 1 (X)	Revenue (Y)	Forecast
1	2001	212.12				
2	2002	239.76	212.12	212.12	239.76	237.961
3	2003	255.07	239.76	239.76	255.07	264.598
4	2004	280.36	255.07	255.07	280.36	279.352
5	2005	308.27	280.36	280.36	308.27	303.724
6	2006	340.49	308.27	308.27	340.49	330.621
7	2007	370.44	340.49	340.49	370.44	361.671
8	2008	404.04	370.44	370.44	404.04	390.534
9	2009	403.67	404.04	404.04	403.67	422.914
10	2010	419.17	403.67	403.67	419.17	422.558
11	2011	440.14	419.17	419.17	440.14	437.495
12	2012	464.41	440.14	440.14	464.41	457.704
13	2013	474.73	464.41	464.41	474.73	481.093
14	2014	483.79	474.73	474.73	483.79	491.038
15	2015	484.02	483.79	483.79	484.02	499.769
16	2016	484.6	484.02	484.02	484.6	499.991
17	2017	495.01	484.6	484.6	495.01	500.550
18	2018	511.87	495.01	495.01	511.87	510.582
19	2019	521.08	511.87	511.87	521.08	526.830
20	2020	548.74	521.08	521.08	548.74	535.706
21	2021	571.96	548.74	548.74	571.96	562.362
22	2022	600.11	571.96	571.96	600.11	584.739
23	2023		600.11	600.11		611.867

⁸² ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://companiesmarketcap.com/walmart/revenue/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៥ កក្កដា ២០២៣)

សមតាមតម្លៃលម្អៀងតូច ជាសក្ខីភាពគាំទ្រចំពោះការសន្និដ្ឋានដែលថា ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១នេះ ជាម៉ូដែលល្អបំផុត។

ទោះយ៉ាងនេះក្តី តម្លៃនៃលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ គ្រាន់តែជាមូលដ្ឋានមួយ សម្រាប់ចង្អុលបង្ហាញ ភាពចាំបាច់ក្នុងការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង ដូច្នេះហើយ នៅចំណុចបន្ទាប់ យោងតាមការពន្យល់នៅចំណុចរំលឹកទ្រឹស្តីគឺជា ការត្រួតពិនិត្យលើ ភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង របស់ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១នេះ។

៣.៥ ការត្រួតពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង

ដើម្បីបង្ហាញថា ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ ១នេះពិតជាសម្រាប់ ទិន្នន័យចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល គឺជានីតិវិធីទីមួយ និងបន្ទាប់មក ទើបមានការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង ដែលមានដូចខាងក្រោមតទៅនេះ៖

៣.៥.១ ការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល AR(1) (Model Fit)

នៅក្នុងការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល AR(1) នេះ ដូចបានពណ៌នានៅជំពូករំលឹកទ្រឹស្តីខាងលើ គឺប្រព្រឹត្តទៅជាមួយនឹង ទី ១ការគណនា Coefficient of Determination រឺ R-squared, ទី ២ ការគណនា Standard Error of Estimate និងទី ៣ ការតេស្តសម្មតិកម្ម នៅលើការចោទឡើងថា តើ β_1 នៅក្នុងសមីការបន្ទាត់ $\mu_y = \beta_0 + \beta_1 X$ អាចមានតម្លៃ សូន្យ រឺមិន។ ក្នុងការគណនាទាំងបីវិធីសាស្ត្រនេះ គឺមានការសម្រួលដោយកម្មវិធី Excel ជាមួយនឹងមុខងារ Data Analysis។

៣.៥.១.១ ការគណនា Coefficient of Determination រឺ R-squared

ក្នុងការគណនា មេគុណតម្រៃតម្រង់នេះ ជាការពិនិត្យមើលថា តើ អថេរចំណូលមួយគ្រាមុន (Lag 1) អាចពន្យល់ពីការប្រែប្រួលចំណូល បានដល់កម្រិតណា ហើយរូបមន្តនៃការគណនា មានបង្ហាញឡើងវិញដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

តាមរយៈការប្រើប្រាស់មុខងារ Data Analysis នៅក្នុងកម្មវិធី Excel (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៧ បង្ហាញ តារាង Summary Output) តម្លៃនៃមេគុណនេះ ត្រូវបានគណនាដោយពាក្យថា R square ហើយមានតម្លៃស្មើ ០,៩៩០៣០៨១២១។ នេះបានន័យថា អថេរចំណូលមួយគ្រាមុន (Lag 1) តាងដោយ X ពិតជាអាចពន្យល់ពីការប្រែប្រួលចំណូល តាងដោយ Y បានដល់ទៅ ៩៩%។

៣.៥.១.២ ការគណនា Standard Error of Estimate

ក្នុងការគណនា Standard Error of Estimate គឺការមើលពីគម្លាតថាតើ អថេរ X អាចពន្យល់ ដោយមាន ចន្លោះប៉ុន្មាន ពីការប្រែប្រួលដែល អថេរ Y ទទួលបានឥទ្ធិពល ហើយរូបមន្តសម្រាប់ការគណនាមានបង្ហាញឡើង វិញដូចខាងក្រោមនេះ៖

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - b_0 \sum Y - b_1 \sum XY}{n - 2}}$$

តាមរយៈការប្រើប្រាស់មុខងារ Data Analysis នៅក្នុងកម្មវិធី Excel (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៧ បង្ហាញ តារាង Summary Output) តម្លៃរបស់ Standard Error នៅក្នុង Regression Statistics ដែលមានតម្លៃស្មើ ១០,៣៨ បានសេចក្តីថា ការពន្យល់ពីការប្រែប្រួលនៃអថេរ Y ដែលឥទ្ធិពលពីអថេរ X ប្រព្រឹត្តទៅដោយមានចន្លោះ ប្រហែលត្រឹម ១០,៣៨ ប៉ុណ្ណោះ។

៣.៥.១.៣ ការតេស្តសម្មតិកម្មតាម F-test

ក្នុងការតេស្តសម្មតិកម្មនេះ គឺការដាក់ការព្រួយបារម្ភលើ អញ្ញត្តិ β_1 ដែលយ៉ាងណាវាមិនអាចស្មើសូន្យបាន ឡើយ ហើយតាមក្បួនគណិតវិទ្យា វានឹងធ្វើឱ្យបាត់បង់ភាពជាបន្ទាត់ទ្រេតនៃទំនាក់ទំនងក្នុងម៉ូដែល $AR(1)$ នេះ នៅក្នុងទិន្នន័យសកលស្ថិតិ ពេលគឺគ្មានទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ X និង Y ។ ដូច្នេះ ដូចបានពន្យល់នៅក្នុងជំពូក រំលឹកទ្រឹស្តី សម្មតិកម្មសម្រាប់តេស្តនៅទីនេះ គឺ

- $H_0: \beta_1 = 0$
- $H_1: \beta_1 \neq 0$

ដើម្បីតេស្តសម្មតិកម្មនេះ គឺត្រូវចាប់ផ្តើមដោយការគណនា F តាមរូបមន្តខាងក្រោម និងដោយផ្អែកតាម តារាង Summary Output នៅក្នុងតារាងកង់ទី ២ ហៅ ANOVA (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៧ បង្ហាញ តារាង Summary Output) ហើយបានតម្លៃ F ស្មើ ១៩៤១,៤០៤។ ដីក្រេសេរីនៃ MSR មានចំនួន ១ រីឯដីក្រេសេរីនៃ MSE មានចំនួន ១៩។ តម្លៃអាល់ហ្វាត្រូវបានកំណត់យកត្រឹម ០,០៥។ ដូចនេះត្រូវប្រៀបធៀបតម្លៃ F និង $F_{0.05}$ ហើយតម្លៃដីក្រេសេរីទាំងពីរ ត្រូវមើលតារាង F Distribution ដើម្បីបានតម្លៃ $F_{0.05}$ នេះ។ ដូចនេះ $F_{0.05} = ៤,៣៨$ ។ (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ១.១ តារាង F Distribution)

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

បានដូចនេះហើយ តម្លៃ F ស្មើ ១៩៤១,៤០៤ ពិតជាធំជាង $F_{0.05} = ៤,៣៨$ ជាវិធាននាំឱ្យអាចបដិសេធ សម្មតិកម្ម H_0 ឆ្ពោះទៅទទួលយក $H_1: \beta_1 \neq 0$ ។ ដូចនេះ អញ្ញត្តិ β_1 ដែលជាចំណោតនៃបន្ទាត់សមីការក្នុង ទិន្នន័យសកលស្ថិតិមិនមានតម្លៃសូន្យ ហើយទំនាក់ទំនងរវាងអថេរធីតា និងអថេរឥទ្ធិពលត្រូវបានរក្សា។

ដោយបង្កើតឡើងនៅក្នុងកម្មវិធី Excel យោងតាមការគណនា Coefficient of Determination, Standard Error of Estimate និងការធ្វើតេស្តសម្មតិកម្ម ខាងលើ ម៉ូដែល AR(1) នេះពិតជាសក្តិសមសម្រាប់ទិន្នន័យចំណូល របស់ក្រុមហ៊ុន Walmart យ៉ាងប្រាកដ។

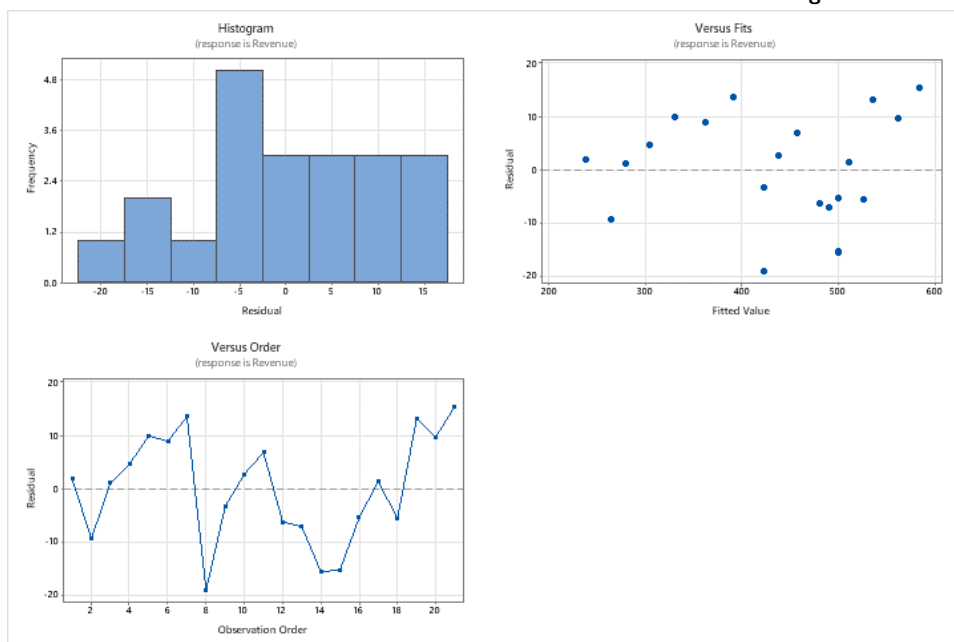
៣.៥.២ ការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌទាំងបីនៃលម្អៀង (Residual Check)

ការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌទាំងបីនៃលម្អៀងនេះ គឺមានការគណនាជាចម្បងលើភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃទិន្នន័យចំណូលគ្រាបច្ចុប្បន្ន (តម្លៃពិត) និងតម្លៃព្យាករណ៍នៃចំណូល ហើយវាត្រូវបានវិភាគក្រោមការផ្ទៀងផ្ទាត់នូវលក្ខខណ្ឌចំនួន ៣ យ៉ាង៖

១. លម្អៀងនេះសង់ជាក្រាប Histogram មានរូបជា ជួង Bell shape (Histogram)
២. លម្អៀងនេះប្រែប្រួលចេញតាមការប្រែប្រួលតម្លៃព្យាករណ៍ (Versus Fits)
៣. លម្អៀងនេះមានភាពឯករាជ្យតាមការប្រែប្រួលនៃពេលវេលា (Versus Order)

ការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌទាំង ៣ខាងលើ ដោយមានការសម្របសម្រួលនៅក្នុងកម្មវិធី Minitab ដូចរូបភាពទី ៣.១៣ ខាងក្រោម ហើយផ្អែកតាមរូបភាពនេះ វាបានបង្ហាញឱ្យឃើញដូចខាងក្រោម៖

រូបភាពទី៣.១៣ បង្ហាញពីការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌទាំង ៣នៃលម្អៀង



ប្រភពព័ត៌មាន៖ Minitab Output (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៨ពីរបៀបផលិតចម្លើយ)

ចំពោះលក្ខខណ្ឌទី ១ (មើលរូបក្រាប Residual Histogram) តម្លៃនៃលម្អៀងពិតមិនបានបង្ហាញជារូបរាងស្រដៀង Bell Shape ឡើយដែលបញ្ជាក់ថាលម្អៀងមានភាពប្រហាក់ប្រហែលណាស់។

ចំពោះលក្ខខណ្ឌទី ២ (មើលរូបក្រាប Versus Fits) តម្លៃនៃលម្អៀងពិតបាននៅរាយប៉ាយថេរ ទៅតាមតម្លៃព្យាករណ៍ ដែលបញ្ជាក់ថារ៉ង់នៃលម្អៀងថេរ។

ចំពោះលក្ខខណ្ឌទី ៣ (មើលរូបក្រាប Versus Order) តម្លៃនៃលម្អៀងពិតបានបង្ហាញ ពី ដំណើរឡើងចុះទៅតាមលំដាប់នៃពេលវេលា ដូចនេះលម្អៀងមានទំនាក់ទំនងឯករាជ្យ។

សរុបសេចក្តីមក តាមការពិនិត្យលើភាពសក្តិសមនៃម៉ូដែល និងលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងទាំង ៣ លក្ខខណ្ឌសម្រាប់ម៉ូដែល AR(1) នេះ គឺបាននាំឲ្យអ្នកសិក្សាយោងទៅធ្វើសេចក្តីសន្និដ្ឋានបានថា ម៉ូដែល AR(1) នេះពិតជាសម្រាប់ទិន្នន័យចំណូលនេះយ៉ាងឥតសង្ស័យឡើយ។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

និងការផ្តល់អនុសាសន៍

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

សរុបសេចក្តីមក ការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើក្រុមហ៊ុន Walmart បានរំលេចឱ្យឃើញថា Walmart គឺជាផ្សារលក់រាយដ៏ជោគជ័យមួយនៅសហរដ្ឋអាមេរិក និងបានពង្រីកសាខាជាច្រើន ព្រមទាំងបានចូលទីផ្សារអន្តរជាតិផងដែរ។ ជាការគួរឱ្យកត់សំគាល់គឺ លោក Sam Walton គឺមិនត្រឹមតែជាស្ថាបនិកបង្កើតផ្សារលក់រាយតែម្យ៉ាងប៉ុណ្ណោះទេ តែលោកត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ផងដែរថា ជាអ្នកធ្វើបដិវត្តក្នុងវិស័យផ្សារលក់រាយនេះតែម្តង ដោយមើលលើចក្ខុវិស័យ និងបេសកកម្មរបស់ Walmart ដែលបានតែងតែដាក់ការយកចិត្តទុកដាក់ខ្ពស់លើការផ្គត់ផ្គង់ទំនិញ និងផលិតផលជាច្រើនក្នុងតម្លៃទាប ហើយតែងបានបំពេញចិត្តអតិថិជនបានយ៉ាងប្រសើរតាមរយៈយុទ្ធសាស្ត្រផ្គត់ផ្គង់។ ហើយបន្ថែមលើនេះទៀតក៏មានទាំងសេវាកម្មមួយចំនួនផ្សេងទៀតផងដែរដើម្បីធ្វើយ៉ាងណាបានបម្រើដល់សេចក្តីត្រូវការរបស់អតិថិជនឱ្យបានជាអតិបរមា។ ហើយពិតណាស់អ្វីដែលជាសក្ខីកម្មនៃការលើកឡើងទាំងអស់នេះគឺបានស្តែងចេញពីកម្រិតប្រាក់ចំណូលរបស់ Walmart តែងមានការកើនឡើង ក្នុងចំនួនគ្រាភាគច្រើន ដែលសូម្បីក្នុងពេលជួបវិបត្តិកូវីដ ១៩ ក៏ដោយ។

បន្ទាប់មកគឺជាការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យលើចំណូលប្រចាំឆ្នាំទាំង ២២គ្រាពីឆ្នាំ ២០០១ ទល់នឹងឆ្នាំ ២០២២ ហើយបានកំណត់ឃើញជាប្រភេទ Trend។ បានដូចនេះទើបបានចូលការប្រើម៉ូដែលព្យាករណ៍ទាំង ៦ សម្រាប់ប្រភេទទិន្នន័យ Trend មានម៉ូដែល ACM, ម៉ូដែល RCM, ម៉ូដែល DMA(4), ម៉ូដែល DES, ម៉ូដែល HES, និងម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់១ រឺAR(1) និងបន្ទាប់មកគឺជាការវាស់លម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមរយៈវិធីសាស្ត្រទាំង ៥មាន MSE, MAD, MAPE, MPE, និងRMSE ហើយអ្នកស្រាវជ្រាវក៏បានរកឃើញថា ម៉ូដែល AR(1) គឺជាម៉ូដែលព្យាករណ៍ដ៏ល្អជាងគេ ដោយមានលម្អៀងតូចជាងគេពោលគឺ MSE=97.517, MAD=8.397, MAPE=0.019, MPE=-0.0003, និងRMSE=9.875។

បន្ថែមលើការវាស់កម្រិតលម្អៀងនេះ ម៉ូដែលព្យាករណ៍ AR(1) នេះទាមទារតាមដានលើ ភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែលដែលនៅក្នុងនេះនូវវិធីសាស្ត្រចំនួន ៣គឺការគណនា Coefficient of Determination ហើយវាបានបង្ហាញថា អថេរចំណូលមួយគ្រាមុន (Lag 1)តាងដោយ X ពិតជាអាចពន្យល់ពីការប្រែប្រួលចំណូលតាងដោយ Y បានដល់ទៅ ៩៩%, Standard Error of Estimate ហើយបានបង្ហាញថា ការពន្យល់ពីការប្រែប្រួលនៃអថេរ Y ដែលរងឥទ្ធិពលពីអថេរ X ប្រព្រឹត្តទៅដោយមានចន្លោះប្រហែលត្រឹម ១០,៣៨, ជាពិសេសនិងយ៉ាងសំខាន់គឺការតេស្តសម្មតិកម្មតាម F-test ហើយវាបានបដិសេធភាពអាចទៅរួចដែលថា ចំណោតសមីការបន្ទាត់ក្នុងសកលស្ថិតិនៃទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ Walmart អាចស្មើនឹង ០ ពោលគឺទទួលយក $H_1: \beta_1 \neq 0$ ។ ជាមួយគ្នានេះ វាក៏ទាមទារការពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់របស់លម្អៀងថែមទៀតដែលមាន ៣លក្ខខណ្ឌដែលក្នុងនោះ

លក្ខខណ្ឌដែលតម្រូវឱ្យតម្លៃលម្អៀងបង្ហាញក្នុងក្រាប Histogram លេចជារូបរាង Bell Shape មិនត្រូវបានបំពេញ ក៏ប៉ុន្តែលក្ខខណ្ឌទី១នេះ មិនបង្កឱ្យមានការឈានទៅកែប្រែសមីការព្យាករណ៍ជារៀងបន្ទាត់នោះទេ ចំណែកឯលក្ខខណ្ឌទី ២ និងទី៣ ត្រូវបានបំពេញយ៉ាងប្រសើរ។

ដែលដូចនេះ ទាំងតម្លៃលម្អៀងតាមការវាស់ពីវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ ព្រមទាំងការពិចារណាលើភាពសក្តិសមរបស់ម៉ូដែល និងការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងទាំង ៣ ម៉ូដែលព្យាករណ៍ $AR(1)$ គឺពិតជាសម្រាប់ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលដែលមានប្រភេទទិន្នន័យជា Trend នេះពិតប្រាកដមែន។ ជាមួយ ម៉ូដែលព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យដែលពិតជាសម្រាប់ទិន្នន័យប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Walmart គឺ ម៉ូដែល Autoregressive មានលំដាប់ ១ រឺហៅកាត់ថា $AR(1)$ ។

២. អនុសាសន៍

ដោយលទ្ធផលនៅក្នុងសិក្សាស្រាវជ្រាវនៃប្រធានបទមួយនេះនៅមានកំណត់ ព្រោះតែទិន្នន័យដែលប្រមូលបានពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុននៅមានចំនួនតិចតួចនៅឡើយ។ ម្យ៉ាងទៀត ការព្យាករណ៍ខាងលើនេះ បានប្រើប្រាស់ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យតែមួយប៉ុណ្ណោះ។ អ្នកសិក្សាបានសង្កេតឃើញថានៅក្នុងបរិបទសង្គមនៃការរីករាលដាលនៃជំងឺកូវីដ-១៩ ការប្រែប្រួលមិនទៀងទាត់ពិតមែនជាការត្រូវតែយកចិត្តទុកដាក់ខ្ពស់ ក៏ប៉ុន្តែលក្ខណៈនៃព្រឹត្តិការណ៍ រឺជាស្ថានភាពដូចនេះហើយដែលទិន្នន័យជាលេខតែម្យ៉ាងមិនគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ទទួលបានជាប្រយោជន៍គ្រប់គ្រាន់ពីការព្យាករណ៍ នាំឱ្យការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យតែមួយមុខហាក់នៅមានកម្រិតដែលនេះជាហេតុតម្រូវឱ្យម្ចាស់អាជីវកម្ម ប្រើប្រាស់នៅការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យរួមបញ្ចូលគ្នា។ ដូច្នេះ ដើម្បីឱ្យលទ្ធផលអាចអនុវត្តបាន និងជាអនុសាសន៍សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវលើកក្រោយជាបន្តបន្ទាប់ទៀត អ្នកស្រាវជ្រាវគួរ៖

- ធ្វើការព្យាករណ៍ដោយបញ្ចូលគ្នារវាងការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ និងការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ។
- ប្រមូលទិន្នន័យឱ្យបានកាន់តែច្រើនឆ្នាំបន្ថែមទៀត និងមានប្រភពច្បាស់លាស់សម្រាប់យកមកធ្វើការព្យាករណ៍។
- ពិចារណាប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍ថ្មីៗបន្ថែមទៀតដូចជា ម៉ូដែល Time Linear Regression ឬ ARIMA ជាដើម ដើម្បីឱ្យលទ្ធផលអាចយកទៅអនុវត្តបានកាន់ល្អ។

ឯកសារយោង

ឯកសារយោង

ឯកសារជកស្រង់ពីសៀវភៅ អត្ថបទសិក្សា ៖

- Abraham, B. & Johannes, L. (1983). *Statistical methods for forecasting*. Wiley.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W., (2019). *Essentials of modern business statistics*. Cengage Learning.
- Berenson, M. L., Levine, D. M., Szabat, K. A., & Stephan, D. F., (2019). *Basic business statistics concepts and applications*. Pearson.
- Black, K. (2019). *Business statistics for contemporary decision making*. Wiley.
- Calberg, C. (2016). *Excel sales forecasting for dummies*. For Dummies.
- D, Ray. (2017). *Principles*. Simon & Shuster.
- Groebner, D. F., Shannon, P. W., Fry, P. C., & Smith, K. D., (2011). *Business statistics a decision making approach*. Pearson.
- Hanke, J. E., & Wichern, D.W., (2009). *Business forecasting*. Pearson.
- Hoshmand, A. R., (2010). *Business forecasting a practical approach*. Routledge.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting principles and practice*. OTexts.
- Lancaster, G. A., & Lomas, R. A., (1985). *Forecasting for sales and material management*. Palgrave Macmillan.
- Morlidge, S. & Player, S. (2010). *Future ready: how to master business forecasting*. Wiley.
- Sharpe, N. R., De Veaux, R. D., & Velleman, P. F., (2021). *Business statistics*. Pearson.
- Stevenson, W. J., (2021). *Operations management*. McGraw-Hill Education.
- Tikhonova, M. (2021). Financial Analysis of Walmart and Costco in 2017-2018. In Dr. E. Embang & Dr. D. Alieva (Eds.), *Yong Scientist: The collection of articles of students of Management development institute of Singapore in Tashkent* (pp. 105-106). MDIS. Uzbekistan.
- Vandeput, N. (2021). *Data science for supply chain forecasting*. De Gruyter.
- Wilson, J. H., & Keating, B. (2008). *Business forecasting with ForecastX*. McGraw-Hill Education.

ឯកសារជកស្រង់ពីគេហទំព័រ

- 2.2 Partial Autocorrelation Function (PACF) | STAT 510. (n.d.). PennState: Statistics Online

Courses. Retrieved June 3, 2023, from <https://online.stat.psu.edu/stat510/lesson/2/2.2>

3.5—*The Analysis of Variance (ANOVA) table and the F-test* | STAT 462. (n.d.). Retrieved February 28, 2023, from <https://online.stat.psu.edu/stat462/node/107/>

4.2—*Residuals vs. Fits Plot* | STAT 462. (n.d.). Retrieved April 27, 2023, from <https://online.stat.psu.edu/stat462/node/117/>

7.4—*Assessing the Model Assumptions* | STAT 501. (n.d.). PennState: Statistics Online Courses. Retrieved May 1, 2023, from <https://online.stat.psu.edu/stat501/lesson/7/7.4>

ANOVA 3: Hypothesis test with F-statistic (video) | Khan Academy. (n.d.). Retrieved June 11, 2023, from <https://www.khanacademy.org/math/probability/statistics-inferential/anova/v/anova-2-calculating-ssw-and-ssb-total-sum-of-squares-within-and-between-avi>

Assessing Normality. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://sites.utexas.edu/sos/normal/>

Autoregression—Explained. (n.d.). The Business Professor, LLC. Retrieved March 28, 2023, from <https://thebusinessprofessor.com/research-analysis-decision-science/autoregression-definition>

Brandon Rohrer (Director). (2018, April 9). *How autocorrelation works*. <https://www.youtube.com/watch?v=ZjaBn93YPWo>

Degrees of Freedom by Chong Ho Yu. (n.d.). Retrieved February 27, 2023, from <https://creative-wisdom.com/computer/sas/df.html>

Error Term: Definition, Example, and How to Calculate With Formula. (n.d.). Investopedia. Retrieved June 13, 2023, from <https://www.investopedia.com/terms/e/errorterm.asp>

Frost, J. (2017, September 29). Degrees of Freedom in Statistics. *Statistics By Jim*. <http://statisticsbyjim.com/hypothesis-testing/degrees-freedom-statistics/>

Guide to Autoregressive Model: Forecasting Future Behavior. (n.d.). Retrieved June 11, 2023, from <https://www.turing.com/kb/guide-to-autoregressive-models>

Jalayer Academy (Director). (2013, April 19). *Excel—Simple Linear Regression*. <https://www.youtube.com/watch?v=Cltt47Ah3Q4>

Khan Academy (Director). (2010a, November 13). *ANOVA 1: Calculating SST (total sum of squares)* | Probability and Statistics | Khan Academy. https://www.youtube.com/watch?v=EFdlFoHI_0I

Khan Academy (Director). (2010b, November 13). *ANOVA 3: Hypothesis test with F-statistic* | Probability and Statistics | Khan Academy. https://www.youtube.com/watch?v=Xg8_iSkJpAE

Kumar, A. (2022, August 23). Different types of Time-series Forecasting Models. *Data Analytics*. <https://vitalflux.com/different-types-of-time-series-forecasting-models/>

Maths Doctor (Director). (2011a, October 18). *1.11 Time Series- exponential smoothing*. <https://www.youtube.com/watch?v=J4iODLa9hYw>

Maths Doctor (Director). (2011b, October 18). *1.12 Time Series- moving averages*. <https://www.youtube.com/watch?v=oR5kbfdO10A>

CrashCourse (Director). (2018, October 4). *Regression: Crash Course Statistics #32*. <https://www.youtube.com/watch?v=WWqE7YHR4Jc>

Daines, R. (n.d.). *LibGuides: Statistics Resources: Alpha & Beta*. Retrieved July 1, 2023, from <https://resources.nu.edu/statsresources/alphabeta>

How to read a Regression Table. (2019, March 31). FreeCodeCamp.Org. <https://www.freecodecamp.org/news/https-medium-com-sharadvn-how-to-read-a-regression-table-661d391e9bd7-708e75efc560/>

Khan Academy (Director). (2010b, November 6). *R-squared or coefficient of determination | Regression | Probability and Statistics | Khan Academy*. <https://www.youtube.com/watch?v=lng4ZgConCM>

Khan Academy (Director). (2017, May 25). *Introduction to residuals and least squares regression*. <https://www.youtube.com/watch?v=yMgFHbjbAW8>

Moving Average (MA): Purpose, Uses, Formula, and Examples. (n.d.). Investopedia. Retrieved February 4, 2023, from <https://www.investopedia.com/terms/m/movingaverage.asp>

Naïve Forecasting—How to Use? (n.d.). Retrieved March 27, 2023, from <https://www.averecast.com/post/naive-forecasting>

Normal Probability Plot. (n.d.). Retrieved July 4, 2023, from <https://sixsigmastudyguide.com/normal-probability-plot/>

Partial Autocorrelation Function | Real Statistics Using Excel. (n.d.). Retrieved June 11, 2023, from <https://real-statistics.com/time-series-analysis/stochastic-processes/partial-autocorrelation-function/>

PV, T. H., Ramana. (2014, March 29). Normal Probability Plot. *Six Sigma Study Guide*. <https://sixsigmastudyguide.com/normal-probability-plot/>

Sergio Garcia, PhD (Director). (2020, November 10). *Interpreting Linear Regression Results*. <https://www.youtube.com/watch?v=rLkysIyO7-U>

Zach. (2021, March 12). P-Value vs. Alpha: What's the Difference? *Statology*. <https://www.statology.org/p-value-vs-alpha/>

zedstatistics (Director). (2011, November 22). *Introduction to REGRESSION! | SSE, SSR, SST | R-squared | Errors (ϵ vs. E)*. <https://www.youtube.com/watch?v=aq8VU5KLmkY>

zedstatistics (Director). (2018, November 7). *Regression assumptions explained!* <https://www.youtube.com/watch?v=0MFpOQRY0rw>

admin. (2020, August 3). Walmart Logo meaning and History, Logo Designer and Company behind it. *Animationvisarts*. <https://animationvisarts.com/walmart-logo-meaning-history/>

CrashCourse (Director). (2018, October 4). *Regression: Crash Course Statistics #32*. <https://www.youtube.com/watch?v=WWqE7YHR4Jc>

Cuofano, G. (2023, June 12). *Walmart Mission Statement and Vision Statement*. FourWeekMBA. <https://fourweekmba.com/walmart-vision-statement-mission-statement/>

dataminingincae (Director). (2015, August 31). *Video 3: Model Fit*. <https://www.youtube.com/watch?v=9L7r3Uc4fGU>

Editor, M. B. (n.d.). *Understanding Hypothesis Tests: Significance Levels (Alpha) and P values in Statistics*. Retrieved May 6, 2023, from <https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/understanding-hypothesis-tests-significance-levels-alpha-and-p-values-in-statistics>

jbstatistics (Director). (2014, January 28). *The Sample Variance: Why Divide by $n-1$?* <https://www.youtube.com/watch?v=9ONRMymR2Eg>

Khan Academy (Director). (2012, November 21). *Review and intuition why we divide by $n-1$ for the unbiased sample | Khan Academy*. <https://www.youtube.com/watch?v=KkaU2ur3Ymw>

Polanitzer, R. (2022, May 18). Time-Series Methodologies — Part 1: Single Moving Average and Error Estimation. *Medium*. <https://medium.com/@polanitzer/time-series-methodologies-part-1-single-moving-average-and-error-estimation-34b6518797a8>

Residual plots in Minitab. (n.d.). [Mtbconcept]. Retrieved May 4, 2023, from <https://support.minitab.com/en-us/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/regression/supporting-topics/residuals-and-residual-plots/residual-plots-in-minitab/>

Residual Values (Residuals) in Regression Analysis. (n.d.). Statistics How To. Retrieved May 4, 2023, from <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/residual/>

Residuals and Residual Plots. (n.d.). Retrieved May 4, 2023, from https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/199697_e15e9b43c7aa44a0b900c4e9f3de34db.html

ritvikmath (Director). (2019, April 11). *Time Series Talk: Autocorrelation and Partial Autocorrelation*. <https://www.youtube.com/watch?v=DeORzP0go5I>

S.3.1 Hypothesis Testing (Critical Value Approach) | STAT ONLINE. (n.d.). PennState: Statistics Online Courses. Retrieved June 11, 2023, from <https://online.stat.psu.edu/statprogram/reviews/statistical-concepts/hypothesis-testing/critical-value-approach>

Steven Bradburn (Director). (2020, March 18). *Testing For Normality—Clearly Explained.* <https://www.youtube.com/watch?v=02I84i8Knas>

Types Of Forecasting Models | Institute of Business Forecasting. (n.d.). Retrieved May 7, 2023, from <https://ibf.org/knowledge/posts/what-types-of-forecasting-models-are-available-4>

Understanding Partial Auto-correlation And The PACF. (2021, May 27). *Time Series Analysis, Regression, and Forecasting.* <https://timeseriesreasoning.com/contents/partial-auto-correlation/>

Vandeput, N. (2021, July 30). *Simple exponential smoothing.* Medium. <https://towardsdatascience.com/simple-exponential-smoothing-749fc5631bed>

Walmart. (2023). In *Wikipedia.* <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Walmart&oldid=1135794347>

Walmart Logo Design – History, Meaning and Evolution | Turbologo. (2019, September 14). *Design, Branding and Business – The Official Turbologo Blog.* <https://turbologo.com/articles/walmart-logo/>

Walmart (WMT)—Revenue. (n.d.). Retrieved January 27, 2023, from <https://companiesmarketcap.com/walmart/revenue/>

What Are Autoregressive Models? How They Work and Example. (n.d.). Investopedia. Retrieved March 28, 2023, from <https://www.investopedia.com/terms/a/autoregressive.asp>

What Is Business Forecasting? | Institute Of Business Forecasting. (n.d.). Retrieved May 7, 2023, from <https://ibf.org/knowledge/posts/what-is-business-forecasting-and-why-is-it-valuable-2-43>

What Makes a Trend a Trend? (2019, September 3). Envato. <https://www.envato.com/blog/what-is-a-trend/>

Why Do Businesses Need Forecasts? Institute of Business Forecasting. (n.d.). Retrieved May 7, 2023, from <https://ibf.org/knowledge/posts/why-forecasting-8>

Why do we use $n-1$ for degrees of freedom when estimating variance in populations, and not in the sample? (n.d.). Quora. Retrieved February 27, 2023, from <https://www.quora.com/Why-do-we-use-n-1-for-degrees-of-freedom-when-estimating-variance-in-populations-and-not-in-the-sample>

Zach. (2020, January 8). The Four Assumptions of Linear Regression. *Statology*.
<https://www.statology.org/linear-regression-assumptions/>

zedstatistics (Director). (2017, April 3). *Variance and Standard Deviation: Why divide by n-1?* https://www.youtube.com/watch?v=wpY9o_OyxoQ

All Departments. (n.d.). Walmart.Com. Retrieved July 10, 2023, from
<https://www.walmart.com/all-departments>

Andrea Albright. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/andrea-albright>

Board of Directors. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/about/board-of-directors>

Bud Walton. (2023). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bud_Walton&oldid=1153493660

Cedric Clark. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/cedric-clark>

Cheryl Ainoa. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/cheryl-ainoa>

Christopher Davis. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/photos/christopher-davis>

Dan Bartlett—Executive Vice President, Corporate Affairs. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/dan-bartlett>

Dan Bryant. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/dan-bryant>

David Guggina. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/david-guggina>

Denise Malloy. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/denise-malloy>

Donna Morris—Executive Vice President, Chief People Officer, Walmart Inc. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/leadership/donna-morris>

Doug McMillon. (2023). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Doug_McMillon&oldid=1162316541

History. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from
<https://corporate.walmart.com/about/history>

John David Rainey—Executive Vice President and Chief Financial Officer, Walmart. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/john-david-rainey>

John Furner, President and CEO, Walmart U.S. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/john-furner/>

Judith McKenna. (2023). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Judith_McKenna&oldid=1156671676

Kathryn McLay. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/kathryn-mclay>

Rachel Brand, Executive Vice President of Global Governance, Chief Legal Officer and Corporate Secretary. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/rachel-brand>

Sam Walton. (2023). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sam_Walton&oldid=1155533706

Srini Venkatesan—Executive Vice President, U.S. Omni Tech. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/srini-venkatesan>

Suresh Kumar—Executive Vice President, Global Chief Technology Officer and Chief Development Officer, Walmart Inc. (n.d.). Corporate - US. Retrieved July 10, 2023, from <https://corporate.walmart.com/leadership/suresh-kumar>

Target Corporation. (2023). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Target_Corporation&oldid=1163103226

Walmart Competitors. (n.d.). Comparably. Retrieved July 10, 2023, from <https://www.comparably.com/companies/walmart/competitors>

Walmart Core Values | Walmart Careers. (n.d.). Retrieved July 10, 2023, from <https://careers.walmart.com/values>

Walmart Logo and symbol, meaning, history, PNG, brand. (n.d.). Retrieved July 10, 2023, from <https://1000logos.net/walmart-logo/>

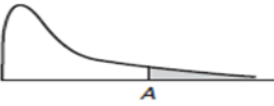
Walmart Services. (n.d.). Walmart.Com. Retrieved July 10, 2023, from <https://www.walmart.com/services>

Walmart—Org Chart, Teams, Culture & Jobs. (n.d.). THE ORG. Retrieved July 10, 2023, from <https://theorg.com/org/walmart>

ឧបសម្ព័ន្ធ

ឧបសម្ព័ន្ធ ១.១

តារាង F Distribution

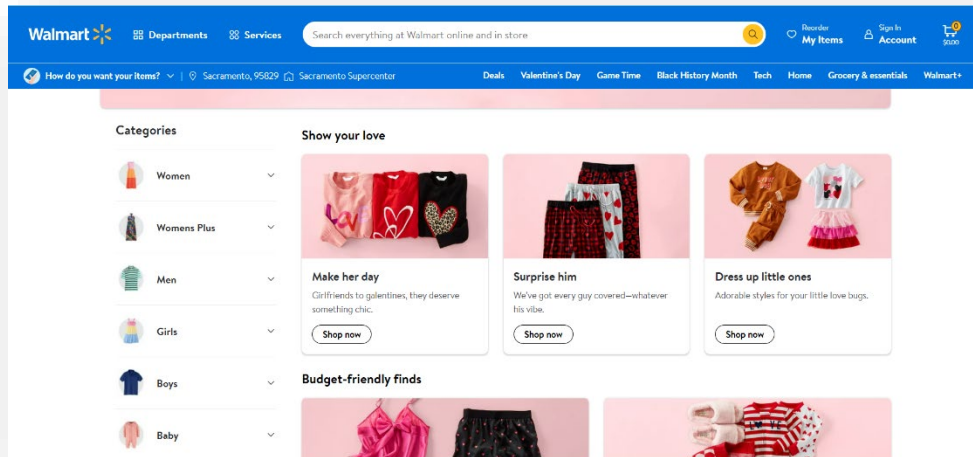
TABLE B-5 F Distribution										
										
For example, the F scale value for $\delta_1 = 3$, $\delta_2 = 10$ corresponding to area .01 in right tail is 6.55. F value corresponding to area .05 in right tail in lightface type. F value corresponding to area .01 in right tail in boldface type.										
δ_2 , Denominator Degrees of Freedom	δ_1 , Numerator Degrees of Freedom									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	4.052	4.999	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981	6.022	6.056
3	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37	19.38	19.39
4	98.49	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40
5	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78
6	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23
7	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
8	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.54
9	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.78	4.74
10	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.45	10.29	10.15	10.05
11	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
12	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87
13	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63
14	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00	6.84	6.71	6.62
15	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.34
16	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.19	6.03	5.91	5.82
17	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13
18	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.62	5.47	5.35	5.26
19	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.97
20	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.21	5.06	4.95	4.85
21	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.86
22	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.88	4.74	4.63	4.54
23	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.92	2.85	2.80	2.76
24	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.65	4.50	4.39	4.30
25	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.84	2.77	2.72	2.67
26	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10
27	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.77	2.70	2.65	2.60
28	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94
29	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.70	2.64	2.59	2.55
30	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80
31	4.49	3.66	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
32	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69
33	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.50	2.45
34	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59
35	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
36	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.85	3.71	3.60	3.51
δ_2 , Denominator Degrees of Freedom	δ_1 , Numerator Degrees of Freedom									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55	2.48	2.43	2.38
20	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43
21	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52	2.45	2.40	2.35
22	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.71	3.56	3.45	3.37
23	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
24	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.65	3.51	3.40	3.31
25	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47	2.40	2.35	2.30
26	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26
27	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.45	2.38	2.32	2.28
28	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21
29	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43	2.36	2.30	2.26
30	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.25	3.17
31	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.41	2.34	2.28	2.24
32	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.21	3.13

Source: Abridged by permission from *Statistical Methods*, 7th ed., by George W. Snedecor and William G. Cochran. Copyright © 1980 by the Iowa State University Press, Ames, Iowa.

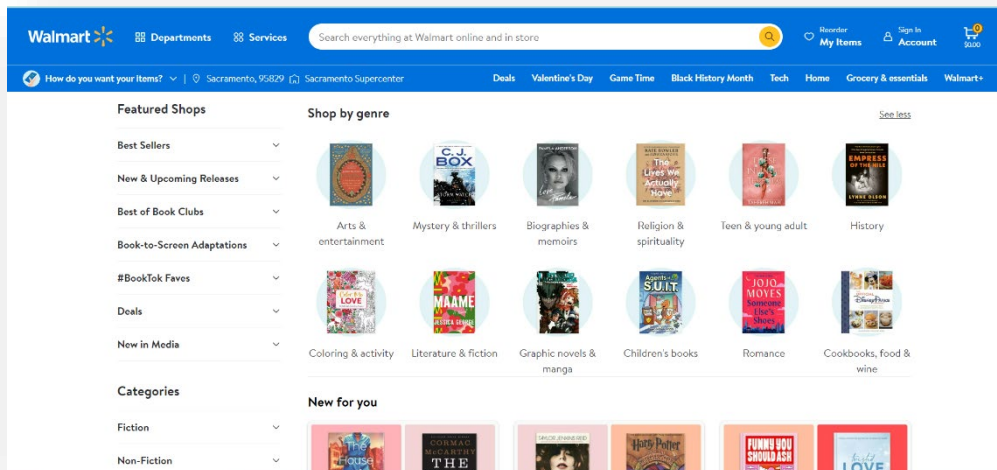
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខងារនិព្វា Walmart

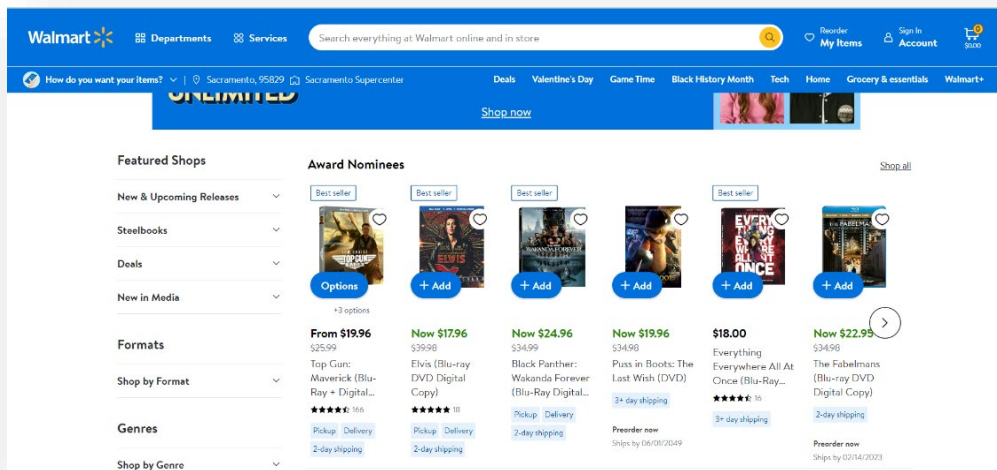
ផ្នែកសម្លៀកបំពាក់ ស្បែកជើង និងគ្រឿងបន្ថែមផ្សេងៗ



ផ្នែក សៀវភៅ



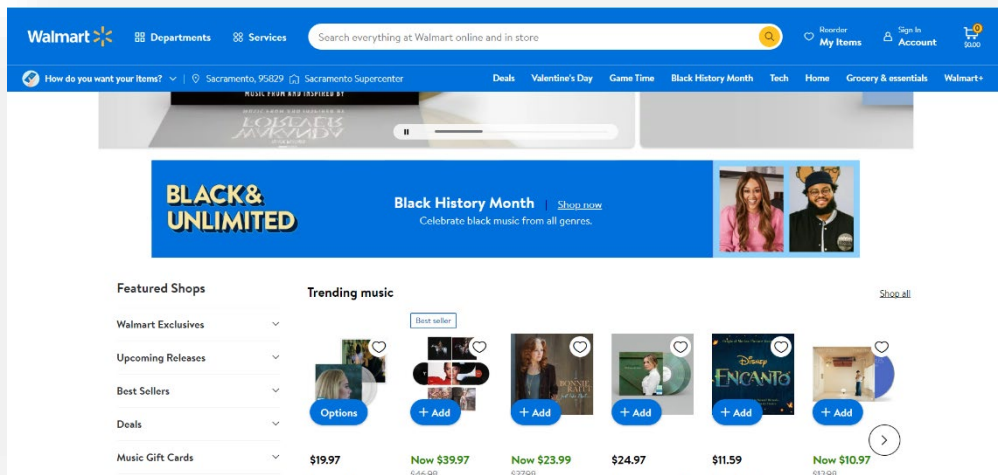
ផ្នែក ភាពយន្ត និង កម្មវិធីទូរទស្សន៍



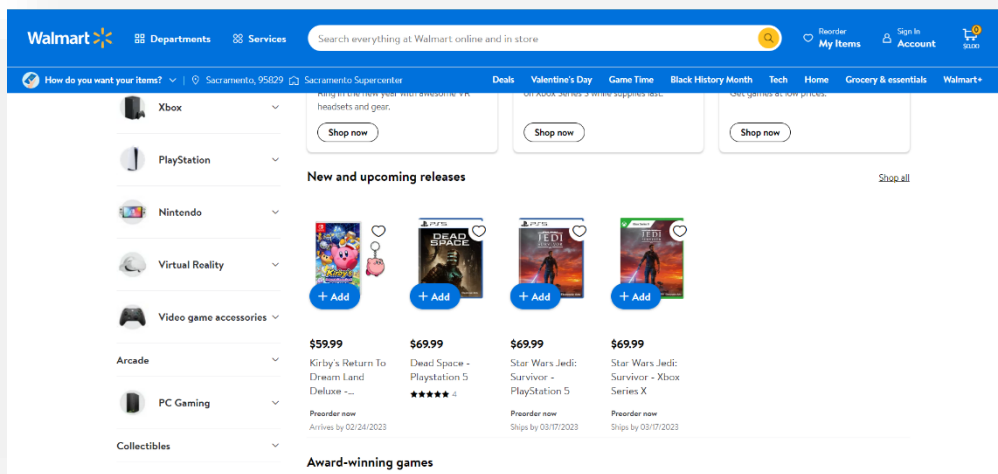
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខទំនិញ Walmart

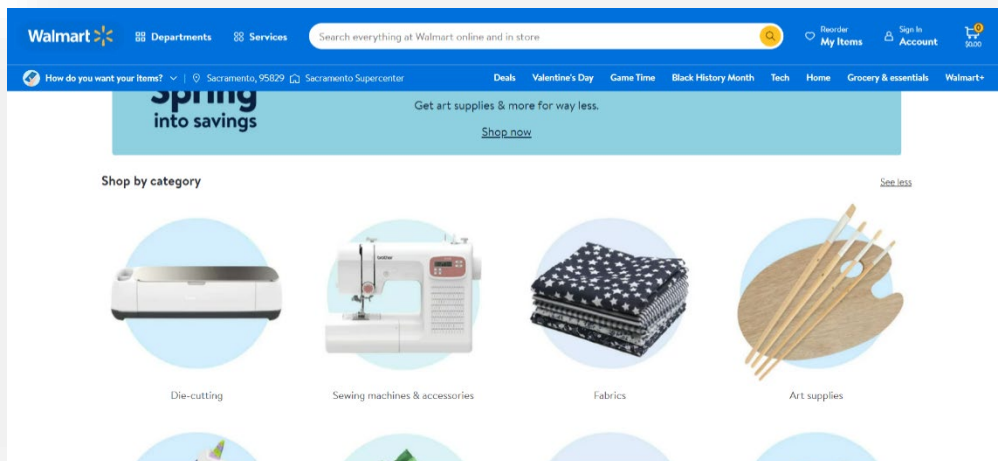
ផ្នែក បទភ្លេង និងឌីសសម្រាប់ថត



ផ្នែក ហ្គេម (Video Games)



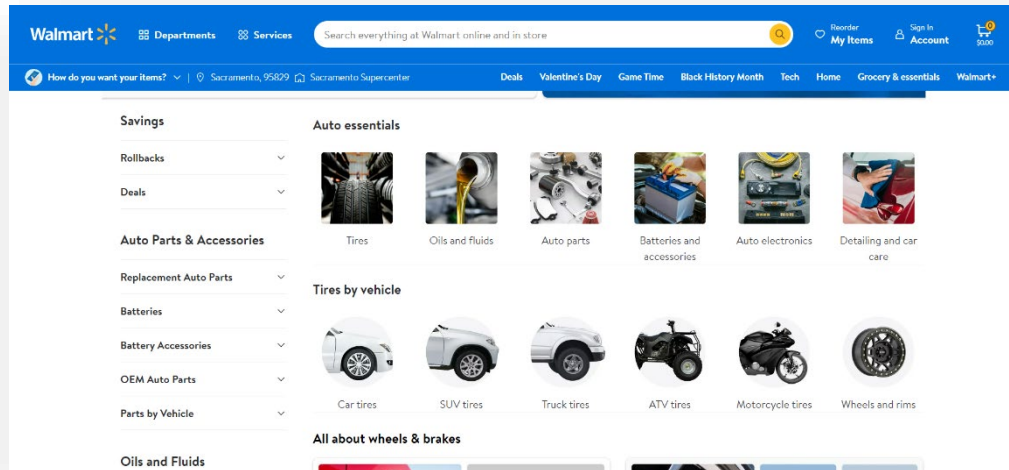
ផ្នែក សិល្បៈ: ការកែច្នៃ ការដេរ និង គ្រឿងផ្គត់ផ្គង់សម្រាប់កម្មវិធី



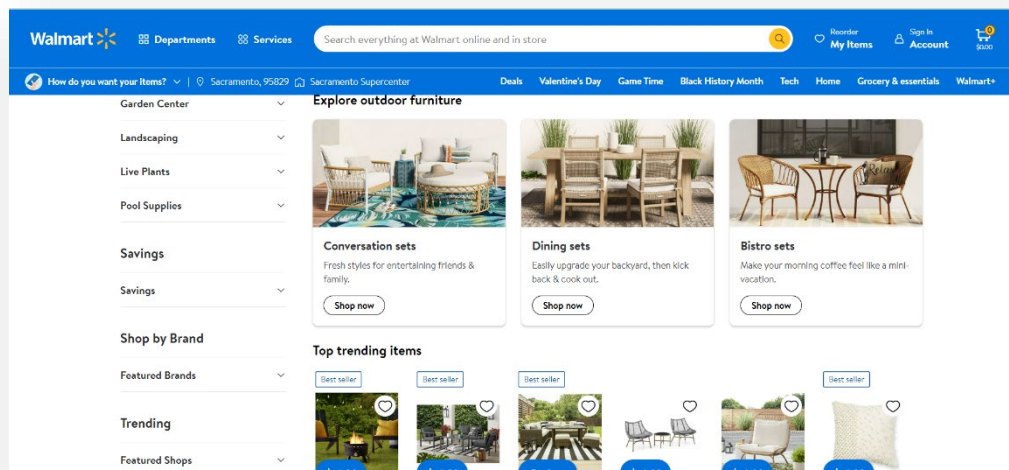
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខងារនិក្ខេប Walmart

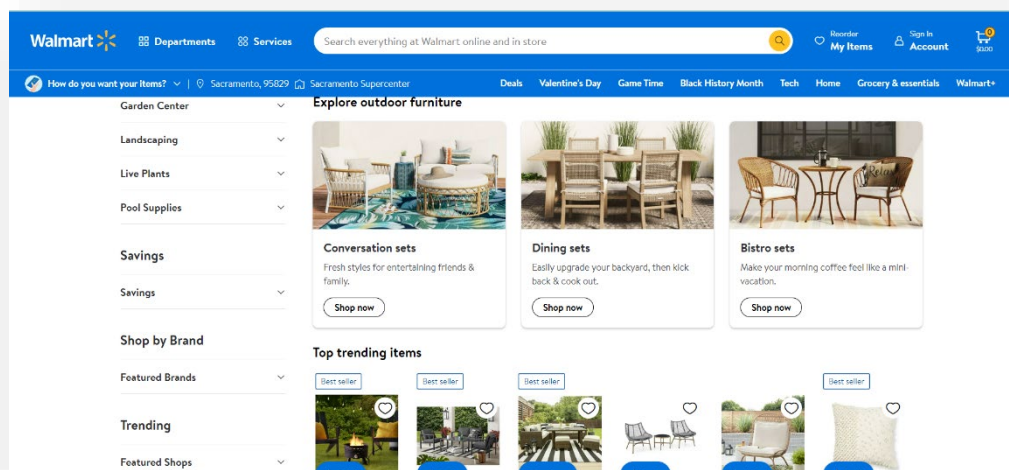
ផ្នែក ឡាន សំបកកង់ និង នៃឧស្សាហកម្ម



ផ្នែក សម្រាប់ ទីធ្លារបស់ផ្ទះ និងសួន

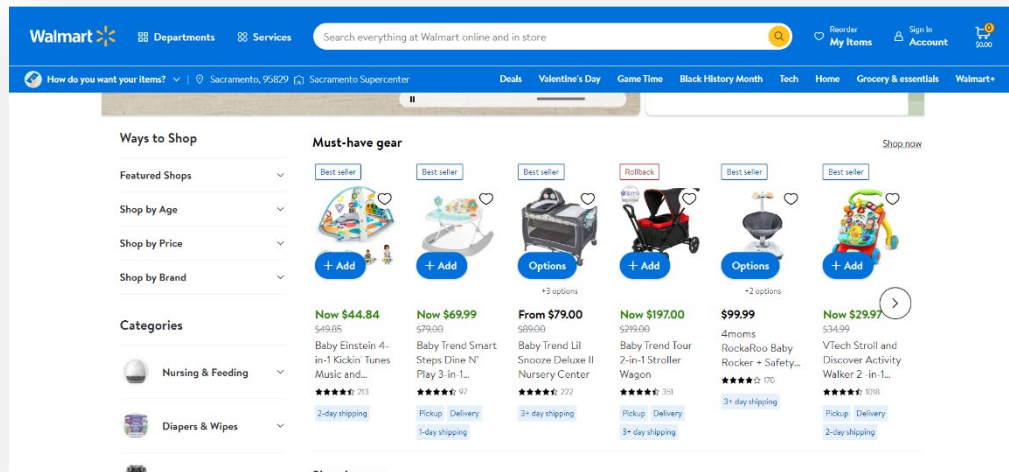


ផ្នែក សម្ភារៈក្មេងលេង និងឧបករណ៍សម្រាប់លេងនៅខាងក្រៅ

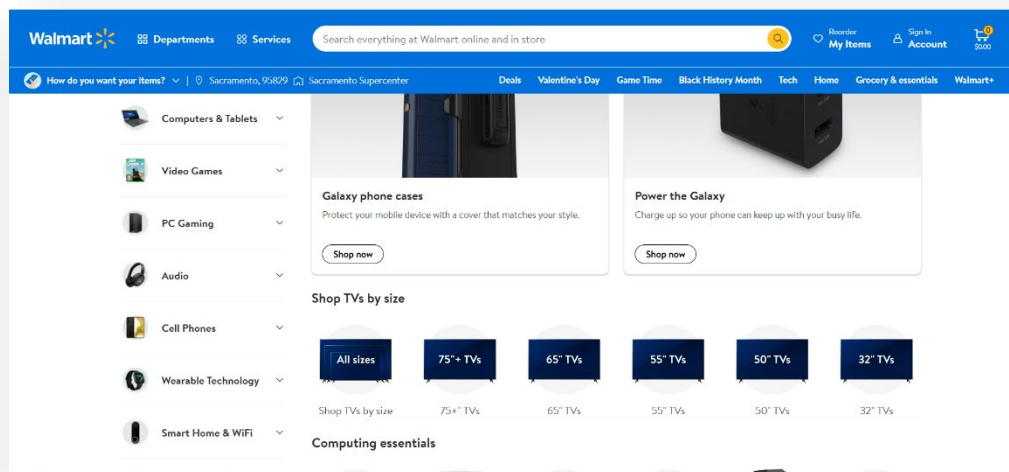


ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

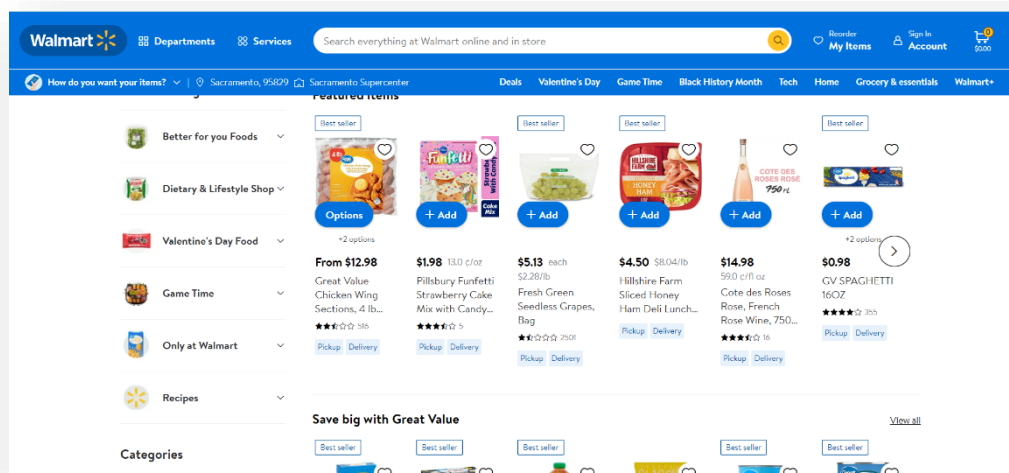
មុខងារនិក្ខេប Walmart ផ្នែក សម្រាប់ ទារក



ផ្នែក គ្រឿងអេឡិចត្រូនិច



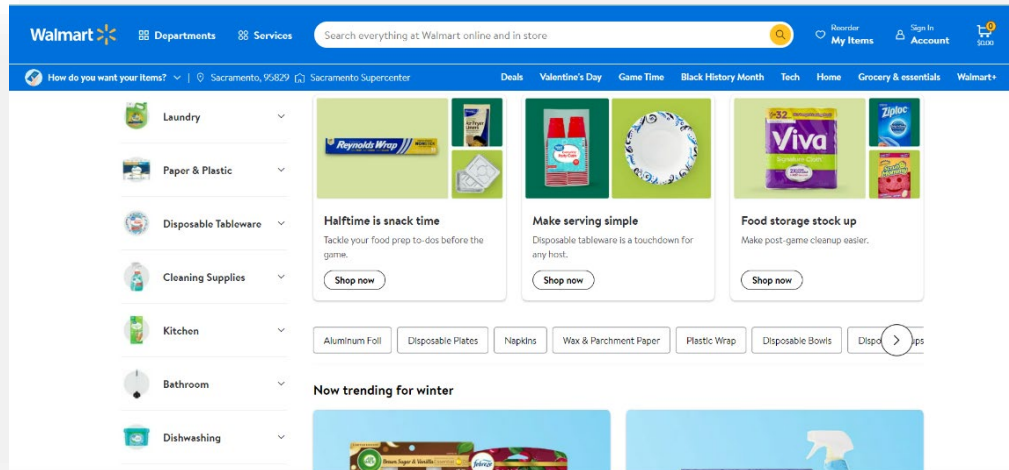
ផ្នែក គ្រឿងឧបភោគបិណ្ឌ



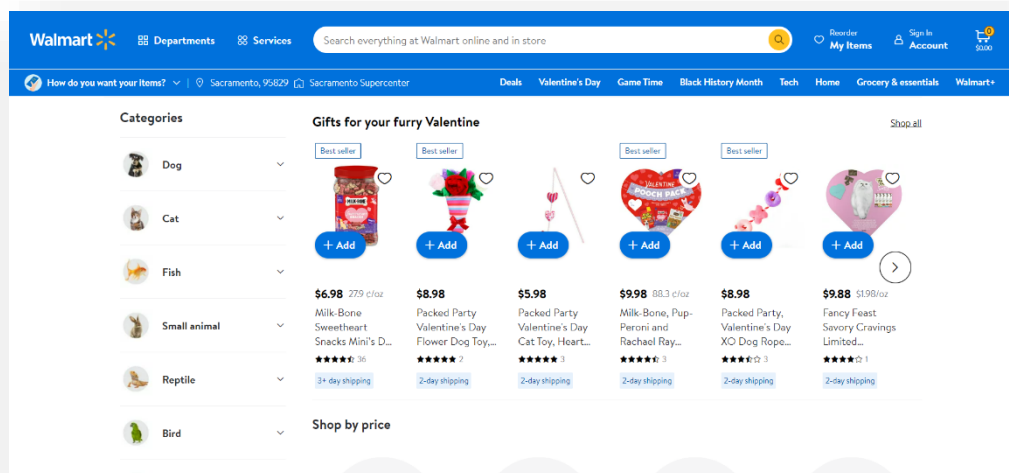
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខងារនិក្ខេប Walmart

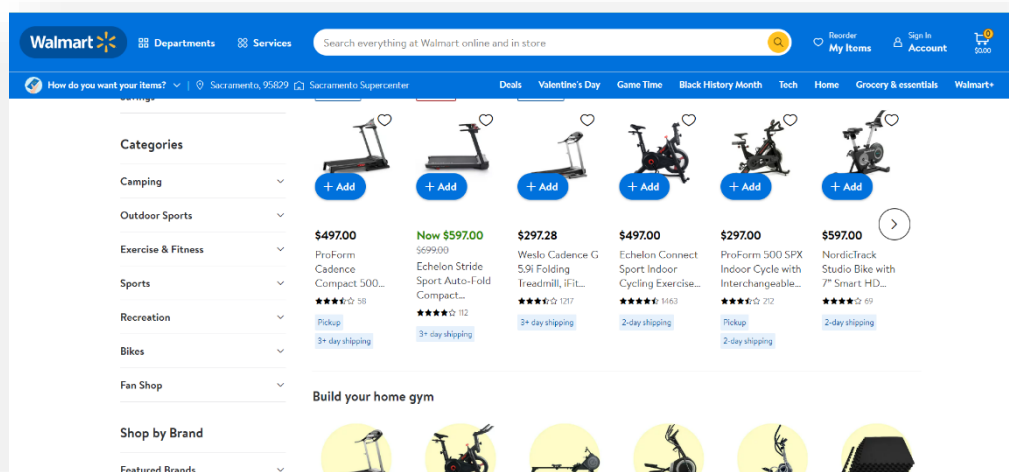
ផ្នែក សម្ភារៈចាំបាច់នៅផ្ទះ



ផ្នែក សម្រាប់សត្វចិញ្ចឹម



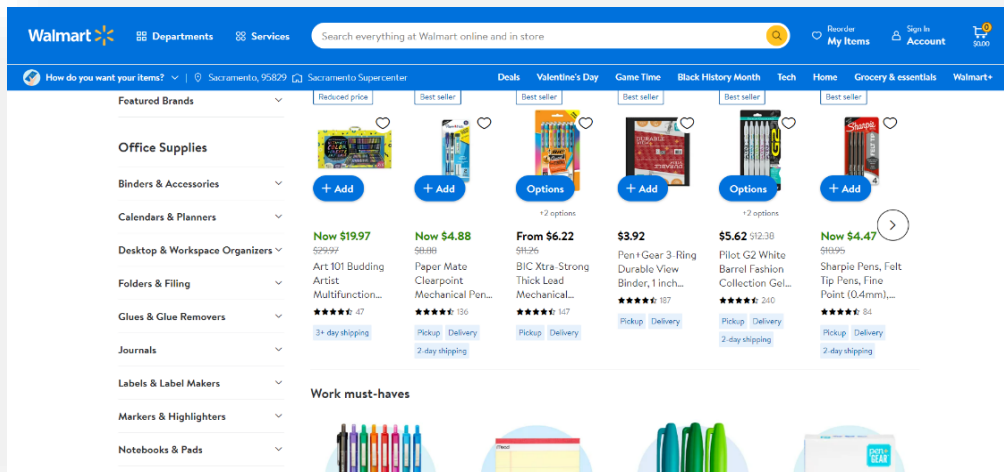
ផ្នែក កីឡា និង សម្រាប់ការចេញដើរខាងក្រៅ



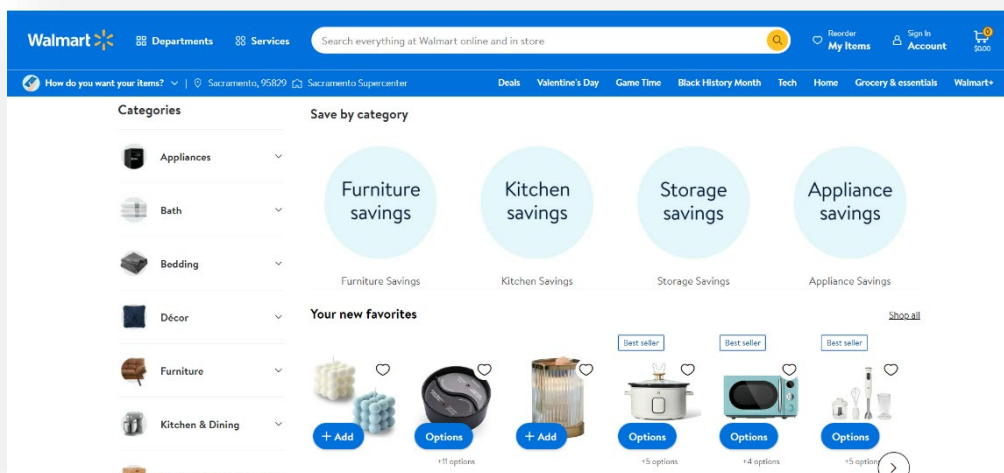
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខទំនិញ Walmart

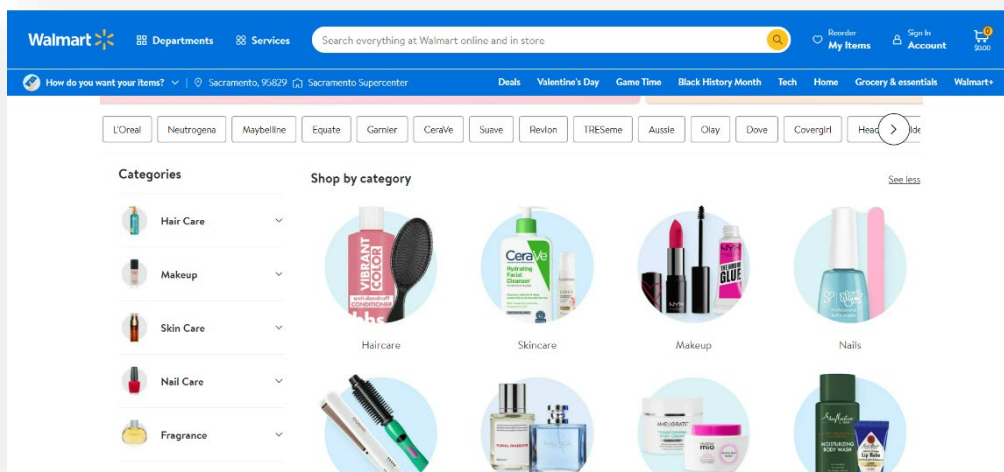
ផ្នែក សម្ភារៈការិយាល័យ



ផ្នែក គ្រឿងសង្ហារឹម គ្រឿងបរិក្ខារ និងសម្រាប់ផ្ទះ



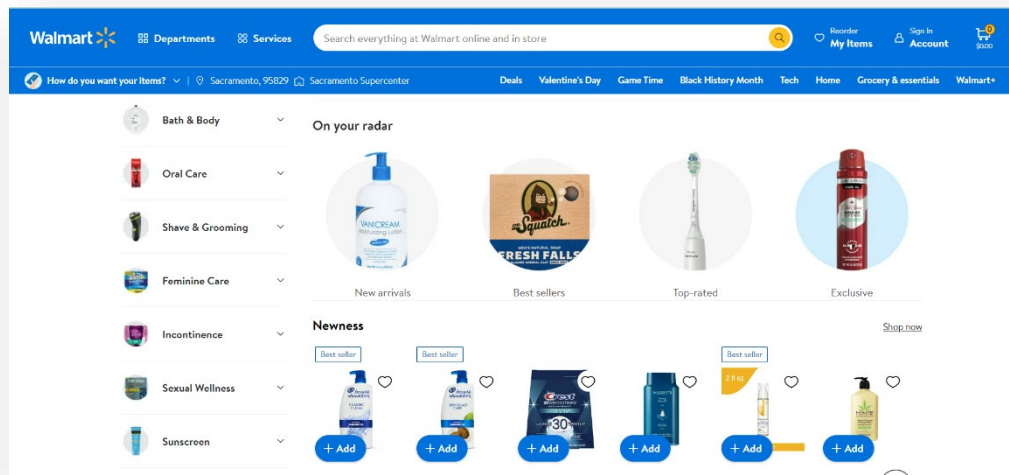
ផ្នែក គ្រឿងសម្អាង



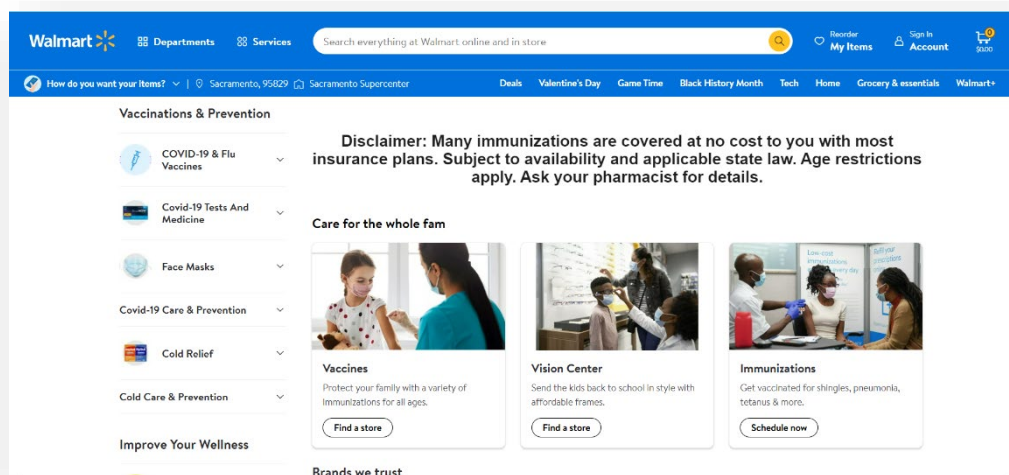
ឧបសម្ព័ន្ធ ២.១

មុខទំនិញ Walmart

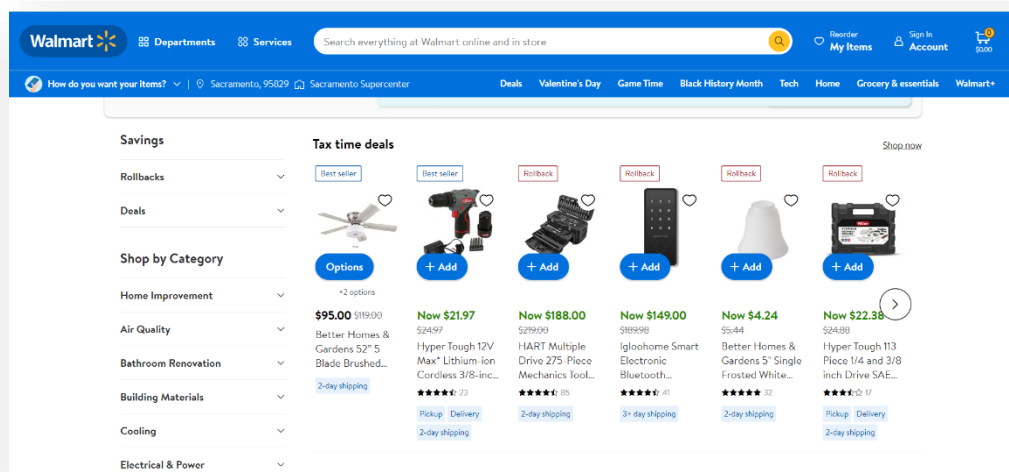
ផ្នែក ថែរក្សាសុខភាពបុគ្គល



ផ្នែក ឧសថស្ថាន



ផ្នែក សម្រាប់កែលម្អ និងបន្ថែមមុខងាររបស់ផ្ទះ



ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.១

ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំពីឆ្នាំ ២០០១ ដល់២០២៣ របស់ Wal-Mart

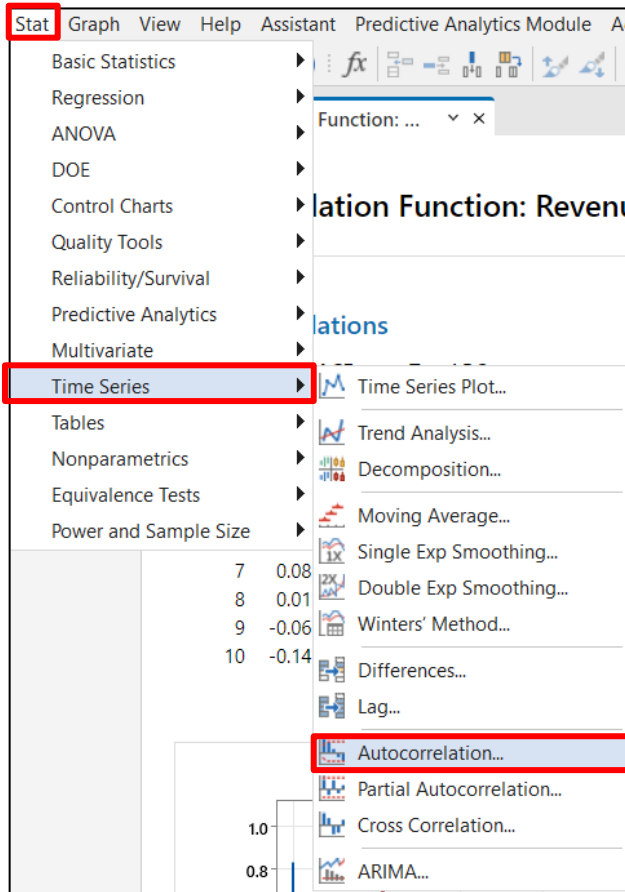
Year	Annual revenue	
	Revenue	Change
2023 (TTM)	\$622.02 B	3.65%
2022	\$600.11 B	4.92%
2021	\$571.96 B	4.23%
2020	\$548.74 B	5.31%
2019	\$521.08 B	1.8%
2018	\$511.87 B	3.41%
2017	\$495.01 B	2.15%
2016	\$484.60 B	0.12%
2015	\$484.02 B	0.05%
2014	\$483.79 B	1.91%
2013	\$474.73 B	2.22%
2012	\$464.41 B	5.51%
2011	\$440.14 B	5%
2010	\$419.17 B	3.84%
2009	\$403.67 B	-0.09%
2008	\$404.04 B	9.07%
2007	\$370.44 B	8.8%
2006	\$340.49 B	10.45%
2005	\$308.27 B	9.96%
2004	\$280.36 B	9.91%
2003	\$255.07 B	6.38%
2002	\$239.76 B	13.03%
2001	\$212.12 B	

ប្រភព៖ <https://companiesmarketcap.com/walmart/revenue/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៥ កក្កដា ២០២៣)

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.២

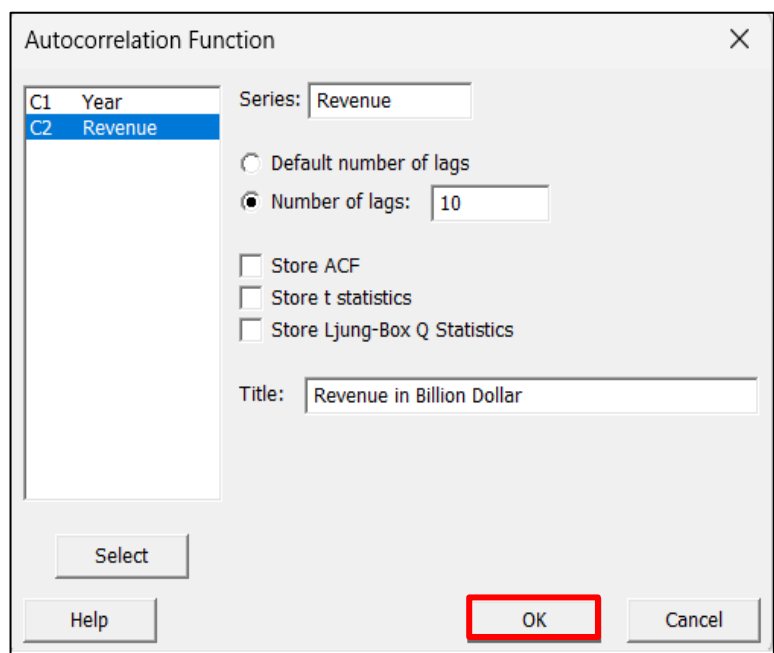
របៀបបង្ហាញលទ្ធផលមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation ទំហំ 10lags ក្នុងកម្មវិធី

Minitab



ចូលក្នុងមុខងារ Stat បន្ទាប់ជ្រើសយក Time Series ហើយយក Autocorrelation

ក្នុងផ្ទាំង Autocorrelation Function បញ្ចូលទិន្នន័យ Revenue ចូលក្នុងចន្លោះ Series ហើយជ្រើសរើសយក Number of lags និងវាយបញ្ចូលចំនួន lag រួចចុច OK ជាការស្រេច។



ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៣

Answer Report សម្រាប់តម្លៃអាល់ហ្វា របស់ម៉ូដែល DES ដោយ Excel Solver Function

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [Walmart Revenue.xlsx]DES

Report Created: 3/18/2023 4:59:57 PM

Result: Solver has converged to the current solution. All Constraints are satisfied.

Solver Engine

Solver Options

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$K\$25	MSE	145.291	138.161

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$O\$2	Alpha	0.7	0.807017417	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$O\$2	Alpha	0.807017417	\$O\$2<=1	Not Binding	0.192982583

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៤

Answer Report សម្រាប់តម្លៃអាល់ហ្វា និងប៊ែតា របស់ម៉ូដែល HES
ដោយ Excel Solver Function

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [Walmart Revenue.xlsx]HES

Report Created: 3/18/2023 5:15:34 PM

Result: Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Solver Options

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$I\$25	MSE	319.593	138.124

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$M\$2	alpha	0.6	0.947525991	Contin
\$O\$2	beta	0.3	0.703183529	Contin

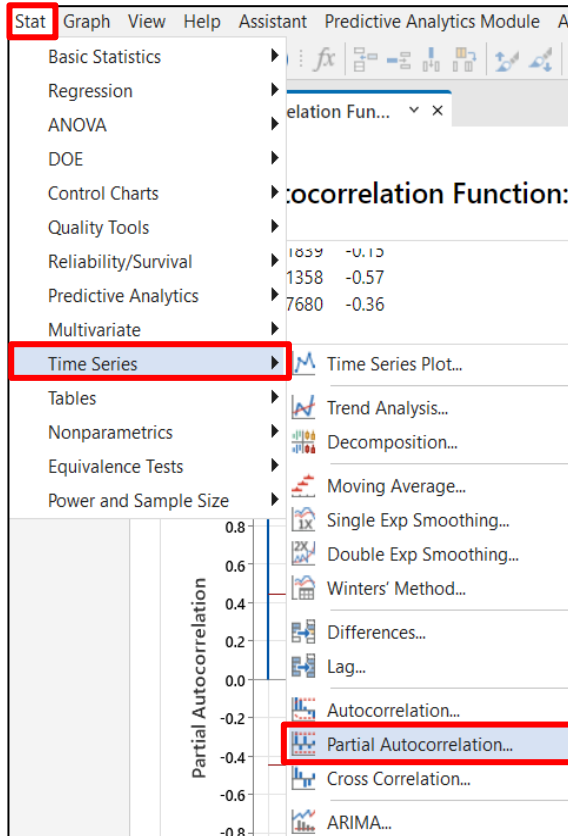
Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$M\$2	alpha	0.947525991	\$M\$2<=1	Not Binding	0.052474009
\$O\$2	beta	0.703183529	\$O\$2<=1	Not Binding	0.296816471

ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៥

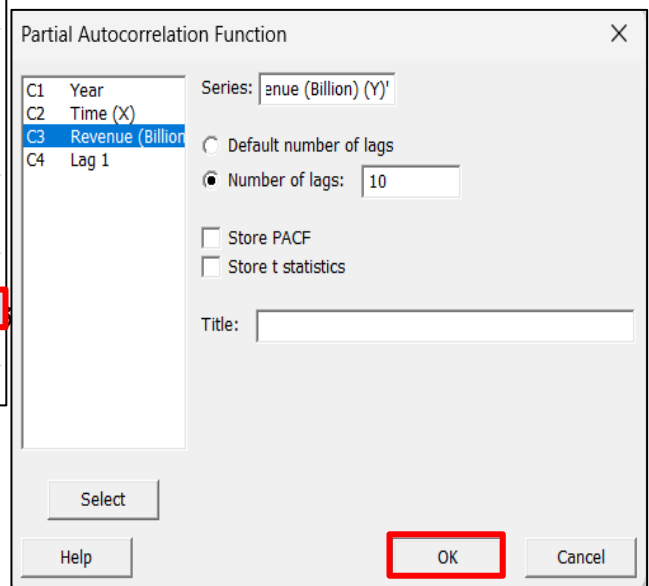
របៀបបង្ហាញមេត្រីយេស៊ីតេអ៊ីនតង់ស៊ីតេទំនាក់ទំនង Partial Autocorrelation ទំហំ 10lags

ក្នុងកម្មវិធី Minitab



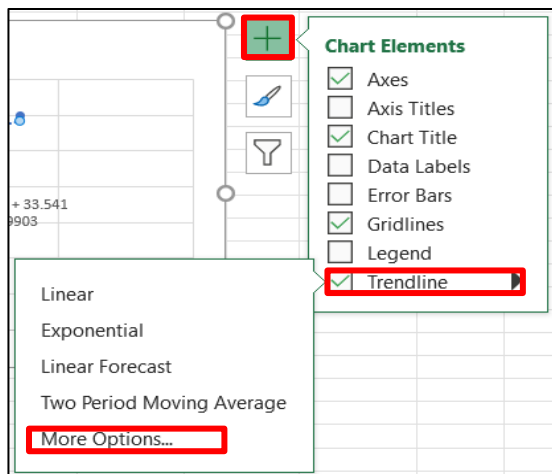
ចូលក្នុងមុខងារ Stat បន្ទាប់ជ្រើសយក Time Series ហើយយក Partial

Autocorrelation Function បញ្ចូលទិន្នន័យ Revenue ចូលក្នុងចន្លោះ Series ហើយជ្រើសរើសយក Number of lags និងវាយបញ្ចូលចំនួន lags ចុច OK



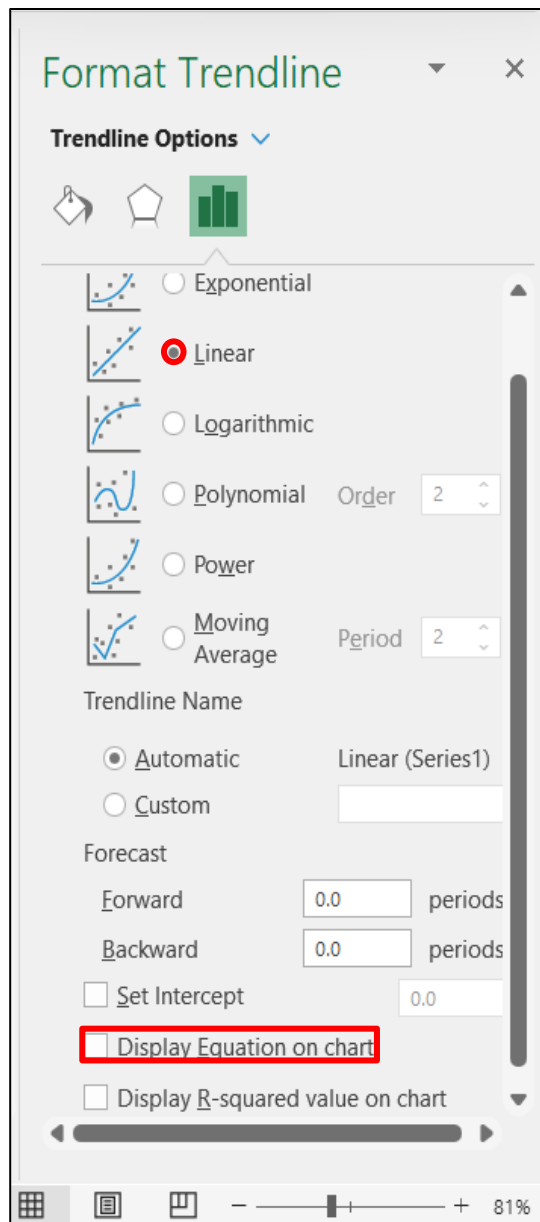
ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៦

របៀបបាតសមីការបន្លាត់សម្រាប់ព្យាករណ៍ ក្នុងកម្មវិធី Excel



យកសញ្ញាព្រួញ រឺ **Cursor** ដាក់លើក្រាបនឹងបានឃើញ រូបសញ្ញា + បង្ហាញ **Chart Elements** រួចជ្រើសយក **Trendline** នោះនឹងលេចឡើងនូវបន្ទាត់លើក្រាប។ ឃើញសញ្ញាព្រួញចេញ ក្នុងជម្រើស **Trendline** ជ្រើសយក **More Options**។

ឃើញផ្ទាំង **Format Trendline** យើងជ្រើសយក **Linear** ហើយលើប្រអប់ជម្រើសចំនួនបីខាងចុង មាន **Display Equation on Chart** សូមជ្រើសរើសយកប្រអប់ជម្រើសនេះ នោះសមីការបន្លាត់នឹងលេចឡើងមកលើក្រាប។



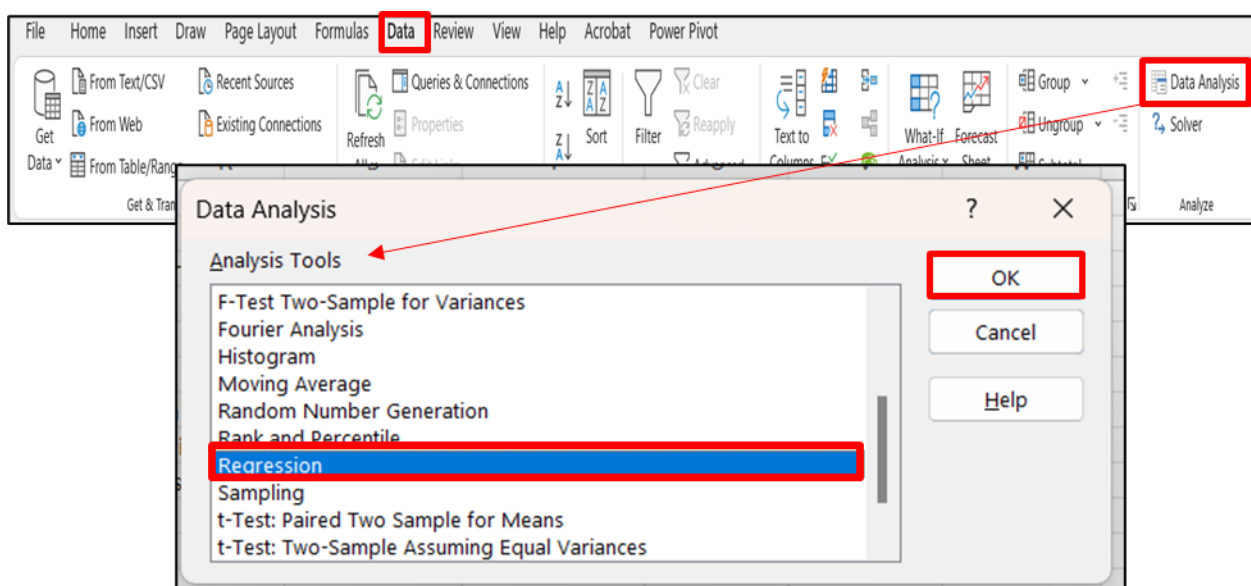
ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៧

តារាង Summary Output នៃមុខងារ Data Analysis ក្នុងកម្មវិធី Excel

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.995142262							
R Square	0.990308121							
Adjusted R Square	0.989798022							
Standard Error	10.38178251							
Observations	21							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	209247.272	209247.3	1941.404143	1.34785E-20			
Residual	19	2047.846752	107.7814					
Total	20	211295.1187						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	33.54141493	9.353888747	3.585826	0.001970985	13.96350077	53.1193291	13.96350077	53.11932908
X Variable 1	0.963691858	0.021871583	44.06137	1.34785E-20	0.917914109	1.00946961	0.917914109	1.009469606

ដើម្បីបានតារាង Summary Output ខាងលើ បន្ទាប់ពីបានចូលក្នុងមុខងារ Data Analysis នេះហើយ មានដំណាក់កាលដូចខាងក្រោម៖

- ❖ ដំបូងស្វែងរកពាក្យ Data ហើយចុចលើ Data Analysis បន្ទាប់មកផ្ទាំង Analysis Tools លោតចេញមក ហើយសូមជ្រើសរើសយកមុខងារ Regression ហើយចុចពាក្យថា OK។



- ❖ បន្ទាប់មកផ្ទាំងមានឈ្មោះថា Regression នេះ នឹងលេចឡើងមក ដែល Input Y Range ហៅដោយសន្មតថា ជាសំគាល់ឱ្យតម្លៃទិន្នន័យនៃអថេរឆន្ទៈទី១ រីឯ Input X Range ហៅដោយសន្មតថា ជាសំគាល់ឱ្យតម្លៃទិន្នន័យនៃអថេរឆន្ទៈទី២។ ដូចនេះ សម្រាប់ Input Y Range គឺមាន Closing Price (Y) គឺត្រូវបានជ្រើសរើសចូលដូចរូបគំនូសខាងក្រោម។ ចំណែកឯ Input X Range គឺមាន Lag (1) គឺត្រូវបានជ្រើសរើសចូលដូចរូបគំនូសខាងក្រោមបន្ទាប់។ ហើយចុចយក Confidence Level កំណត់ស្រេចក្នុងអត្រា ៩៥%។ រួចចុចយកជម្រើសទីតាំងតារាង Summary Output នេះ ដោយឱ្យវាបោះទីតាំងនៅ Sheet ថ្មី។ ជាចុងបញ្ចប់ ចុចយកពាក្យ OK ជាការស្រេច។

Closing Price (Y)	Forecast	$e_t = \text{Actual} - \text{Forecast}$
239.76	237.961	
255.07	264.598	
280.36	279.352	
308.27	303.724	
340.49	330.621	
370.44	361.671	
404.04	390.534	
403.67	422.914	
419.17	422.558	
440.14	437.495	
464.41	457.704	
474.73	481.093	
483.79	491.038	
484.02	499.769	
484.6	499.991	
495.01	500.550	
511.87	510.582	
521.08	526.830	
548.74	535.706	
571.96	562.362	
600.11	584.739	

Lag 1 (X)	Closing Price (Y)	Forecast	$e_t = \text{Actual} - \text{Forecast}$
212.12	239.76	237.961	
239.76	255.07	264.598	
255.07	280.36	279.352	
280.36	308.27	303.724	
308.27	340.49	330.621	
340.49	370.44	361.671	
370.44	404.04	390.534	
404.04	403.67	422.914	
419.17	440.14	437.495	
440.14	464.41	457.704	
464.41	474.73	481.093	
474.73	483.79	491.038	
483.79	484.02	499.769	
484.02	484.6	499.991	
484.6	495.01	500.550	
495.01	511.87	510.582	
511.87	521.08	526.830	
521.08	548.74	535.706	
548.74	571.96	562.362	
571.96	600.11	584.739	

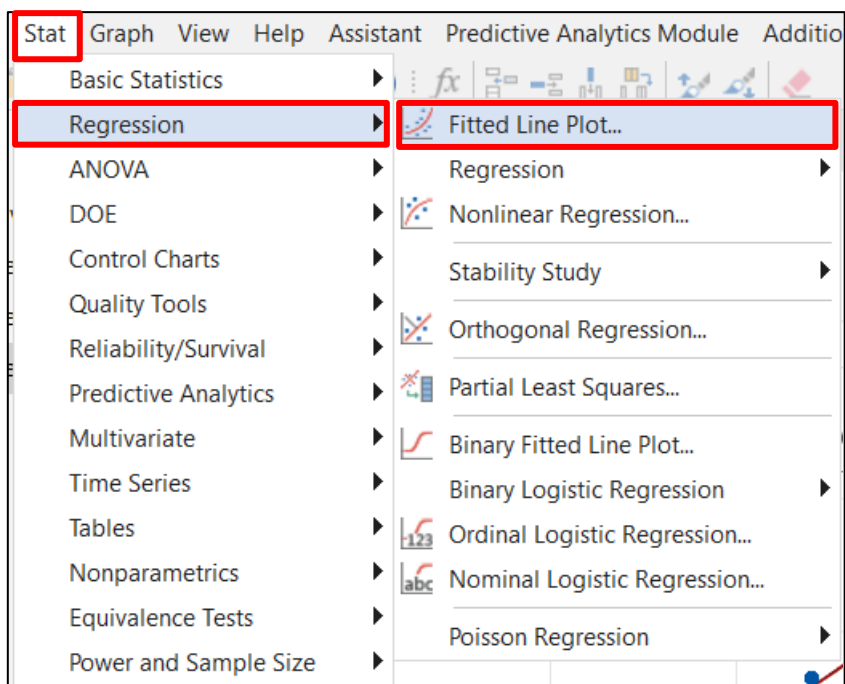
ឧបសម្ព័ន្ធទី ៣.៨

របៀបបង្កើត Residual Plot ទាំង ៤ លក្ខខណ្ឌក្នុងកម្មវិធី Minitab

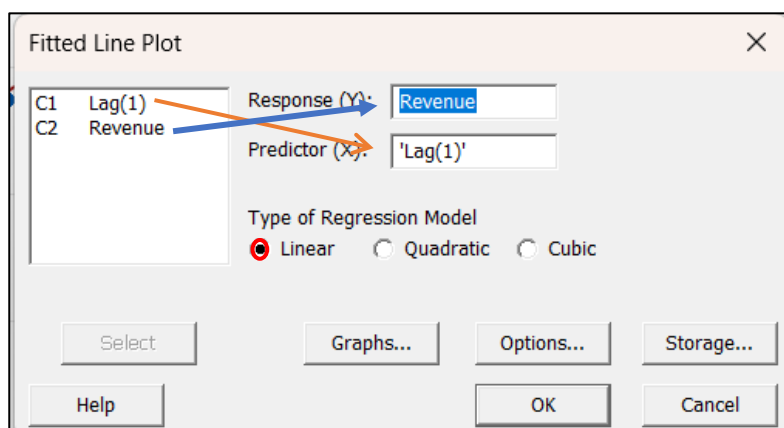
- ❖ ដំបូងស្រង់ទិន្នន័យ នៅ Column Lag 1 (X) និង Column Closing Price (Y) មកដាក់ក្នុងកន្លែងទិន្នន័យ ដូចរូបខាងស្តាំនេះ (រូបនេះគ្រាន់តែតំណាងប៉ុណ្ណោះ៖

↓	C1	C2
	Lag(1)	Revenue
1	212.12	239.76
2	239.76	255.07
3	255.07	280.36
4	280.36	308.27
5	308.27	340.49

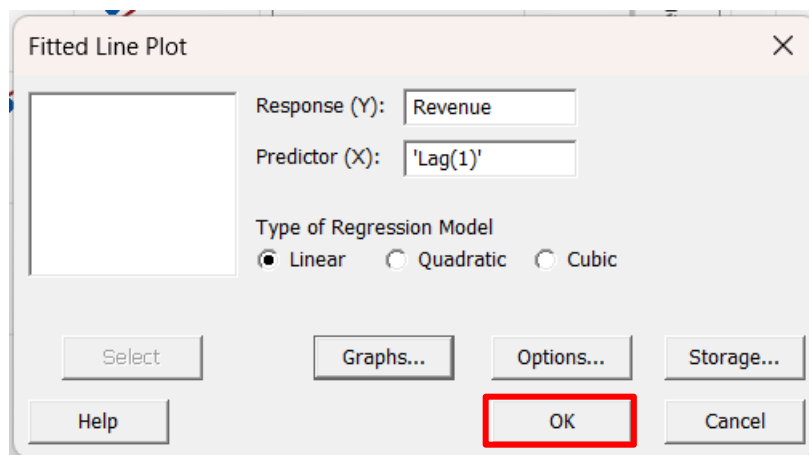
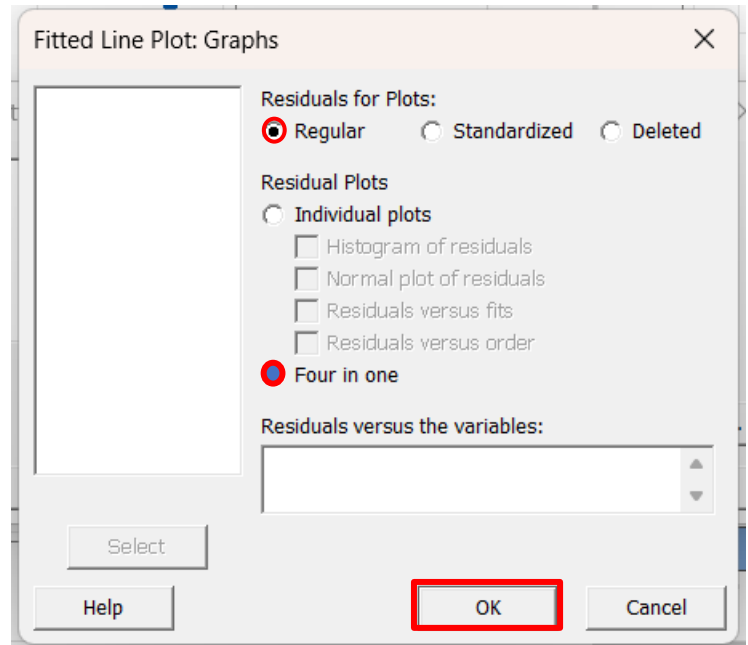
- ❖ បន្ទាប់មកចូល Stat ហើយជ្រើសយក Regression និងបន្តមកទៀតជ្រើសយក Fitted Line Plot ដូចរូប ខាងក្រោម៖



ផ្ទាំង Fitted Line Plot នេះសូមជ្រើសយក Revenue ដែលជាអថេរឆ័ត្រឆ្នាំ ៣ ត្រូវនឹងពាក្យ Response ហើយ Lag(1) នោះត្រូវនឹងពាក្យ Predictor ។ ដោយសមីការព្យាករណ៍មានរាងជា បន្ទាត់ សូមចុចយក Linear ។



ផ្ទាំង Fitted Line Plot: Graphs នៃ៖
សូមជ្រើសយក Regular សម្រាប់តម្លៃ
លម្អៀង។ ចំពោះ Residual Plots
សូមយក Four in one។ រួចមក ចុច
យក OK។



ត្រលប់មកផ្ទាំង Fitted Line Plot នៃ៖
សូមចុចយក OK ជាការស្រេច។