



សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ
និង វិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច



សារណាមញ្ញប័ត្រការសិក្សា

ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍
លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន APPLE

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី០១ ខែឧសភា ឆ្នាំ២០២២ ដល់ថ្ងៃទី២៥ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២

តាក់តែងឡើង ដោយ

និស្សិតឈ្មោះ: ម៉ូ ពុយស៊ីធុល

ឈុន នាយា

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ជំនាន់ទី ៦

សាស្ត្រាចារ្យណែនាំ

លោក ព្រី សុគុណ

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៨

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២២



**សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ
និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច**



សារណាមញ្ញប័ត្រការសិក្សា

**ការជ្រើសរើសម្តងដែលព្យាករណ៍
លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន APPLE**

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី០១ ខែឧសភា ឆ្នាំ២០២២ ដល់ថ្ងៃទី២៥ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២

តាក់តែងឡើង ដោយ

សាស្ត្រាចារ្យណែនាំ

និស្សិតឈ្មោះ: **ម៉ូ ពុទ្ធស៊ីធុន**

លោក **ព្រ៉ុំ សុគុណ**

ឈុន នាយា

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៨

ជំនាន់ទី ៦

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២២

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

យើងខ្ញុំ ម៉ូ ពុទ្ធស៊ីធួល និង ឈុន នាយា ជានិស្សិតឆ្នាំទី៤ ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច ក្រុម M4B1 ជំនាន់ទី៦ នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច ក្នុងឆ្នាំសិក្សា២០២១~២០២២ បានធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងសរសេរសារណាបញ្ចប់ការសិក្សាក្រោមប្រធានបទ “ការជ្រើសរើស ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន APPLE”។

ខ្ញុំបាទសូមធ្វើការសម្តែងនូវការដឹងគុណ និងថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅចំពោះ៖

លោកឪពុក និងម្តាយ ជាទីគោរពស្រលាញ់នៃកូន ដែលបានចិញ្ចឹមបីបាច់ថែរក្សាកូន ផ្តល់ភាពកក់ក្តៅ អប់រំ ទូន្មាន ប្រៀនប្រដៅកូន និងផ្តល់នូវកម្លាំងកាយចិត្តដល់កូនតាំងពីតូចរហូតដល់ធំដឹងក្តី។ លោកទាំងពីរបានលះបង់ទាំងកម្លាំងកាយចិត្ត ថវិកា និងពេលវេលាជាច្រើន ដើម្បីឱ្យកូនទទួលបានសិក្សាអប់រំ នៅថ្នាក់ខត្តមសិក្សាថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រគ្រប់គ្រងធុរកិច្ចនេះ។ សូមថ្លែងអំណរអរគុណដល់ ដីដូនដីតា បងប្អូន ពូមីងទាំងអស់ ដែលតែងតែជួយទំនុកបម្រុង និងផ្តល់កម្លាំងចិត្តដល់នាងខ្ញុំរហូតមក។

ឯកឧត្តមសាកលវិទ្យាធិការ សាកលវិទ្យាធិការរង ព្រឹទ្ធមុនីសុខ ព្រឹទ្ធមុនីសុខ លោក លោកស្រី សាស្ត្រាចារ្យ និងបុគ្គលិកទាំងអស់ នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ចដែលបានបង្ហាត់បង្រៀន ទាំងទ្រឹស្តី និងការអនុវត្ត រួមទាំងការចែករំលែកនូវវិសោធន៍ល្អៗ និងមានតម្លៃដែលធ្វើឱ្យនាងខ្ញុំប្តេជ្ញាចិត្តក្នុងការសិក្សារយៈពេល៤ឆ្នាំនេះ។

ជាពិសេស យើងខ្ញុំសូមធ្វើការថ្លែងអំណរគុណចំពោះ **លោកសាស្ត្រាចារ្យ ព្រំ សុគុណ** ដែលជាសាស្ត្រាចារ្យដឹកនាំសារណានេះ។ លោកបានចំណាយពេលវេលាដ៏មានតម្លៃក្នុងការបង្ហាត់បង្ហាញ ណែនាំជួយផ្តល់ជាមតិយោបល់ និងអនុសាសន៍ល្អៗ ព្រមទាំងកែលម្អនូវចំណុចខ្លះខាតទាំងឡាយ ដែលជំរុញឱ្យការសរសេរសារណាមួយនេះទទួលបានជោគជ័យ។

ជាក្រោយ យើងខ្ញុំសូមគោរពជូនពរដល់អ្នកមានគុណខាងលើ ឱ្យជួបប្រទះតែសេចក្តីសុខ សុខភាព ល្អសំណាងល្អ ជោគជ័យគ្រប់ភារកិច្ច និងសូមឱ្យវត្តស័ក្តិសិទ្ធិទាំងអស់ តាមជួយថែរក្សាការពារចៀសឆ្ងាយពីជំងឺកូវីដ១៩ និងជួបប្រទះនូវពុទ្ធពរទាំង៤ប្រការគឺ អាយុ វណ្ណៈ សុខៈ ពលៈ កុំបីឃ្លៀងឃ្លាតឡើយ។

អារម្ភកថា

យើងខ្ញុំជានិស្សិតថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រគ្រប់គ្រងធុរកិច្ច ជំនាន់ទី ៤ នៃសកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច ឆ្នាំសិក្សា២០២០-២០២១ មានភាពរីករាយសោមនស្សជាខ្លាំងដែលអាចមានឱកាសអាចសរសេរ និងចងក្រងកិច្ចការស្រាវជ្រាវស្តីពី “ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.” នេះឡើង។ អត្ថបទសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះបានពាក់ព័ន្ធនឹងក្នុងគោលបំណងដើម្បីទុកជាភស្តុតាងនៃចំណេះដឹងដែលយើងខ្ញុំបានទទួលពីសាស្ត្រាចារ្យក្នុងការសិក្សាឧត្តមសិក្សានេះ ក៏ដូចជាដើម្បីផ្តល់ជាចំណេះដឹងជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់ៗ ព្រមទាំងការអនុវត្តជាក់ស្តែងទាក់ទងនឹងការព្យាករណ៍ដល់និស្សិតជំនាន់ក្រោយ និងមិត្តអ្នកអាន។

សារណាបញ្ចប់ការសិក្សាស្តីពី “ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.” នេះនឹងមានការរៀបរាប់ពីចំណុចសំខាន់ៗនៃការព្យាករណ៍ដូចជាសារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍ វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ និងការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលមានភាពល្អប្រសើរឱ្យលទ្ធផលព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបានដែលដើរតួយ៉ាងសំខាន់សម្រាប់ការរៀបចំផែនការ និងការសម្រេចចិត្តទាំងក្នុងអាជីវកម្ម និងសេដ្ឋកិច្ច។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ យើងខ្ញុំក៏បានធ្វើការអនុវត្តជាក់ស្តែងលើការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ និងការផ្តល់អនុសាសន៍ផងដែរ។

យើងខ្ញុំក៏សូមការខន្តិអភ័យទោសចំពោះកង្វះខាតរាល់កំហុសឆ្គង ដែលកើតមានដោយអចេតនាក្នុងការរៀបចំពាក្យពេចន៍ អក្ខរាវិរុទ្ធ សំណេរ និងអត្ថន័យជាដើម។ ដូចនេះយើងខ្ញុំនឹងរង់ចាំទទួលនូវការវិះគន់ដើម្បីស្ថាបនាកំហុសខុសឆ្គងទាំងឡាយដោយសេចក្តីពេញចិត្ត ហើយយើងខ្ញុំនឹងខំប្រឹងកែប្រែឱ្យកាន់តែល្អប្រសើរឡើង។

មាតិកា

ទំព័រ

បញ្ជីអក្សរកាត់.....	vii
បញ្ជីរូបភាព.....	viii
បញ្ជីតារាង.....	ix

សេចក្តីផ្តើម

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

ជំពូកទី១

រំលឹកគ្រឹះស្តី

១.១ អត្ថន័យនៃការព្យាករណ៍.....	៧
១.២ ប្រវត្តិនៃការព្យាករណ៍.....	៨
១.៣ ទិន្នន័យប្រភេទ Trend	៩
១.៤ ការកំណត់ពីប្រភេទទិន្នន័យតាមការវិភាគ Autocorrelation.....	១០
១.៥ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ.....	១១
១.៦ សំណើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍សម្រាប់ទិន្នន័យជា Trend (Posposed Times Series Forecasting Models For Trend)	១២

១.៦.១	ម៉ូដែល Naive	១២
១.៦.១.១	ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)	១៣
១.៦.១.២	ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)	១៣
១.៦.២	ម៉ូដែល Moving Averages	១៤
១.៦.២.១	ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)	១៤
១.៦.៣	ម៉ូដែល Exponential Smoothing.....	១៥
១.៦.៣.១	ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)	១៦
១.៦.៣.២	ម៉ូដែល Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)	១៦
១.៦.៤	ម៉ូដែល Autoregressive (AR)	១៧
១.៦.៤.១	ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម PACF	១៨
១.៦.៤.២	ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង	២០
១.៧.	ការវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍.....	២២
១.៧.១	មធ្យមនៃកាលលម្អៀង Mean Absolute Deviation (MAD)	២៣
១.៧.២	ឬសការេនៃមធ្យមនៃកាលលម្អៀង Mean Squared Error (MSE).....	២៣
១.៧.៣	មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតលម្អៀង Square Root of the MSE (RMSE).....	២៣
១.៧.៤	មធ្យមនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ Mean Percentage Error (MPE)	២៤
១.៧.៥	មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ Mean Absolute Percentage Error(MAPE)	២៤
១.៨	ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍.....	២៤
១.៩	សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍.....	២៥

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុនAPPLE

២.១	ប្រវត្តិរបស់ក្រុមហ៊ុនApple	២៩
២.២	ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន Apple.....	២៩
២.៣	ទីតាំងក្រុមហ៊ុន	៣១
២.៤	រូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុនApple.....	៣២

២.៥	ចក្ខុវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ.....	៣៤
២.៥.១	ចក្ខុវិស័យ	៣៤
២.៥.២	បេសកកម្ម.....	៣៥
២.៥.៣	គុណតម្លៃ.....	៣៦
២.៦	រចនាសម្ព័ន្ធចាត់តាំងអាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៣៧
២.៧	ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៣៧
២.៧.១	ផលិតផល.....	៣៧
២.៧.២	សេវាកម្ម.....	៣៩

ជំពូកទី៣

ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន APPLE

៣.១	ជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលដើម្បីព្យាករណ៍.....	៤១
៣.២	ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៤១
៣.៣	ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៤៣
៣.៣.១	ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាប.....	៤៣
៣.៣.២	ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាម Autocorrelation.....	៤៤
៣.៤	ការពណ៌នាទិន្នន័យការលក់របស់ Apple	៤៥
៣.៥	ការព្យាករណ៍ការលក់របស់ Apple តាមបរិមាណវិស័យ	៤៧
៣.៥.១	ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)	៤៧
៣.៥.២	ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM).....	៤៨
៣.៥.៣	ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA).....	៥០
៣.៥.៤	ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)	៥២
៣.៥.៥	ម៉ូដែល Holt' Method of Exponential Smoothing(HES)	៥៥
៣.៥.៦	ម៉ូដែល Autoregressive (AR)	៥៨
៣.៥.៦.១	ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម Partial Autocorrelation Function .	៥៨
៣.៥.៦.២	ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1).....	៥៩

៣.៦ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ ៦២

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន ៦៦

២. អនុសាសន៍..... ៦៧

ឯកសារយោង

ឧបសម្ព័ន្ធ

បញ្ជីអក្សរកាត់

- ACF : Autocorrelation Function
- ACM : Absolute Change Model
- AR : Autoregressive
- DES : Double Exponential Smoothing
- DMA : Double Moving Average
- HES : Holt's Method of Exponential Smoothing
- 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

បញ្ជីរូបភាព

ទំព័រ

រូបភាពទី១.១៖ ក្រាបបង្ហាញពី Trend Component.....	៩
រូបភាពទី១.២៖ បង្ហាញពី Linear Trend និង Nonlinear Trend	១០
រូបភាពទី១.៣៖ Autocorrelation and Partial Autocorrelation Coefficients for AR (1) និងAR (2) ១៩	
រូបភាពទី១.៤៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃ Residual ដែលមានភាពណរម៉ាល់	២១
រូបភាពទី១.៥៖ ក្រាបបង្ហាញថាលម្អៀង (Residuals) ជា Homoscedasticity.....	២១
រូបភាពទី១.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពីលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ	២១
រូបភាពទី២.១៖ ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន Apple.....	២៩
រូបភាពទី២.២៖ ទីតាំងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៣២
រូបភាពទី២.៣៖ និមិត្តសញ្ញាដំបូងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៣២
រូបភាពទី២.៤៖ ការវិវត្តន៍នៃនិមិត្តសញ្ញាក្រុមហ៊ុន Apple	៣៣
រូបភាពទី៣.១៖ ក្រាបបង្ហាញពីកាលកំរស់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០២១.....	៤២
រូបភាពទី៣.២៖ ក្រាបបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple	៤៤
រូបភាពទី៣.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពីកាលកំរស់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល ACM.....	៤៧
រូបភាពទី៣.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពីកាលកំរស់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល RCM.....	៤៩
រូបភាពទី៣.៥៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA.....	៥១
រូបភាពទី៣.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES.....	៥៤
រូបភាពទី៣.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការលក់តាមម៉ូដែល HES	៥៧
រូបភាពទី៣.៨៖ Partial Autocorrelation Functions (PACF).....	៥៨
រូបភាពទី៣.៩៖ ដ្យាក្រាមចំណុចនៃ Y_t និង $Y(t-1)$ សម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR (1).....	៦០

បញ្ជីតារាង

ទំព័រ

តារាងទី៣.១៖ ទិន្នន័យនៃការលក់ក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ២០០០ ដល់ឆ្នាំ២០២១	៤២
តារាងទី៣.២៖ មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Function នៃការលក់របស់ Apple	៤៤
តារាងទី៣.៣៖ ការពណ៌នាទិន្នន័យការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ Apple ពីឆ្នាំ២០០០ ដល់ឆ្នាំ២០២១	៤៥
តារាងទី៣.៤៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល ACM.....	៤៧
តារាងទី៣.៥៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែលACM	៤៨
តារាងទី៣.៦៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល RCM	៤៩
តារាងទី៣.៧៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល RCM.....	៥០
តារាងទី៣.៨៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល DMA.....	៥១
តារាងទី៣.៩៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DMA	៥២
តារាងទី៣.១០៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES	៥៣
តារាងទី៣.១១៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល DES.....	៥៤
តារាងទី៣.១២៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DES	៥៥
តារាងទី៣.១៣៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES	៥៦
តារាងទី៣.១៤៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល HES.....	៥៦
តារាងទី៣.១៥៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល HES	៥៧
តារាងទី៣.១៦៖ Partial Autocorrelation Functions	៥៨
តារាងទី៣.១៧៖ តារាងកំណត់តម្លៃ Y-lagged ក្នុងម៉ូដែល AR(1)	៥៩
តារាងទី៣.១៨៖ លម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1).....	៦០
តារាងទី៣.១៩៖ តារាងលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR(1).....	៦១
តារាងទី៣.២០៖ ការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលតាមម៉ូដែល AR(1)	៦១
តារាងទី៣.២១៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល AR(1).....	៦២
តារាងទី៣.២២៖ ការប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ ACM, RCM, DMA, DES, HES, AR(1) ..	៦៣

လေ့လာမှုများ

សេចក្តីផ្តើម

១. លំនាំបញ្ជាក់នៃការស្រាវជ្រាវ

នៅក្នុងយុគសម័យឌីជីថល ដែលពិភពលោកកែប្រែមុខមាត់ថ្មីកាន់តែសម្បូរបែបជាងមុននេះបាននាំឲ្យមានការប្រកួតប្រជែងគ្នាកាន់តែខ្លាំងឡើងទៅលើគ្រប់វិស័យទាំងអស់។ ការប្រកួតប្រជែងទាំងនេះហើយដែលជាកត្តាចម្បងជំរុញឲ្យមានការអភិវឌ្ឍឥតឈប់ឈរលើគ្រប់វិស័យទាំងអស់ដែលស្ថាប័ន ក្រុមហ៊ុន សាជីវកម្មទាំងអស់ព្យាយាមពង្រីកខ្លួនឲ្យកាន់តែមានសក្តានុពលក្នុងប្រទេស តំបន់ ឬទូទាំងសកលលោក ទាំងមូលផងដែរ។ ដើម្បីឈានដល់ការធ្វើឲ្យមានវឌ្ឍនភាពក្នុងការឈានដើរចូលទៅក្នុងទីផ្សារពិភពលោកប្រកបដោយនិរន្តរភាពក្នុងការធ្វើជំនួញ ទាមទារឲ្យមានការរៀបចំផែនការយុទ្ធសាស្ត្រជាច្រើន ដូចជាការគ្រប់គ្រងការផលិត ទីផ្សារ ហិរញ្ញវត្ថុ និងផ្នែកផ្សេងៗទៀតដែលសុទ្ធសឹងតែចូលរួមចំណែកក្នុងការជំរុញឲ្យមានវឌ្ឍនភាពលើការធ្វើធុរកិច្ច។ ក្រុមហ៊ុនធំៗកំពុងស្វែងរកយុទ្ធសាស្ត្រថ្មីៗ ដើម្បីបង្កើនប្រាក់ចំណូលដោយខិតខំផ្សព្វផ្សាយផលិតផល ឬសេវាកម្ម វិធីសាស្ត្រទាក់ទាញចិត្តអតិថិជន និងយុទ្ធសាស្ត្រផ្សេងៗទៀត ដើម្បីកាត់បន្ថយហានិភ័យនៅថ្ងៃខាងមុខ។ ក្នុងនោះការព្យាករណ៍ គឺជាវិធីសាស្ត្រដ៏ល្អបំផុត ដើម្បីកាត់បន្ថយហានិភ័យរបស់អាជីវកម្មទាំងអាជីវកម្មចាស់ និងអាជីវកម្មថ្មី ព្រោះការព្យាករណ៍អាចឱ្យបានស្ថានភាពអនាគតរបស់អាជីវកម្មងាយស្រួលក្នុងការសម្រេចចិត្ត និងអភិវឌ្ឍន៍យុទ្ធសាស្ត្រថ្មីៗ។ ការព្យាករណ៍ពិតជាមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងសម្រាប់ស្ទើរតែគ្រប់ផ្នែកទាំងអស់នៃការធ្វើអាជីវកម្ម តួយ៉ាងដូចជា ការព្យាករណ៍ការលក់ គឺមានឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំងទៅលើអាជីវកម្មដែលមានស្រាប់ និងអាជីវកម្មដែលទើបនឹងចាប់ផ្តើមថ្មី។ ការព្យាករណ៍ការលក់បានល្អ អាចធ្វើឱ្យក្រុមហ៊ុន ឬអាជីវកម្មទទួលបានជោគជ័យ ព្រោះការព្យាករណ៍នោះអាចឱ្យម្ចាស់អាជីវកម្មដឹងពីតម្រូវការរបស់អតិថិជន ថាតើគួរផលិតទំនិញប៉ុន្មាន នៅពេលណា កន្លែងណាឱ្យបានទាន់ពេលវេលា។ ផ្ទុយទៅវិញការព្យាករណ៍ដែលមិនបានល្អ គឺអាចជះឥទ្ធិពលអវិជ្ជមានខ្លាំងទៅលើលំហូរហិរញ្ញវត្ថុ ការធ្វើផែនការអាជីវកម្ម ការគ្រប់គ្រងសន្តិសុខ ឬការធ្វើសេចក្តីសម្រេចផ្សេងៗនៅក្នុងក្រុមហ៊ុន។

បើក្រឡេកមើលទៅក្នុងចំណោមក្រុមហ៊ុនធំៗ Apple គឺជាក្រុមហ៊ុនពាណិជ្ជកម្មអេឡិចត្រូនិចដ៏ធំមួយលំដាប់ពិភពលោក។ ដោយមើលឃើញពីភាពវៃយន្តរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple និងអត្ថប្រយោជន៍នៃការព្យាករណ៍ហេតុនេះហើយ ទើបយើងខ្ញុំសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសយកប្រធានបទ “ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ” មកសិក្សាស្រាវជ្រាវ ដើម្បីជាគម្រោងការប្រៀបធៀបម៉ូដែលសមស្របសម្រាប់ព្យាករណ៍ការលក់។

២. ចំណោទបញ្ជីនៃការស្រាវជ្រាវ

ដោយសារការព្យាករណ៍ការលក់ មានឥទ្ធិពលយ៉ាងខ្លាំងទៅលើផ្នែកផ្សេងៗជាច្រើនក្នុងវិស័យធុរកិច្ច ដែលបានធ្វើឱ្យក្រុមហ៊ុនចាប់ផ្តើមពង្រឹងសមត្ថភាពរបស់ខ្លួនទៅលើការជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រដែលល្អ និងសមស្រប ដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ឱ្យមានប្រសិទ្ធភាព។ ការព្យាករណ៍ការលក់ដែលត្រឹមត្រូវ អាចបង្កើតឱកាសជាច្រើនដល់ក្រុមហ៊ុន ឬអាជីវកម្ម ដើម្បីអភិវឌ្ឍន៍ខ្លួនឱ្យរីកចម្រើន។ ហេតុនេះហើយ បានជាការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនេះ ចង់សិក្សាស្វែងយល់ថា៖

- តើក្រុមហ៊ុន Apple មានលក់សេវាកម្ម និងទំនិញអ្វីខ្លះ?
- តើម៉ូដែលព្យាករណ៍ណាខ្លះដែលសមស្របចំពោះទិន្នន័យលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple?
- តើម៉ូដែលមួយណាដែលល្អបំផុតសម្រាប់ព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple?

៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនេះមានគោលបំណងមួយចំនួនដូចជា៖

- ស្វែងយល់ពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple
- ស្វែងរកម៉ូដែលព្យាករណ៍សមស្រប សម្រាប់ព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple
- ជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលល្អបំផុត ដើម្បីព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

៤. ទំហំ និងដៃគូនៃការស្រាវជ្រាវ

ក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទមួយនេះ ផ្តោតសំខាន់ទៅលើស្ថានភាពទូទៅ និងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍បែបបរិមាណវិស័យដូចជា ម៉ូដែល Naive ម៉ូដែល Moving Average ម៉ូដែល Exponential Smoothing និងម៉ូដែល Autoregressive មកធ្វើការព្យាករណ៍ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ និងចុងក្រោយ គឺការប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែលទាំងអស់ដើម្បីជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលល្អបំផុត។ ម្យ៉ាងទៀតសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនេះបានប្រើប្រាស់ទិន្នន័យត្រឹមតែ ២២ ឆ្នាំ ហើយម្យ៉ាងទៀតមិនបានប្រើប្រាស់នូវម៉ូដែលព្យាករណ៍ តាមម៉ូដែលបរិមាណវិស័យដូចជា Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) និងផ្សេងៗទៀត ព្រមទាំងមិនបានប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យផងដែរ។

៥. សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវ

ក្នុងស្នាដៃនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ បានបង្កប់នូវការគិតគ្រិះរិះពិចារណា និងការគណនាជាច្រើនទៅតាមវិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍នីមួយៗ ហើយស្នាដៃនេះពិតជាមានសារៈប្រយោជន៍ណាស់ដូចជា៖

- អាចជាវិធីសាស្ត្រមួយជួយអ្នកគ្រប់គ្រង ឬម្ចាស់អាជីវកម្មអាចធ្វើការប៉ាន់ស្មានពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន និងជាជំនួយក្នុងការរៀបចំយុទ្ធសាស្ត្រ ដើម្បីកាត់បន្ថយហានិភ័យនៅថ្ងៃខាងមុខដោយពឹងផ្អែកទៅលើតែទិន្នន័យអតីតកាល។
- សម្រាប់ជាចំណេះដឹងបន្ថែមដល់សិស្ស និស្សិត និងអ្នកស្រាវជ្រាវជំនាន់ក្រោយ ដើម្បីជាទុនក្នុងការសិក្សាល្បែងយល់ពាក់ព័ន្ធនឹងការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍។
- អាចជួយពង្រីកចំណេះដឹងបន្ថែមរបស់យើងខ្ញុំដែលបានសិក្សាអស់រយៈពេល៤ឆ្នាំកន្លងមកនេះ និងជាឱកាសក្នុងការអនុវត្តទ្រឹស្តីស្របទៅនឹងស្ថានភាពជាក់ស្តែងរបស់ក្រុមហ៊ុន។

៦. វិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវ

៦.១ ប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវ

ដើម្បីឱ្យការស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទ “ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple” នេះប្រព្រឹត្តទៅបានជោគជ័យ ការស្រាវជ្រាវមួយនេះបានជ្រើសរើសយកវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យមកធ្វើប្រើប្រាស់។ វិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យនេះ គឺជាប្រភេទនៃការស្រាវជ្រាវដែលប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យានិងទិន្នន័យអតីតកាលទាំងស្រុង ដើម្បីយកមកវិភាគប៉ាន់ស្មានទៅលើទិន្នន័យដែលនឹងយកមកព្យាករណ៍នាពេលអនាគត។

៦.២ ការប្រមូលទិន្នន័យ

ទិន្នន័យដែលយកមកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ គឺត្រូវបានប្រើប្រាស់នូវទិន្នន័យដែលមានស្រាប់ ឬទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple រយៈពេល២២ឆ្នាំ ចាប់ពីឆ្នាំ២០០០ ដល់ឆ្នាំ២០២១។ ការប្រមូលទិន្នន័យដែលយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការស្រាវជ្រាវមួយនេះ ត្រូវបានដកស្រង់ចេញពីប្រភពជាច្រើនដូចជា របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple គេហទំព័រក្រុមហ៊ុន Apple អត្ថបទស្រាវជ្រាវ និងឯកសារផ្សេងៗទៀតនៅតាមប្រព័ន្ធអ៊ីនធឺណិត។

៦.៣ ការវិភាគទិន្នន័យ

បន្ទាប់ពីប្រមូលទិន្នន័យការលក់ពីឆ្នាំ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ ដែលជាទិន្នន័យ Time Series ត្រូវបានប្រមូលមកធ្វើការពណ៌នាវាតាមក្រាបបន្ទាត់ រង្វាស់ទីតាំងកណ្តាល និងរង្វាស់ពង្រាយស្ថិតិ ហើយបន្តមកទៀតក៏ប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍តាមបរិមាណវិស័យមកធ្វើការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។ ម៉ូដែលទាំងនោះរួមមាន៖ ម៉ូដែល Naive (Absolute Change and Relative Change) ម៉ូដែល Moving

Average (Double Moving Average) ម៉ូដែល Exponential Smoothing (Double Exponential Smoothing and Holt's Method of Exponential Smoothing) និងម៉ូដែល Autoregressive។ បន្ទាប់ពីធ្វើតេស្តលើម៉ូដែលទាំងអស់នេះរួចហើយ យើងធ្វើការគណនាតម្លៃលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនីមួយៗ ហើយម៉ូដែលណាដែលមានតម្លៃលម្អៀងតូចជាងគេម៉ូដែលនោះ គឺជាម៉ូដែលដែលល្អបំផុតដើម្បីយកទៅធ្វើការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។ វិធីសាស្ត្រសម្រាប់វាស់លម្អៀងទាំងអស់នោះមានដូចជា៖

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

មួយវិញទៀត នៅក្នុងការសិក្សានេះក៏ប្រើប្រាស់កម្មវិធី Microsoft Excel និង Minitab.v19.1x64 ដើម្បីជាជំនួយក្នុងការគណនា និងវិភាគផងដែរ។

៧. វេនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះត្រូវបានបែងចែកដូចខាងក្រោម៖

សេចក្តីផ្តើម៖ បង្ហាញពីគោលបំណងនៃការជ្រើសរើសប្រធានបទនេះឡើង ដោយបរិយាយពីទំហំនៃការស្រាវជ្រាវ ដែនកំណត់ គោលបំណង សារៈសំខាន់ និងវិធីសាស្ត្រនៃការស្រាវជ្រាវ។ ក្នុងនោះផ្នែកនេះ យើងក៏បានបញ្ចូលនូវវេនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ ដើម្បីឱ្យអ្នកអានងាយស្រួលយល់ និងអានផងដែរ។

ជំពូកទី១ រំលឹកទ្រឹស្តី៖ ក្នុងជំពូកនេះ គឺផ្តោតសំខាន់ទៅលើការរំលឹកទ្រឹស្តីសញ្ញាណទូទៅនៃការព្យាករណ៍ដោយរៀបរាប់អំពី អត្ថន័យនៃការព្យាករណ៍ សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍ ការបកស្រាយលម្អិតពីសមាសធាតុនីមួយៗរបស់ Time Series Data វិធីសាស្ត្រក្នុងការព្យាករណ៍ និងការវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ទាំងមូល។

ជំពូកទី២ ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple៖ ក្នុងជំពូកនេះ គឺបង្ហាញពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ការរីកចម្រើន និងការវិវត្តរបស់ក្រុមហ៊ុនរហូតមកដល់ពេលបច្ចុប្បន្ន ហើយក៏បានលើកឡើងពី

ចក្ខុវិស័យ ទស្សនវិស័យ និងគុណតម្លៃនៃភាពច្នៃប្រឌិតរបស់ក្រុមហ៊ុនដោយរួមបញ្ចូលមុខទំនិញ និងសេវាកម្ម
របស់ក្រុមហ៊ុន ដែលបានដាក់លក់នៅលើប្រព័ន្ធអ៊ីនធឺណេត។

ជំពូកទី៣ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple: ជំពូកនេះ យើងយក
ម៉ូដែលការព្យាករណ៍តាមទ្រឹស្តីមកអនុវត្តផ្ទាល់ជាមួយទិន្នន័យលក់ជាក់ស្តែងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ
២០០០ ដល់ឆ្នាំ២០២១ ជាពិសេស គឺការធ្វើតេស្តទៅលើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ ដើម្បីជ្រើសយកម៉ូដែលដែល
ល្អបំផុតសម្រាប់ក្រុមហ៊ុន តាមរយៈការប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងនៃម៉ូដែលនីមួយៗ។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍: ក្នុងចំណុចចុងក្រោយនេះ គឺជាការសន្និដ្ឋានទៅលើ
លទ្ធផលដែលទទួលបានបន្ទាប់ពីបានធ្វើការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន រួមទាំងការចូលរួមនូវការផ្តល់
មតិយោបល់ទៅលើការអនុវត្ត និងការព្យាករណ៍ជាបន្តបន្ទាប់នៅពេលក្រោយឱ្យកាន់តែមានប្រសិទ្ធភាព។

ជំពូកទី១

រំលឹកប្រវត្តិសាស្ត្រ

ជំពូកទី១ រំលឹកទ្រឹស្តី

នៅក្នុងការសិក្សាជំពូកទី១នេះ យើងធ្វើការរំលឹកទ្រឹស្តីអំពីការព្យាករណ៍ដែលក្នុងនោះយើងលើកឡើងអំពីការសិក្សាទៅលើនិយមន័យ ពាក្យគន្លឹះ សារៈសំខាន់ និងម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍។

១.១ អត្ថន័យនៃការព្យាករណ៍

យោងតាមការសិក្សាស្រាវជ្រាវ អត្ថន័យនៃពាក្យ “ការព្យាករណ៍” ត្រូវបានគេឱ្យនិយមន័យផ្សេងៗគ្នា តាមរយៈអ្នកបច្ចេកទេស ឬអ្នកនិពន្ធជាដើម។ ពាក្យថា “ការព្យាករណ៍” (Forecasting) មានន័យថា គឺជាការទស្សន៍ទាយទុកជាមុនឱ្យបានត្រឹមត្រូវតាមដែលអាចធ្វើទៅបាន ដែលផ្អែកនូវរាល់ព័ត៌មានដែលមានទាំងអស់រួមទាំងទិន្នន័យពីអតីតកាល និងចំណេះដឹងពីព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគត។ នេះបើយោងទៅតាមសៀវភៅ Forecasting: Principles and Practice, 2nd edition របស់លោក Rob J Hyundman និង លោក George Athanansopoulos។ យោងតាមលោក Ricky W. Griffin បានកំណត់និយមន័យនៃពាក្យព្យាករណ៍ថា " ការព្យាករណ៍សំដៅទៅលើដំណើរការនៃបង្កើតការសន្មតពីអនាគតដែលនិយោជកអាចប្រើប្រាស់ក្នុងការរៀបចំផែនការ និង ការធ្វើការសម្រេចចិត្ត"។

បើផ្អែកទៅតាមសៀវភៅ Introduction Time Series Analysis and Forecasting ដែលនិពន្ធឡើងដោយលោក Douglas C.Montgomery, Cheryl L. Jennings និង Marat Kulahci បានឱ្យនិយមន័យនៃការព្យាករណ៍ថាគឺជាការទស្សន៍ទាយពីព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគត ឬព្រឹត្តិការណ៍ផ្សេងៗដែលអាចកើតមានឡើង។

តាមសៀវភៅរបស់លោក Jay Heizer និង Barry Render ដែលមានចំណងជើងថា Flexible Management ការព្យាករណ៍ ត្រូវបានកំណត់និយមន័យថា “ការព្យាករណ៍ជាការទស្សន៍ទាយពីព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគត”។ ការព្យាករណ៍ អាចពាក់ព័ន្ធនឹងការយកទិន្នន័យពីអតីតកាលទៅធ្វើការប៉ាន់ស្មានទៅពេលអនាគតដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យា។ ការព្យាករណ៍ក៏អាចជាការទស្សន៍ទាយដោយផ្អែកលើគំនិតរបស់បុគ្គល ឬទស្សន៍ទាយដោយផ្អែកលើអំណាចអង្គនុរោញណា។ ការព្យាករណ៍អាចជាការទស្សន៍ទាយដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការរួមបញ្ចូលវិធីសាស្ត្រទាំងពីរ ដែលសំដៅលើម៉ូដែលគណិតវិទ្យា ដែលត្រូវបានកែតម្រូវដោយការវិនិច្ឆ័យដ៏ល្អរបស់អ្នកគ្រប់គ្រង”។

១.២ ប្រវត្តិនៃការព្យាករណ៍

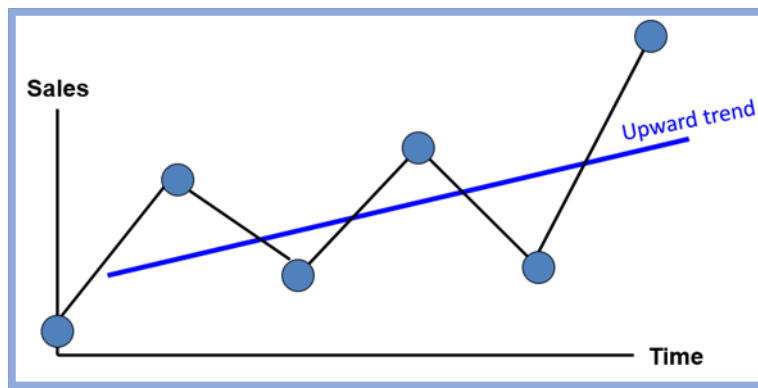
ការព្យាករណ៍ត្រូវបានគេយកទៅធ្វើការប៉ាន់ស្មាន និងទស្សន៍ទាយការវិវឌ្ឍនាពេលអនាគតនៅក្នុង អាជីវកម្មដូចជា ការលក់ ការចំណាយ និងប្រាក់ចំណេញផ្សេងៗ ហើយការព្យាករណ៍នេះត្រូវបានគេយកមកប្រើ ប្រាស់ជាយូរណាស់មកហើយ។ ដោយឡែកនៅក្នុងសៀវភៅប្រវត្តិនៃហានិភ័យ ដែលបាននិពន្ធដោយលោក Peter Bernstein ឆ្នាំ១៩៩៦ បានកំណត់ថាការវិវឌ្ឍនៃការព្យាករណ៍ធុរកិច្ចនៅក្នុងសតវត្សទី១៧ គឺជានវានុវត្តន៍ យ៉ាងសំខាន់ជាងគេ។ លោក Peter Bernstein បានសរសេរទាក់ទងនឹងការព្យាករណ៍ថា “ការព្យាករណ៍ដែល ត្រូវបានគេរិះគន់ជាយូរណាស់មកហើយថាជាការខ្លះខ្លាយពេលវេលាដ៏ល្អបំផុត និងបានក្លាយជាការតម្រូវការ ចាំបាច់ដាច់ខាតនៅក្នុងសតវត្សទី១៧ សម្រាប់សហគ្រិនដែលផ្សេងៗ និងហ៊ានប្រថុយប្រថានប្រឈមមុខ ទៅនឹង ហានិភ័យនៅពេលអនាគតទៅតាមគម្រោងរបស់ពួកគេ។” ក្នុងរយៈពេលជាង៣០០ឆ្នាំ បន្ទាប់ពីការ ព្យាករណ៍ត្រូវបានវិវឌ្ឍ ហើយវិធីសាស្ត្រក្នុងការព្យាករណ៍ដែលផ្អែកលើទិន្នន័យជាក់លាក់ ក៏ចាប់ផ្តើមកើតមាន ឡើង ជាពិសេសនៅក្នុងសតវត្សទី២០។ វិធីសាស្ត្រក្នុងការប្រើប្រាស់ទិន្នន័យដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍រួមមាន Regression Analysis, Decomposition, Smoothing, និងAutoregressive Moving Average។ វិធីសាស្ត្រដែលបានរៀបរាប់ខាងលើនេះ គឺមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ ហើយអាចយកទៅធ្វើការព្យាករណ៍បានយ៉ាង ងាយស្រួលនៅក្នុងការព្យាករណ៍តាមប្រព័ន្ធ Software។

ស្របទៅតាមការអភិវឌ្ឍនៃវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ផ្អែកលើទិន្នន័យ វិធីសាស្ត្រតាមការវិនិច្ឆ័យ និងតួនាទីនៃ ការវិនិច្ឆ័យនៅក្នុងការព្យាករណ៍បានវិវឌ្ឍគួរឱ្យកត់សម្គាល់ផងដែរ។ ក្នុងរយៈពេល ២៥ឆ្នាំចុងក្រោយនេះ ប្រសិន បើមិនមានទិន្នន័យពីអតីតកាលយកមកប្រើប្រាស់នោះទេ ការវិនិច្ឆ័យរបស់មនុស្សប្រហែលជាមានវិធីសាស្ត្រតែ មួយគត់ក្នុងការទស្សន៍ទាយ ឬប៉ាន់ស្មាននៅថ្ងៃអនាគត។ ក្នុងករណីដែលទិន្នន័យត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ ការវិនិច្ឆ័យត្រូវបានប្រើប្រាស់ដើម្បីពិនិត្យឡើងវិញ និងកែប្រែការព្យាករណ៍ដែលបានមកពីការប្រើវិធីសាស្ត្រ បរិមាណវិស័យឱ្យកាន់តែច្បាស់លាស់ល្អ។ ដោយសារតែមានការវិវឌ្ឍនិងការរីកចម្រើនយ៉ាងឆាប់រហ័សនៃ ឥទ្ធិពលកុំព្យូទ័រជាមួយនឹងបណ្តុំ Software ជឿនលឿនដែលអាចបើកឱកាសឱ្យអ្នកព្យាករណ៍អាចធ្វើការ ព្យាករណ៍ពីទិន្នន័យនាពេលអនាគតបានលឿន និងមានភាពងាយស្រួល។ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយការ ព្យាករណ៍ក៏នៅតែត្រូវការការវិនិច្ឆ័យ និងការត្រិះរិះពិចារណាឱ្យត្រឹមត្រូវពីអ្នកគ្រប់គ្រង ដើម្បីចៀសវាងការសម្រេច ចិត្តមិនត្រឹមត្រូវដែលអាចធ្វើឱ្យការព្យាករណ៍ត្រូវការការចំណាយអស់ច្រើន។ នាពេលបច្ចុប្បន្ននេះនីតិវិធីនៃការ ព្យាករណ៍ត្រូវបានបន្តប្រើប្រាស់ និងអភិវឌ្ឍជាបន្តបន្ទាប់ ដើម្បីឱ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍កាន់តែមានប្រសិទ្ធ ភាព និងភាពត្រឹមត្រូវ។

១.៣ ទិន្នន័យប្រភេទ Trend

Trend ជាទិន្នន័យប្រភេទ Time Series ដែលបានកើតមានឡើងនៅពេលមានមានការកើនឡើង ឬ ថយចុះរយៈពេលវែងនៅក្នុងទិន្នន័យ។ ម៉្យាងទៀត ចលនាកើនឡើង ឬថយចុះនៃទិន្នន័យនេះនៅក្នុងរយៈពេល វែង គឺមានលក្ខណៈទៀងទាត់។ Trend អាចជាលំនាំឡើង (Upward Pattern) ឬលំនាំចុះ (Downward Pattern)។ ប្រសិនបើទិន្នន័យមានលំនាំកើនឡើងក្នុងរយៈពេលណាមួយ នោះគេអាចសន្មតថាទិន្នន័យនោះ ជា Trend វិជ្ជមាន។ ប្រសិនបើកម្រិតទិន្នន័យនោះថយចុះ គេសន្មតថាទិន្នន័យនេះមាន Trend អវិជ្ជមាន។ ចំពោះទិន្នន័យដែលអាចចាត់ទុកថាជា Stationary គឺនៅពេលទិន្នន័យ Trend មិនមានការកើនឡើង ឬ ថយចុះ។¹ ទិន្នន័យនេះមានការប្រែប្រួលដោយសារកត្តាជះឥទ្ធិពលដូចជា ការប្រែប្រួលនៃចំណូលការប្រែប្រួល នៃបំណែងចែកអាយុ ការប្រែប្រួលនៃចំនួនប្រជាជន ការប្រែប្រួលបច្ចេកវិទ្យា ការប្រែប្រួលនៃទស្សនៈទៅលើ វប្បធម៌ ការប្រែប្រួលនៃចំនួនសាលាជាដើម សុទ្ធតែបង្ហាញពីលំនាំនៃការផ្លាស់ប្តូរ។ ក្រាបខាងក្រោមបង្ហាញថា ទិន្នន័យ Trend នៅក្នុង Time Series Data ដែលមានសមាសធាតុជា Trend ។

រូបភាពទី ១.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពី Trend Component



សមាសធាតុ Trend នៃ Time Series អាចបង្ហាញតាមក្រាបចេញជា ២ ប្រភេទគឺ Linear Trend និង Nonlinear Trend។ នៅពេលដែលសំណុំនៃទិន្នន័យផ្តុំនៅជុំវិញបន្ទាត់ត្រង់នោះទិន្នន័យនោះមាន Trend ជាលីនេអ៊ែរ (Linear)។ ក្នុងករណីដែលសំណុំនៃទិន្នន័យមិនផ្តុំនៅជុំវិញបន្ទាត់ត្រង់ទិន្នន័យ នោះជាប្រភេទមិន លីនេអ៊ែរ (Nonlinear Trend)។²

¹ Keating, J. Hoton Wilon and Barry, 2008, Business Forecasting with ForecastX™, 6th Edition, page 60

² Gerbing, David, 2016, "Time Series Components." Portland State University, page 1-2

រូបភាពទី១.៤៖ បង្ហាញពី Linear Trend និង Nonlinear Trend



១.៤ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ Trend តាមមេគុណ Autocorrelation

ជាទូទៅ នៅពេលអថេរដែលគេចង់ព្យាករណ៍ត្រូវបានសិក្សាក្នុងរយៈពេលវែង តម្លៃការសង្កេតនៃអថេរនោះនៅតាមរយៈពេលផ្សេងៗគ្នា គឺតែងមានទំនាក់ទំនងគ្នា (Correlate)^១ គេអាចធ្វើការសិក្សាពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរ Correlation នេះដោយប្រើមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient ឬ Autocorrelation Function (ACF)^១ Autocorrelation គឺសំដៅទៅដល់ទំនាក់ទំនង (Correlation) រវាងតម្លៃសង្កេតដែលមានលំដាប់តាមពេល ឬតម្លៃសង្កេតដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នាដោយអំឡុងពេលមួយគ្រា ឬច្រើនគ្រា (Lagged Variables)^១

ដើម្បីកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ ឬលំនាំទិន្នន័យ (Data Pattern) ដែលយកមកព្យាករណ៍ថាជាសមាសធាតុ Trend, Seasonal, Cyclical ឬ Random Component យើងត្រូវសិក្សាពីមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient ដោយគណនាតាមរូបមន្តខាងក្រោម ឬតាមកម្មវិធី Minitab និងវិភាគទៅលំនាំទិន្នន័យនៃសំណុំតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនងតាមក្រាបរបស់ Autocorrelation Function (ACF) បានមកពីកម្មវិធី Minitab^១

រូបមន្តសម្រាប់គណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient នៅ lag k (r_k) រវាងតម្លៃសង្កេត Y_t និង Y ដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នាអំឡុងពេល k គឺ^១

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

ដែល k = គម្លាតនៃអំឡុងពេលដែលត្រូវបានហៅថា lag

^១ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 18-20

r_k = មេគុណទំនាក់ទំនងសម្រាប់ lag នៃគម្លាតអំឡុងពេល k

\bar{y} = មធ្យមនៃតម្លៃសង្កេតរបស់ទិន្នន័យ *Time series*

Y_t = តម្លៃសង្កេតនៃរយៈពេល t

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

កំណត់សម្គាល់

បើទិន្នន័យជា Trend នោះមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation រវាង Y_t និង Y_{t-k} មានតម្លៃធំបំប៉ងសម្រាប់ Lag មានតម្លៃតូចហើយ Autocorrelation មានតម្លៃតូចទៅៗខិតទៅរកសូន្យនៅពេលចំនួន Lag កើនឡើង។ ម៉្យាងទៀត ACF សម្រាប់ Lag 1 ជាញឹកញាប់នឹងមានតម្លៃធំខ្លាំង (ជិតស្មើ 1) ហើយ ACF សម្រាប់ Lag 2 ក៏ធំដែរ តែមិនមានតម្លៃធំដូចនៅ Lag 1 ទេ។

១.៥ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ

វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ គឺជាវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍អំពីអនាគតដោយផ្អែកទៅលើតួលេខ ទាំងស្រុងក្នុងការគណនាវិភាគ និងការព្យាករណ៍ប៉ាន់ស្មានទៅអនាគត។ វិធីសាស្ត្រនេះជាវិធីសាស្ត្រដែលត្រូវបានជ្រើសរើសយកមកព្យាករណ៍នៅពេលដែលអ្នកព្យាករណ៍មានប្រភពនៃទិន្នន័យ និងទិន្នន័យដើម្បីអាចប្រមូលយកមកធ្វើការព្យាករណ៍។ វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានគេហៅម៉្យាងទៀតថាជាម៉ូដែលស្ថិតិ។ វាអាចសង្ខេបទិន្នន័យ និងបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងស្ថិតិរវាងតម្លៃអចេរនៅពេលអតីតកាល និងបច្ចុប្បន្នកាល។ ម្យ៉ាងទៀតវិធីសាស្ត្របែបនេះ គឺអាចប្រើដើម្បីដឹងពីលំនាំអតីតកាល និងបច្ចុប្បន្នកាលដើម្បីប៉ាន់ស្មានពីអនាគត។

វិធីសាស្ត្រនេះ ប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យា និងទិន្នន័យពីអតីតកាលទាំងស្រុង ដើម្បីយកមកវិភាគប៉ាន់ស្មានទៅលើទិន្នន័យដែលនឹងយកមកព្យាករណ៍ទៅអនាគត។ វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានគេនិយមប្រើប្រាស់ជាញឹកញាប់ និងមានឥទ្ធិពលគ្របដណ្តប់លើការព្យាករណ៍ធុរកិច្ចដោយសារវិធីសាស្ត្រនេះបានផ្តល់នូវជំហានក្នុងការអនុវត្តបន្តគ្នាជាប្រព័ន្ធដែលយកមកធ្វើតាមលំនាំដូចគ្នា (Replication) ហើយអនុវត្តនៅក្នុងស្ថានភាពអាជីវកម្ម និងសេដ្ឋកិច្ចផ្សេងៗគ្នាជាច្រើន។ នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ មានប្រភេទជាច្រើនទៀត ដែលត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាទូទៅ។ នៅក្នុងនោះម៉ូដែលដែលត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាងគេគឺជា ម៉ូដែល Regression ម៉ូដែល Smoothing និងម៉ូដែល Time Series ដែលនៅក្នុងម៉ូដែល Time Series មានម៉ូដែលតូចៗជាច្រើន ដូចជាម៉ូដែល Naive, Moving average, ម៉ូដែល Exponential Smoothing និងម៉ូដែល Regression ជាដើម។

១.៦ សំណើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍សម្រាប់ទិន្នន័យ Trend (Postposed Times Series

Forecasting Models For Trend)

ម៉ូដែល Time Series ជាម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលពឹងផ្អែកទាំងស្រុងទៅលើតម្លៃបច្ចុប្បន្ន និងអតីតកាលនៃអថេរមួយ ដើម្បីព្យាករណ៍តម្លៃទៅអនាគត។ ការសន្មតរបស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍ Time Series គឺទិន្នន័យពីអតីតកាលជាសូចនាករព្យាករណ៍ដ៏ល្អពីអនាគត ហេតុនេះម៉ូដែលនេះធ្វើការសង្កេតពីលំនាំទិន្នន័យ (Data Pattern) ពីពេលអតីតកាលនៃទិន្នន័យ ហើយយកលំនាំ (Pattern) និងសំណុំនៃទិន្នន័យពីអតីតកាលមកធ្វើការព្យាករណ៍ទៅអនាគត។ ម៉ូដែល Time Series មានសារៈប្រយោជន៍ខ្លាំងក្នុងការជ្រើសរើសមកធ្វើការព្យាករណ៍នៅពេលអ្នកព្យាករណ៍ និងអ្នកគ្រប់គ្រងមានទិន្នន័យពីអតីតកាលច្រើន និងពេលមានលំនាំទិន្នន័យដែលអាចមើលឃើញបាន ឬនៅពេលទិន្នន័យមានការប្រែប្រួលយឺត ឬទៀងទាត់។ បន្ថែមពីលើនេះទៅទៀតម៉ូដែលនេះផ្តល់លទ្ធផលល្អបំផុតនៅពេលយកមកអនុវត្តក្នុងការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី។⁴

១.៦.១ ម៉ូដែល Naive

ម៉ូដែល Naive ជាម៉ូដែលព្យាករណ៍ពីអនាគតដោយផ្អែកទាំងស្រុងលើតម្លៃសង្កេតចាស់ៗពីអតីតកាលនៃអថេរដូចជា ការលក់ ប្រាក់ចំណូលជាដើម ដើម្បីព្យាករណ៍ទៅគ្រាបន្ទាប់។ ម្យ៉ាងទៀតម៉ូដែលនេះមិនសិក្សាពន្យល់ពីទំនាក់ទំនង និងលទ្ធផលដែលបង្កើតបានជាអថេរដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍ទេ។ ម៉ូដែល Naive ជាម៉ូដែលដែលប្រសើរសម្រាប់ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លីហ្នឹងក្នុងករណីដែលលំនាំទិន្នន័យ (Data Pattern) របស់ទិន្នន័យមិនសូវមានការប្រែប្រួលពីអំឡុងពេលមួយទៅអំឡុងពេលមួយទៀត។

គុណសម្បត្តិនៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Naive គឺម៉ូដែលនេះជាវិធីសាស្ត្រក្នុងការព្យាករណ៍សាមញ្ញជាងគេក្នុងចំណោមវិធីសាស្ត្រទាំងអស់ ដែលត្រូវការតែការបញ្ចូលទិន្នន័យពីតម្លៃសង្កេតថ្មីៗដោយមិនចាំបាច់អនុវត្តន៍ការវិភាគស្ថិតិមានភាពងាយស្រួលក្នុងការប្រើប្រាស់ មិនចំណាយច្រើនក្នុងការបង្កើតម៉ូដែលការរក្សាទុកទិន្នន័យ និងការធ្វើប្រតិបត្តិការជាដើម។

ជាទូទៅអាជីវកម្មថ្មីៗច្រើនប្រឈមមុខនឹងការព្យាករណ៍ដែលមានទិន្នន័យតិចតួចក្នុងស្ថានភាពបែបនេះការព្យាករណ៍ដែលប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Naive គឺជាជម្រើសយ៉ាងល្អបំផុត ព្រោះក្នុងការព្យាករណ៍គេចាត់ទុកវាថាជាជម្រើសល្អមួយក្នុងជម្រើសជាច្រើន ដើម្បីប៉ាន់ស្មានពីអនាគត។

លក្ខណៈពិសេសរបស់ម៉ូដែល Naive ៖

⁴ Sunil Chopra and Peter Operation, 2016, Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, 6th edition, page 191-192

- ងាយស្រួលប្រើ
- ចំណាយតិចបំផុត
- មានភាពហ័ស និងងាយស្រួលរៀបចំ
- ងាយស្រួលយល់
- អាចផ្តល់ភាពត្រឹមត្រូវបានខ្ពស់

ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Naive មានដូចជា៖

- ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)
- ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)

១.៦.១.១ ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)

Absolute Change Model (ACM) ជាម៉ូដែលសាមញ្ញមួយនៅក្នុង Naive Models ដែលត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករណ៍ប្រភេទទិន្នន័យមានសមាសធាតុ ឬលំនាំទិន្នន័យ (Data Pattern) ជា Trend។ ដើម្បីព្យាករណ៍ទិន្នន័យប្រភេទ Trend ម៉ូដែល ACM បន្ថែមភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃសង្កេតគ្រាប់ច្រូប្យន្ននេះ និងគ្រាប់ច្រូប្យន្នទៅតម្លៃសង្កេតថ្មីបំផុត ដូចបង្ហាញក្នុងរូបមន្តខាងក្រោម។

រូបមន្តនៃម៉ូដែល ACM គឺ^៥៖

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

ដែល

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

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

១.៦.១.២ ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)

Relative Change Model (RCM) សំដៅលើម៉ូដែលនៃ Naive Models ដែលប្រើអត្រាបម្រែបម្រួលរវាងតម្លៃសង្កេតនាពេលបច្ចុប្បន្ននេះនិងពេលមុន (Rate of Change) ជាជាងការយកផលដករវាងតម្លៃសង្កេតគ្រាប់ច្រូប្យនេះ និងគ្រាប់ច្រូប្យន្នដើម្បីព្យាករណ៍ពីអនាគត។ ម៉ូដែលនេះសម្រាប់ប្រើក្នុងទិន្នន័យជា Trend ដូចខាងក្រោម៖

រូបមន្តនៃម៉ូដែល RCM គឺ^៦៖

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

⁵ Jae K. Shim and Joel G. Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3rd edition, page 236

⁶ Jae K. Shim and Joel G. Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3rd edition, page 236

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

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

១.៦.២ ម៉ូដែល Moving Averages

ជាការពិតណាស់នៅក្នុងអាជីវកម្ម អ្នកគ្រប់គ្រងតែងប្រឈមនឹងស្ថានភាពផ្សេងៗដែលតម្រូវឱ្យមានការធ្វើការព្យាករណ៍រាល់ថ្ងៃរាល់សប្តាហ៍ ឬរាល់ខែទៅលើការផលិត ការលក់ ឬសន្និធិដែលមានទំនិញជាច្រើនមុខ។ ជាញឹកញាប់អ្នកគ្រប់គ្រងមិនអាចបង្កើតម៉ូដែលព្យាករណ៍សុគតស្មាញដើម្បីព្យាករណ៍ទំនិញនីមួយៗបានឡើយ ហេតុនេះដើម្បីអាចព្យាករណ៍បានលឿនអ្នកគ្រប់គ្រងត្រូវពឹងផ្អែកលើវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍សម្រាប់ រយៈពេលដែលសាមញ្ញងាយរហ័ស និងមិនចំណាយច្រើនក្នុងការព្យាករណ៍។ ដូច្នេះម៉ូដែល Moving Averages ជាម៉ូដែលដែលអាចជ្រើសរើសមកព្យាករណ៍ក្នុងស្ថានភាពទាំងនេះ។

ម៉ូដែល Moving Averages ជាវិធីសាស្ត្រដែលប្រើមធ្យមទម្ងន់នៃតម្លៃសង្កេតពីអតីតកាល ដើម្បីធ្វើឱ្យទិន្នន័យមានភាពរលូនកាត់បន្ថយការប្រែប្រួលឡើងចុះរបស់ទិន្នន័យក្នុងរយៈពេលខ្លីក្នុងការព្យាករណ៍។ ម៉ូដែល Moving Averages ដែលគេអាចយកមកព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Trend មាន វិធីសាស្ត្រ Double Moving Average (DMA)។

១.៦.២.១ ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)

វិធីសាស្ត្រ Double Moving Average (DMA) គឺជាវិធីសាស្ត្រសម្រាប់ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Series ដែលមានសមាសធាតុជា Trend។ ពាក្យ Moving Average សំដៅដល់វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ដែលនៅពេលមានតម្លៃសង្កេតថ្មីមួយ មធ្យមថ្មីក៏ត្រូវបានគណនាដោយបន្ថែមតម្លៃនៃអថេរចុងក្រោយបង្អស់ ហើយដកចេញតម្លៃមុនគេបង្អស់នៅក្នុងការគណនា។ បន្ទាប់មក Moving Average នេះត្រូវបានយកទៅព្យាករណ៍សម្រាប់គ្រាបន្ទាប់។ Moving Average ដែលត្រូវជាមួយទិន្នន័យ Trend គឺ Double Moving Average ដូច្នេះនៅក្នុងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA ជាដំបូងអ្នកព្យាករណ៍ត្រូវគណនា Moving Average នៃទិន្នន័យជាលើកទីមួយ (M_t) បន្ទាប់មកគណនា Moving Average នៃទិន្នន័យជាលើកទី២ ដោយប្រើលទ្ធផលទិន្នន័យពី Moving Average ទីមួយ (M'_t)។ រូបមន្តខាងក្រោមនេះបានបង្ហាញពីវិធីគណនាកតម្លៃព្យាករណ៍តាម Double Moving Average (DMA) ដូចតទៅ៖⁷

M_t ជា Moving Average ទីមួយពី Y_t

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

⁷ John E. Hanke and Dean W. Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th Edition, page 116-118

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)

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

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

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

១.៦.៣ ម៉ូដែល Exponential Smoothing

Exponential Smoothing ជាវិធីសាស្ត្រដែលអ្នកគ្រប់គ្រងពេញនិយមតែងយកមកប្រើសម្រាប់ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី។ ខណៈពេលវិធីសាស្ត្រ Moving Averages យកតែទិន្នន័យថ្មីៗបំផុតមកពិចារណាក្នុងការគិតពីមធ្យមសម្រាប់ការគណនាតម្លៃព្យាករណ៍វិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing យកមធ្យមទម្ងន់នៃទិន្នន័យចាស់ៗទាំងអស់ជាមូលដ្ឋានសម្រាប់ការព្យាករណ៍។ ម៉ូដែលនេះឱ្យទម្ងន់ធ្ងន់ជាងគេទៅលើតម្លៃការសង្កេតថ្មីៗហើយទម្ងន់តូចទៅលើតម្លៃការសង្កេតចាស់ៗក្នុងអំឡុងពេលយូរមកហើយដោយហេតុថាតម្លៃព្យាករណ៍ទៅអនាគត គឺពឹងផ្អែកលើតម្លៃថ្មីៗពីអតីតកាលជាជាងតម្លៃចាស់ៗយូរមកហើយក្នុងអតីតកាល។ នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing នេះតម្លៃព្យាករណ៍ត្រូវបានគណនាឡើងវិញ ពេលមានទិន្នន័យថ្មីៗក្នុងការព្យាករណ៍។ អត្ថប្រយោជន៍នៃវិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing គឺការមិនចំណាយច្រើនដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ និងមានភាពសាមញ្ញងាយស្រួលក្នុងការប្រើ។ អ្វីដែលគួរឱ្យកត់សម្គាល់ជាទូទៅនៅពេលមានតម្រូវការធ្វើការព្យាករណ៍ទៅលើសន្និធិដែលមានទំនិញរាប់ពាន់ប្រភេទវិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing ផ្តល់ការព្យាករណ៍បានល្អហើយត្រូវបានគេយកមកប្រើប្រាស់ជាញឹកញាប់។⁸

១.៦.៣.១ ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)

Double Exponential Smoothing (DES) ជាវិធីសាស្ត្រនៃ Exponential Smoothing ប្រើសម្រាប់

⁸John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 73

ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Series ដែលមានសមាសធាតុជា Trend^១

ដើម្បីព្យាករណ៍ទៅអនាគតតាមម៉ូដែល DES ត្រូវអនុវត្តតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖^៩

គណនា Exponential Smoothing ទីមួយ

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S_{t-1}$$

គណនា Exponential Smoothing ទីពីរ

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

រកមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficient of Linear Equation)

$$a_t = 2S_t - S'_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t - S'_t)$$

បង្កើតសមីការព្យាករណ៍

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

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

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

p = ចំនួនរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍

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

កំណត់សម្គាល់៖ ចំពោះ Smoothing Constant (α) តម្លៃ α ដែលល្អបំផុត គឺជាតម្លៃដែលធ្វើឱ្យមានលម្អៀង (Error) តូចជាងគេក្នុងការព្យាករណ៍។

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

វិធីសាស្ត្រ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES) ជាម៉ូដែលមួយប្រភេទទៀត ដើម្បីព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Trend របស់ទិន្នន័យ Times Series^១ វិធីសាស្ត្រនេះ គឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវិធីព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រ DES ដែរ ដោយមានភាពខុសគ្នាពី DES គឺថា HES ធ្វើឱ្យទិន្នន័យ Trend និងចំណោទខ្សែកោងក្នុងទិន្នន័យ Time Series មានភាពរលូន ដោយប្រើ Smoothing Constant ពីរផ្សេងគ្នា (α និង β) នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រធ្វើឱ្យមានភាពរលូន។

^១A. Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2th edition, page 118

រូបមន្តចំនួនបីដែលត្រូវបានប្រើក្នុងវិធីសាស្ត្រ HES គឺ៖¹⁰

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

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

កំណត់សម្គាល់៖ ចំពោះ Smoothing Constant (α និង β) តម្លៃ α និង β ដែលល្អបំផុត គឺជាតម្លៃដែលធ្វើឱ្យមានលម្អៀង (Error) តូចជាងគេក្នុងការព្យាករណ៍។

១.៦.៤ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

ម៉ូដែល Autoregressive ជាវិធីសាស្ត្រមួយដែលតែងតែត្រូវបានគេនិយមប្រើប្រាស់ជាទូទៅក្នុងវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ Time Series Forecasting ជាពិសេសសម្រាប់ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Series ដែលមាន Autocorrelation។ ម៉ូដែល Autoregressive ជាវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដែលបង្ហាញតម្លៃព្យាករណ៍នៃអថេរអនុគមន៍នៃតម្លៃពីមុនៗនៃអថេរនោះ។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទីមួយ AR (1) សំដៅទៅលើទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរតៗគ្នានៅក្នុងទិន្នន័យ Time Series។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទីពីរ AR (2) សំដៅដល់ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរដែលនៅឃ្លាតពីគ្នាពីរអំឡុងពេល។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី p សំដៅដល់ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរដែលនៅឃ្លាតពីគ្នា p អំឡុងពេល។¹¹

¹⁰ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 127

¹¹Mark L. Berenson, David M. Levine, Timothy C. Krehbiel, 2012, Basic Statistics: Concepts and Application, 12th edition, page 684

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទីមួយ AR (1)៖¹²

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទីពីរ AR (2)៖

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

រូបមន្ត Autoregressive Model លំដាប់ទី p (AR) P ៖

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

ដែល

Y_t = the response (dependent) variable at time t

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}$ = the response variable at time lags $t - 1, t - 2, \dots, t - p$

respectively (Independent variable)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ = the coefficient to be estimated

ε_t = the error term at time t

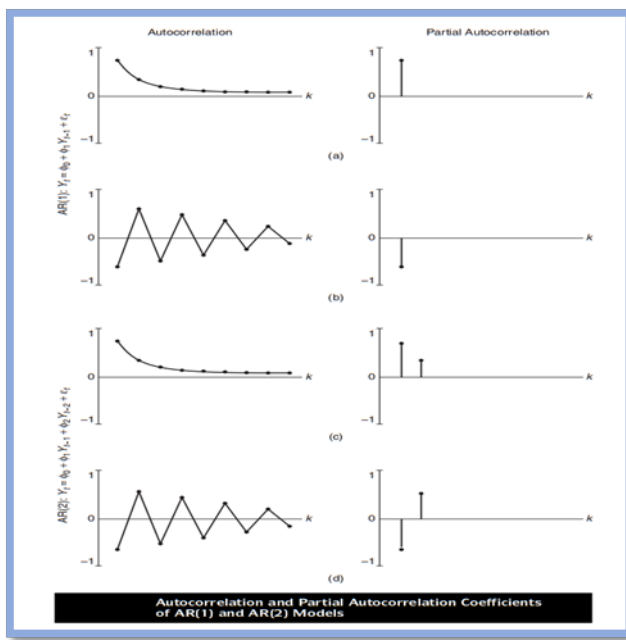
១.៦.៤.១ ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម Partial Autocorrelation

Function

ដើម្បីជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive ដែលសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ចាំបាច់ត្រូវធ្វើការសិក្សាវិភាគទៅលើ Partial Autocorrelation Function (PACF)។ PACF គឺត្រូវបានគេសន្និដ្ឋានថាជាមេគុណល្អជាងគេក្នុងការកំណត់លំដាប់នៃ AR models ថាតើ AR (1) ឬ AR (2) ឬ AR (p) ដទៃទៀតផ្តល់ការព្យាករណ៍ល្អសម្រាប់ទិន្នន័យនៃអថេរដែលយើងចង់ព្យាករណ៍។ ជំហានដំបូងក្នុងការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive គឺត្រូវគណនាកត្តាម៉ូ PACF តាម កម្មវិធី Software ដូចជា Minitab ហើយសំណុំនៃកត្តាម៉ូ PACF គឺនៅរវាងតែ -1 និង +1 តែប៉ុណ្ណោះ។ ជំហានទីពីរ គឺត្រូវយកកត្តាម៉ូ PACF ដែលបានមកពីការគណនាតាម Software ទៅធៀបនឹង Pattern នៃ PACF ដែលបានបង្ហាញដូចក្នុងរូបភាពដូចខាងក្រោម៖

¹²A. Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2th edition, page 272-273

រូបភាពទី១.៨៖ Autocorrelation and Partial Autocorrelation Coefficients for AR (1) និង AR (2)



** ជាកំណត់សម្គាល់ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ម៉ូដែល AR ត្រូវបានប្រើក្នុងការព្យាករណ៍នៅពេលលំនាំ ទិន្នន័យ (Data Pattern) របស់ទិន្នន័យ មានមេគុណ Autocorrelation Coefficient ខិតទៅរកសូន្យបន្តិច ម្តងៗ និងតម្លៃមេគុណ Partial Autocorrelation Function (PACF) ធំ ហើយយូរទៅៗកាន់តែតូចទៅខិតទៅ រកសូន្យ។ យោងតាមរូបភាពទី១.៨ (a) និង(b) ដែលបង្ហាញពី Pattern នៃ Autocorrelation Function និង Partial Autocorrelation Function សម្រាប់ **AR(1)** និង រូបភាពទី១.៨ (c) និង(d) ដែលបង្ហាញពី Pattern នៃ Autocorrelation Function និង Partial Autocorrelation Function សម្រាប់ **AR(2)** យើងសង្កេត ឃើញថា Pattern នៃ៖

- **AR (1)** មានមេគុណ ACF ជាដំបូងមានតម្លៃធំតែយូរទៅមានតម្លៃតូចខិតទៅសូន្យបន្តិចម្តងៗ ចំណែកឯ មេគុណ PACF មានតម្លៃធំនៅ Time Lag ទី១ ហើយធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្ទាប់ពី Time Lag ទី១។
- **AR (2)** មានមេគុណ ACF ជាដំបូងមានតម្លៃធំ តែយូរទៅមានតម្លៃតូចខិតទៅសូន្យបន្តិចម្តងៗ ចំណែក ឯមេគុណ PACF ធ្លាក់ចុះដល់សូន្យបន្ទាប់ពី Time Lag ទី២។

** ជាកំណត់សម្គាល់ Pattern ដែលមានទម្រង់បែបនេះនឹងបន្តទៅម៉ូដែល AR លំដាប់ទី p , **AR (p)** តទៅទៀត។

ហេតុដូចនេះហើយ AR (1) ត្រូវបានប្រើនៅពេល PACF មានតម្លៃខ្ពស់ជាងគេនៅ Time Lag ទីមួយ បន្ទាប់ពី Time Lag ទី១ PACF ធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្តិចម្តង ដូចក្នុងរូបភាពទី១.៨ (a) និង(b)។ AR (2) ត្រូវ

បានប្រើនៅពេលមេគុណ PACF ធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្ទាប់ពី Time Lag ទី២ ដូចក្នុងរូបភាពទី១.៨ (c) និង (d)។¹³

១.៦.៤.២ ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង

ដើម្បីអាចយកម៉ូដែល AR(1) ទៅព្យាករណ៍ពីការលក់នៅអនាគតបាន ជាការចាំបាច់តម្រូវឱ្យមានការត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀង។ ការត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃលម្អៀងមានសារៈសំខាន់ជាខ្លាំង ដើម្បីឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ដឹងថា ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍នោះបានប្រើប្រាស់ព័ត៌មានដែលមាននៅក្នុងទិន្នន័យបានគ្រប់គ្រាន់ឬទេ។ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលល្អ គឺអាចព្យាករណ៍ទៅអនាគតបានល្អ និងផ្តល់នូវលម្អៀង (Residuals) បំពេញលក្ខខណ្ឌទាំង ៣ រួមមាន៖

- ១. លម្អៀង (Residuals) មានភាពណរម៉ាល់ (Normal)
- ២. លម្អៀង (Residuals) មានរ៉ាវរងមានតម្លៃថេរស្មើគ្នា ត្រូវបានគេកំណត់ថាជា Homoscedasticity
- ៣. លម្អៀង (Residuals) ពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំ គឺមានភាពឯករាជ្យ (Independent)

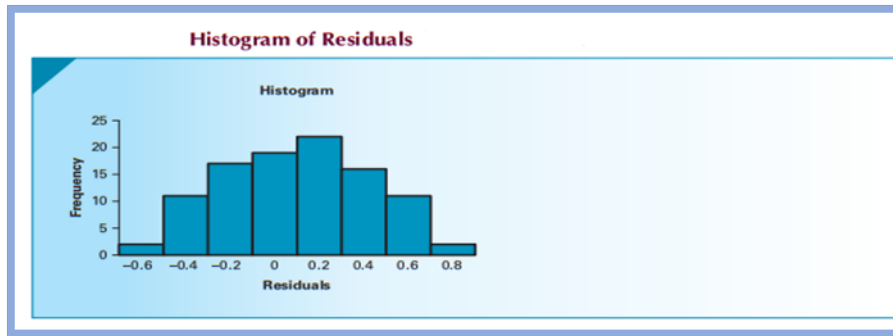
វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌទាំងបីខាងលើនេះ មានដូចទៅ៖

- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យភាពណរម៉ាល់ (Normality) នៃលម្អៀង (Residuals) គឺតាមវិធីសង់អ៊ីស្តូក្រាម (Histogram)។
- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យថាតើលម្អៀង (Residuals) មានរ៉ាវរងថេរស្មើគ្នាឬទេ (Homoscedasticity) គឺយើងត្រូវសង់ដ្យាក្រាមចំណុច (Scatter Diagram) ដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យតម្លៃព្យាករណ៍នៃ y ដែលកំណត់ថាជា (\hat{y}) និងអ័ក្សអរដេនេតាងឱ្យលម្អៀង (Residuals)។
- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យថា តើលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យទេ គឺតាមការសង់ក្រាបបន្ទាត់ (Line Chart) ដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យពេល (Time Period) និងអ័ក្សអរដេនេតាងឱ្យលម្អៀង (Residuals)។
- ក្នុងរូបភាពខាងក្រោមជាឧទាហរណ៍មួយដែលបង្ហាញពីលម្អៀង (Residuals) បំពេញគ្រប់លក្ខខណ្ឌចាំបាច់ទាំងបី។ រូបភាពទី ១.៩ បង្ហាញថាលម្អៀង (Residuals) មានភាពណរម៉ាល់។

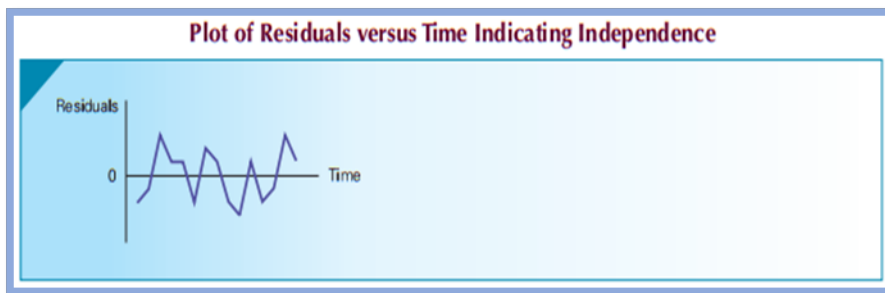
¹³ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 356-360

រូបភាពទី ១.១០ ចង្កូលបង្ហាញថាលម្អៀង (Residuals) ជា Homoscedasticity និង រូបភាពទី ១.១១ បង្ហាញលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ។¹⁴

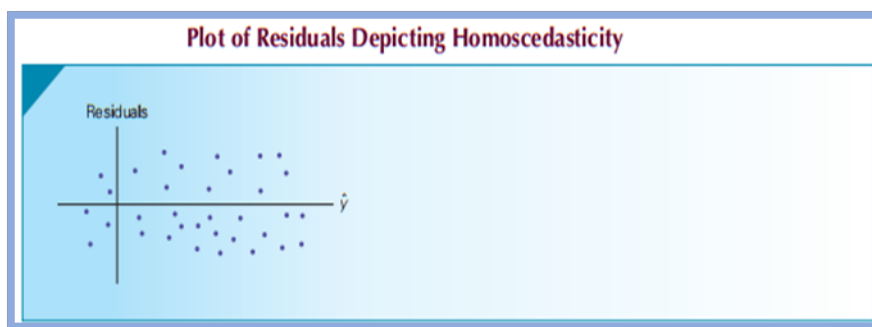
រូបភាពទី១.៩៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃ Residual ដែលមានភាពណរម៉ាល់



រូបភាពទី១.១០៖ ក្រាបបង្ហាញថាលម្អៀង (Residuals) ជា Homoscedasticity



រូបភាពទី១.១១៖ ក្រាបបង្ហាញពីលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ



¹⁴ Gerald Keller, 2014, Statistics for Management and Economics, page 668-670

១.៧. ការវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍

នៅក្នុងការព្យាករណ៍មិនមានទិន្នន័យដែលព្យាករណ៍ណាមួយទទួលបានលទ្ធផលសុក្រិតត្រឹមត្រូវមួយរយ ភាគរយនោះទេ។ លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍អាចខុសជាង ឬទាបជាងតម្លៃពិតជាក់ស្តែង វាអាស្រ័យទៅលើការ ប្រើប្រាស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍នោះ។ ភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃព្យាករណ៍ និងតម្លៃជាក់ស្តែងហៅថាតម្លៃ Error (ForecastError)។ នៅក្នុងការព្យាករណ៍អ្នកព្យាករណ៍តែងជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលល្អជាងគេយកមកព្យាករណ៍ ហើយដើម្បីដឹងពីលម្អៀងរបស់វា គេធ្វើការប្រៀបធៀបគ្នាដោយប្រើប្រាស់រូបមន្តលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាម វិធីសាស្ត្រផ្សេងៗគ្នា។ លទ្ធផលដែលទទួលបានពីការប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនេះគឺបញ្ជាក់ពីប្រសិទ្ធ ភាពក្នុងការយកទិន្នន័យពីអតីតកាលមកធ្វើការព្យាករណ៍។ ចំពោះកម្រិតនៃលម្អៀងណាកាន់តែតូចមានន័យថា ម៉ូដែលដែលយកមកប្រើគឺជាម៉ូដែលដែលល្អបំផុតដើម្បីយកមកធ្វើការព្យាករណ៍។ ការព្យាករណ៍ដែលត្រឹមត្រូវ គឺមានសារៈសំខាន់ណាស់ ដើម្បីបង្កើននូវទំនុកចិត្ត និងការប្រើប្រាស់យុទ្ធសាស្ត្រឱ្យចំគោលដៅ។ យើងអាចធ្វើ ការប៉ាន់ស្មាន និងវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍នីមួយៗបាន តាមការប្រើប្រាស់រូបមន្តដូចខាងក្រោម៖¹⁵

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

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

មានវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងជាច្រើន ដើម្បីធ្វើការប្រៀបធៀបម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍នីមួយៗ និង ដើម្បីស្វែងរកកំហុសបច្ចេកទេសណាមួយជាក់លាក់។ វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងលម្អៀងមានដូចជា Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Square Root of the MSE (RMSE), Mean Percentage Error (MPE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE)។ វិធីសាស្ត្រទាំងប្រាំ ក្នុងការវាស់វែងលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍ ត្រូវបានយកមកប្រើដើម្បី៖

- ប្រៀបធៀបភាពត្រឹមត្រូវរវាង ម៉ូដែលព្យាករណ៍ពីរ ឬច្រើនផ្សេងគ្នា
- វាស់វែងពីគុណប្រយោជន៍ និងភាពដែលអាចជឿទុកចិត្តបាន
- ជួយជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលល្អជាងគេបំផុត។

¹⁵ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 82

១.៧.១ មធ្យមនៃការលេងម្ល៉េង Mean Absolute Deviation (MAD)

វិធីសាស្ត្រមួយសម្រាប់ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Mean Absolute Deviation (MAD)។ វិធីសាស្ត្រ Mean Absolute Deviation (MAD) វាស់ភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករណ៍ដោយប្រើមធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតរបស់លម្អៀង។

រូបមន្តរបស់ MAD^{១៦}

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

ដោយ $t =$ រយៈពេល

$n =$ ចំនួននៃ Error

១.៧.២ ឫសការនៃមធ្យមនៃការលេងម្ល៉េង Mean Squared Error (MSE)

វិធីសាស្ត្រមួយទៀត ដើម្បីវាស់ពីភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Mean Squared Error (MSE)។ Mean Squared Error (MSE) គឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងពីលម្អៀង ដោយយកលម្អៀងនីមួយៗទៅលើកជាការ ហើយបូកការនៃភាពលម្អៀងទាំងនោះ រួចចែកនឹងចំនួននៃតម្លៃលម្អៀង។

រូបមន្តរបស់ MSE គឺ^{១៧} ៖

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

១.៧.៣ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតលម្អៀង Square Root of the MSE (RMSE)

Square Root of the MSE (RMSE) គឺជាឫសនៃមធ្យមផលបូកទៅលើតម្លៃលម្អៀងក៏ត្រូវបានប្រើប្រាស់ ដើម្បីវាស់ពីភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍មួយ ដោយប្រើឫសការនៃ MSE។

រូបមន្តរបស់ RMSE គឺ^{១៨} ៖

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

¹⁶ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 82

¹⁷ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting. 9th edition, page 82-84

¹⁸ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 82-84

១.៧.៤ មធ្យមនៃលម្អៀងភាគរយ Mean Percentage Error (MPE)

Mean Percentage Error (MPE) គឺជាការគណនាជាមធ្យមផលបូកនៃផលធៀបរបស់លម្អៀង និងចំនួនតម្លៃសង្កេតទាំងអស់គិតជាភាគរយ។

រូបមន្តរបស់MPE គឺ¹⁹៖

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

១.៧.៥ មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងភាគរយ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

វិធីសាស្ត្រ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) គឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវិធីសាស្ត្រ MAD ប៉ុន្តែវិធីសាស្ត្រនេះបង្ហាញពីតម្លៃនៃលម្អៀងជាភាគរយ។

រូបមន្តរបស់MAPE គឺ²⁰៖

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

នៅក្នុងការសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសការព្យាករណ៍បច្ចេកទេសណាមួយឱ្យបានច្បាស់លាស់ គឺត្រូវពឹងផ្អែក ទៅលើការកំណត់ពីកម្រិតលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍។

១.៨ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

ក្នុងដំណើរការនៃការព្យាករណ៍ តម្រូវឱ្យមានការសម្រេចចិត្តក្នុងការជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដែល មានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។ ជាឧទាហរណ៍ វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដែលមានដូចជា វិធីសាស្ត្រ Delphi Method ជា ទូទៅ មានប្រយោជន៍យ៉ាងខ្លាំងក្នុងការព្យាករណ៍ព្រឹត្តិការណ៍អនាគតដូចជា ការព្យាករណ៍ទីផ្សារកុំព្យូទ័រក្នុងរយៈ ពេល២០ឆ្នាំទៅមុខទៀតជាដើម។ ចំពោះវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យ ត្រូវបានគេប្រើប្រាស់ដើម្បីយកទៅ ព្យាករណ៍ពីការលក់ ប្រាក់ចំណូល តម្រូវការសន្និធិ ឬតម្រូវការផ្សេងៗ។ ដើម្បីធ្វើឱ្យការព្យាករណ៍ទទួលបាន លទ្ធផលខ្ពស់ អ្នកព្យាករណ៍មានតួនាទីសំខាន់ណាស់ក្នុងការសម្រេចចិត្តថា តើគួរជ្រើសរើសម៉ូដែលណាមួយ ដែលត្រឹមត្រូវមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់។

¹⁹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 83

²⁰ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 82-84

ដូចនេះ ដើម្បីធ្វើឱ្យមានភាពងាយស្រួលដល់ការព្យាករណ៍ គេបានបែងចែក ដំណើរការនៃការ ព្យាករណ៍ជា ១០ដំណាក់កាលដូចខាងក្រោម៖

- ១. កំណត់ពីគោលបំណង និងគោលដៅនៃការព្យាករណ៍ឱ្យបានច្បាស់លាស់
- ២. ជ្រើសរើសគំរូទ្រឹស្តីណាដែលពាក់ព័ន្ធ
- ៣. ការប្រមូលទិន្នន័យ
- ៤. ការវិភាគទិន្នន័យ
- ៥. កំណត់ពីរយៈពេល (វែង ឬ ខ្លី) ដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍
- ៦. ជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលសមស្របមកធ្វើការប៉ាន់ស្មាន
- ៧. ធ្វើការវាយតម្លៃ និងធ្វើតេស្តសាកល្បងម៉ូដែលដែលបានជ្រើសរើសទៅតាមប្រភេទទិន្នន័យ
- ៨. ប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀង ដើម្បីធ្វើការវាយតម្លៃម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមរយៈតម្លៃ

Error ដែលតូចជាងគេ

៩. ប្រៀបធៀបតម្លៃលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនីមួយៗ តម្លៃដែលតូចបំផុតសន្មត់ថា ជាម៉ូដែលដែលល្អប្រសើរសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍

១០. ធ្វើសេចក្តីសម្រេចក្នុងការជ្រើសម៉ូដែលដែលល្អជាងគេបំផុតមកធ្វើការព្យាករណ៍ បង្កើតការ តាមដាននិងត្រួតពិនិត្យនូវលទ្ធផលម៉ូដែលដែលបានជ្រើសរើសនោះ។²¹

១.៩ សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍

ការព្យាករណ៍ត្រូវបានគេយកមកប្រើប្រាស់យ៉ាងទូលំទូលាយនៅក្នុងក្រុមហ៊ុន ឬអង្គការជាច្រើន។ ការ ព្យាករណ៍ធុរកិច្ច គឺជាសរសៃឈាមនៃក្រុមហ៊ុនអាជីវកម្ម។ ការសម្រេចចិត្តជាច្រើនត្រូវបានធ្វើឡើងដោយផ្អែក លើការព្យាករណ៍របស់ពួកគេ។ យោងទៅតាមការស្ទង់មតិរបស់ក្រុមហ៊ុនជាច្រើននៅលើពិភពលោក ឃើញថា មានក្រុមហ៊ុនជាច្រើនបានយល់ស្របថាការព្យាករណ៍ គឺពិតជាសំខាន់សម្រាប់ធ្វើឱ្យអាជីវកម្មរបស់ពួកគេទទួល បានជោគជ័យ។ ការព្យាករណ៍ពិតជាមានសារៈសំខាន់ណាស់ វាត្រូវបានប្រើប្រាស់នៅក្នុងប្រតិបត្តិការអាជីវកម្ម និងសកម្មភាពសេដ្ឋកិច្ចជាច្រើនទៀត។ ការព្យាករណ៍មានតម្លៃសម្រាប់អាជីវកម្មព្រោះវាផ្តល់នូវសមត្ថភាពក្នុង ការធ្វើសេចក្តីសម្រេចលើអាជីវកម្ម និងបង្កើតយុទ្ធសាស្ត្រថ្មីៗដោយផ្អែកលើទិន្នន័យពីអតីតកាល។ នៅក្នុងនោះ

²¹ J. Holton Wilon and Barry Keating, 2009, 6th edition, page 56-59

ការព្យាករណ៍មានច្រើនប្រភេទទៅតាមតម្រូវការក្រុមហ៊ុននីមួយៗ។ ប៉ុន្តែក្នុងនេះ យើងផ្ដោតសំខាន់ទៅលើការព្យាករណ៍ការលក់ ដើម្បីដឹងពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុននៅពេលអនាគតនៃផលិតផលបច្ចុប្បន្ន។ ព្រោះការព្យាករណ៍ពីអនាគតជាធាតុដ៏សំខាន់នៅក្នុងដំណើរការនៃការរៀបចំផែនការ។ ការព្យាករណ៍អាចធ្វើឱ្យអាជីវកម្មកំណត់គោលដៅសមហេតុផល និងអាចវាស់វែងពីអនាគតអាជីវកម្មបាន ដោយផ្អែកលើទិន្នន័យបច្ចុប្បន្ន និងទិន្នន័យពីអតីតកាល។ ទិន្នន័យ និងស្ថិតិដែលត្រឹមត្រូវ គឺអាចយកមកធ្វើការវិភាគជួយឱ្យអាជីវកម្មសម្រេចចិត្តថា តើបរិមាណប៉ុន្មានដែលប្រែប្រួលកំណើនប៉ុន្មានដែលអាចត្រូវកំណត់ថាអាជីវកម្មមួយកំពុងដើរទៅមុខ។ ការសម្រេចចិត្តធ្វើអាជីវកម្មភាគច្រើន គឺពឹងផ្អែកទៅលើការព្យាករណ៍ទាំងស្រុង ក្នុងនោះស្ទើរតែគ្រប់ផ្នែកទៅលើដែលប្រើប្រាស់ការព្យាករណ៍។ ការព្យាករណ៍ គឺពិតជាសំខាន់ដែលមានវិសាលភាពនៅគ្រប់វិស័យរួមមានការធ្វើអាជីវកម្មឧស្សាហកម្ម រដ្ឋាភិបាល សេដ្ឋកិច្ច វិទ្យាសាស្ត្របរិស្ថាន វិស័យសុខាភិបាល វិទ្យាសាស្ត្រសង្គមនយោបាយ និងផ្នែកហិរញ្ញវត្ថុជាដើម។ មូលហេតុជាច្រើនដែលការព្យាករណ៍មានសារៈសំខាន់នោះ គឺការព្យាករណ៍ពីព្រឹត្តិការណ៍អនាគត ដែលរួមមានការរៀបគម្រោងដំណើរការនៃការធ្វើសេចក្តីសម្រេចចិត្តជាដើម។ ក្នុងនោះការព្យាករណ៍ផ្តល់អត្ថប្រយោជន៍ដូចជា៖

- ការគ្រប់គ្រងប្រតិបត្តិការ៖ នៅក្នុងអង្គភាព ការព្យាករណ៍ត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ជាប្រចាំទៅលើការលក់ផលិតផលឬតម្រូវការសេវាកម្ម ដើម្បីបំពេញតម្រូវការផលិតកម្ម គ្រប់គ្រងលើសន្និធិ គ្រប់គ្រងលើការផ្គត់ផ្គង់ កំណត់តម្រូវការបុគ្គលិក និងការរៀបចំផែនការផ្សេងៗ។ ជាឧទាហរណ៍ អ្នកគ្រប់គ្រងធនធានមនុស្សព្យាករណ៍ទៅលើគម្រោងជ្រើសរើសបុគ្គលិកថ្មីនៅពេលដែលមានការផ្លាស់ប្តូរលំហូរការងារ។
- ទីផ្សារ៖ ការព្យាករណ៍ពិតជាសំខាន់នៅក្នុងការធ្វើសេចក្តីសម្រេចផ្នែកទីផ្សារ។ ចំពោះការព្យាករណ៍ការលក់ធ្វើឱ្យមានឥទ្ធិពលជាច្រើនទៅលើការចំណាយក្នុង ការផ្សព្វផ្សាយផលិតផលថ្មី ឬការផ្លាស់ប្តូរនូវតម្លៃផ្សេងៗទៅតាមគោលនយោបាយក្នុងការប្រកបអាជីវកម្មដើម្បីត្រៀមខ្លួនកែតម្រូវនូវអ្វីដែលខ្វះខាត។ ជាឧទាហរណ៍ប្រធានផ្នែកទីផ្សារធ្វើការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់បញ្ចុះតម្លៃទំនិញដែលនៅសល់។
- ការគ្រប់គ្រងហានិភ័យហិរញ្ញវត្ថុ៖ ចំពោះអ្នកវិនិយោគនៅលើទ្រព្យសម្បត្តិហិរញ្ញវត្ថុ មានការចាប់អារម្មណ៍យ៉ាងខ្លាំងទៅលើការព្យាករណ៍ ដើម្បីទទួលបានផលចំណេញត្រឡប់មកវិញនៅក្នុងការវិនិយោគរបស់ពួកគេ។ ការសម្រេចចិត្តក្នុងការវិនិយោគ អាចមកពីការព្យាករណ៍ដែលពាក់ព័ន្ធនឹងអត្រាការប្រាក់ អត្រាប្តូរប្រាក់ និងជម្រើសផ្សេងៗទៀត ។ ឧទាហរណ៍ អ្នកជំនាញផ្នែកហិរញ្ញវត្ថុត្រូវធ្វើការព្យាករណ៍ទៅលើលំហូរសាច់ប្រាក់ ទ្រព្យសកម្ម ឬអសកម្មនៅក្នុងអាជីវកម្ម។

- សេដ្ឋកិច្ច រដ្ឋាភិបាល វិទ្យាស្ថានហិរញ្ញវត្ថុ និងអង្គការនយោបាយ៖ តម្រូវឱ្យមានការធ្វើការព្យាករណ៍ នូវអចេរសេដ្ឋកិច្ចសំខាន់ៗមានដូចជា ផលិតផលក្នុងស្រុកសរុប (GDP) កំណើនប្រជាជន និងកម្មភាព អត្រាការ ប្រាក់ អតិផរណា កំណើនការងារ ផលិតកម្ម និងការបញ្ហាទិញផ្សេងៗ។ ការព្យាករណ៍ទាំងនេះ គឺជាផ្នែកសំខាន់ សម្រាប់រៀបចំគម្រោង និងការសម្រេចចិត្តទៅលើគោលនយោបាយរូបិយវត្ថុ និងគោលនយោបាយសារពើពន្ធ និងការបែងចែកថវិការដ្ឋានផ្សេងៗដែលត្រូវបានសម្រេចដោយរដ្ឋាភិបាល។

- ប្រជាសាស្ត្រ៖ ការព្យាករណ៍អំពីប្រជាជនត្រូវបានធ្វើឡើងគ្រប់ប្រទេស គ្រប់តំបន់ ផ្ដោតសំខាន់លើ យេនឌ័រ អាយុ និងជនជាតិជាដើម។ ការធ្វើការព្យាករណ៍ពីប្រជាសាស្ត្រ គឺជាការព្យាករណ៍ទៅលើការបង្ក កំណើត ការស្លាប់ និងចំនួនជនភៀសខ្លួនផងដែរ។ ចំពោះរដ្ឋាភិបាល ក៏អាចប្រើប្រាស់នូវការព្យាករណ៍ទាំងនេះ ដើម្បីរៀបចំផែនការគោលនយោបាយ ឬសេវាសង្គមដូចជា ការចំណាយទៅលើសេវាសុខភាពសាធារណៈ ជាដើម។ អាជីវកម្មជាច្រើនក៏ប្រើប្រាស់ការព្យាករណ៍ប្រជាសាស្ត្រនេះដើម្បីរៀបចំនូវយុទ្ធសាស្ត្រ អភិវឌ្ឍផលិត ផលថ្មីទៅតាមចំណែកទីផ្សារដែលបានមកពីការព្យាករណ៍ប្រជាសាស្ត្រផងដែរ។

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

បន្ទាប់ពីទ្រឹស្តីដែលពាក់ព័ន្ធត្រូវបានរំលឹក នៅក្នុងផ្នែកនេះ ស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន ត្រូវបានលើកយកមកបង្ហាញរួមមាន៖ ប្រវត្តិរបស់ក្រុមហ៊ុន ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន ទីតាំងនិងផ្លាកសញ្ញាក្រុមហ៊ុន ចក្ខុវិស័យបេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ រចនាសម្ព័ន្ធចាត់តាំងអាជីវកម្ម និងផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន។

២.១ ប្រវត្តិរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

Apple គឺជាក្រុមហ៊ុនផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិចដ៏ធំមួយប្រចាំប្រទេសមហាអំណាចសហរដ្ឋអាមេរិក ក្នុងចំណោមក្រុមហ៊ុនធំៗមួយចំនួនទៀតដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយមនុស្សបីនាក់មានដូចជាលោក Steve Jobs , Steve Wozniak និង Ronald Wayne ដោយមាន អ្នកដែលដឹកនាំធំជាងគេនោះគឺលោក Steve Jobs (1976-2011) រួចបន្តមក គឺលោក Tim Cook (បច្ចុប្បន្ននេះ)។ ចំពោះសមិទ្ធផលដែលក្រុមហ៊ុនមួយនេះបានបង្កើតតាំងពីដំបូងរហូតមកដល់ពេលនេះ មានដូចជា iPhone, iPad, iPod Touch, MacBook, Apple TV, Apple Watch និងមានជាច្រើនទៀតដែលសុទ្ធតែត្រូវបានទទួលការគាំទ្រជាខ្លាំងពីសំណាក់អ្នកប្រើប្រាស់ជុំវិញពិភពលោករួមមានប្រទេសកម្ពុជាយើងផងដែរ។

២.២ ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន Apple

Steve Jobs ជាសហស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន Apple និងជាមនុស្សមានទេពកោសល្យមិនធ្លាប់មានដោយបានផ្លាស់ប្តូររបៀបប្រើប្រាស់កុំព្យូទ័ររបស់មនុស្សសម័យថ្មី។ ក្នុងយុគសម័យ ព័ត៌មានវិទ្យាទំនើប Steve Jobs ប្រើគំនិតជំនួញរបស់ខ្លួនដើម្បីច្នៃប្រឌិតយកបទចម្រៀង, រឿងអូកដាក់បញ្ចូល ក្នុងទូរស័ព្ទដែលកន្លងមកទូរស័ព្ទគ្រាន់តែអាចប្រើសម្រាប់ត្រឹមមធ្យោបាយអាចទាក់ទងគ្នាប៉ុណ្ណោះ។

រូបភាពទី ២.១៖ ស្ថាបនិកក្រុមហ៊ុន Apple



ជាអកុសលគំនិតថ្មីៗជាច្រើនរបស់ Steve Jobs បានបញ្ចប់ត្រឹម ថ្ងៃពុធ ទី៦ តុលា ឆ្នាំ២០១១។ នៅពេលក្រុមគ្រួសារបានប្រកាសមរណភាពរបស់ Steve Jobs ដែលស្លាប់ដោយសារជំងឺមហារីកលំពែង។

Steve Jobs កើតនៅឆ្នាំ១៩៥៥ ក្នុងទីក្រុង San Francisco។ ម្តាយបង្កើត របស់ Steve Jobs ដែលមានផ្ទៃពោះក្នុងពេលខ្លួនជានិស្សិតបានសម្រេចផ្តល់ Steve Jobs ឲ្យធ្វើជាកូនចិញ្ចឹមអ្នកដទៃ។ ឪពុកម្តាយបង្កើតរបស់ Steve Jobs ក៏បានរៀបការនឹងគ្នាក្រោយរៀនចប់មហាវិទ្យាល័យ និងបង្កើតបានកូនស្រីម្នាក់។ ប្អូនស្រីរបស់ Steve Jobs ទើបតែស្គាល់បងប្រុសរបស់ខ្លួន នៅក្នុងពេលធំពេញវ័យទៅហើយ។ នៅក្នុងសន្និសីទមួយ Steve Jobs បាននិយាយរំលឹកពីប្រវត្តិរបស់ខ្លួនទទួលចិញ្ចឹមដោយប្តីប្រពន្ធត្រកូល Jobs ហើយ Steve Jobs ធំដឹងក្តីនៅភាគខាងត្បូងទីក្រុង San Francisco។ Steve ធ្លាប់ត់លេង ក្នុងចម្ការផ្លែ Apricots ហើយក្រោយមកគេបានប្រែក្លាយជាជ្រលងភ្នំ Silicon Valley ដែលជាកន្លែងអភិវឌ្ឍន៍ជឿនលឿនផ្នែកព័ត៌មានវិទ្យារបស់កាលីហ្វ័រញ៉ា។

នៅវិទ្យាល័យ Steve ឧស្សាហ៍ចូលទៅស្តាប់សន្ទីសីទដែលរៀបចំឡើងដោយក្រុមហ៊ុន អេឡិចត្រូនិក HP (Hewlett-Packard) ដែលក្រោយមកបានប្រែក្លាយជាក្រុមហ៊ុនផលិតកុំព្យូទ័រ។ នៅវិស្សកាលរដូវក្តៅម្តងៗ Steve Jobs តែងតែធ្វើការស្រាវជ្រាវជាមួយ Steve Wozniak ដែលជាវិស្វករព័ត៌មានវិទ្យា។ Steve Jobs ចូលរៀនមហាវិទ្យាល័យបានត្រឹមតែមួយឆមាសមុន នឹងធ្វើដំណើរផ្សេងទៅប្រទេស ឥណ្ឌាដែលនៅទីនោះ Steve បានរៀនតមអាហារសាច់និងហូបតែបន្លែ។ នៅឆ្នាំ ១៩៩១ គាត់បានរៀបការ ជាមួយស្រ្តីអាមេរិកាំងម្នាក់តាមរបៀបពុទ្ធសាសនា និងមានកូនបីនាក់។ បន្ទាប់ពីត្រលប់មកឥណ្ឌាវិញក្នុងវ័យ ២១ ឆ្នាំ Steve Jobs និង Steve Wozniak បានយកកន្លែងចតរថយន្តក្នុងផ្ទះរបស់ខ្លួនធ្វើជាកន្លែងផលិតកុំព្យូទ័រ Macintosh។ Steve Jobs បានដាក់ឈ្មោះក្រុមហ៊ុនថា Apple ប្រែថាផ្លែប៉ោមដោយសារតែជាផ្លែឈើដែលគាត់ចូលចិត្តជាងគេ។ ក្នុងឆ្នាំ ១៩៧៦ Steve លក់ដាច់យ៉ាងរហ័សកុំព្យូទ័រ ៥០គ្រឿង ដែល Steve Wozniak ផលិតចេញបាន។ កុំព្យូទ័រឈ្មោះ Apple II ដែល Steve ទាំងពីរផលិតចេញបានមានលក្ខណៈខុសពីកុំព្យូទ័រដទៃទៀតដោយទាំងអេក្រង់ និងម៉ាស៊ីនមាននៅក្នុងប្រអប់ តែមួយ។ ប៉ុន្តែដោយសារតែជម្លោះផ្ទៃក្នុងនិងក្នុងពេលក្រុមហ៊ុន Apple ជួបបញ្ហាថវិកា Steve Jobs បានដើរចេញពីក្រុមហ៊ុន Apple នៅឆ្នាំ ១៩៨៥។ នៅក្នុងក្រុមហ៊ុន Apple, Steve Jobs ត្រូវបានបុគ្គលិករិះគន់ថាជាថោកថ្នោតការ និង ខ្វះបទពិសោធន៍ផ្នែកគ្រប់គ្រង។ អ្នកជំនាញពីខាងក្រៅក៏ត្រូវគេជួយយកដំណើរការក្រុមហ៊ុននៅជំនាន់នោះ។ នៅពេលដើរចេញពី Apple, Steve Jobs បានបង្កើតក្រុមហ៊ុនកុំព្យូទ័រមួយទៀតឈ្មោះ Next និង ក្រុមហ៊ុនផលិតភាពយន្តឈ្មោះ Pixar ដោយបានផលិតរឿង Toy Story ដែលជាកូនគំនូរ ដ៏រិចរិយ ដ៏ល្បីបានធ្វើឲ្យក្រុមហ៊ុនផលិតភាពយន្ត របស់ Steve Jobs រកប្រាក់ចំណេញដល់ទៅ ៣៥០ លានដុល្លារ។

នៅឆ្នាំ ១៩៩៧ ក្រុមហ៊ុន Apple បានទិញក្រុមហ៊ុន Next ក្នុងតម្លៃ ៤០០ លានដុល្លារនិងហៅ Steve Jobs ឲ្យត្រលប់ចូលវិញ។ នៅពេលត្រលប់ចូល Apple វិញ Steve Jobs បានរកប្រាក់ចំណេញឲ្យក្រុមហ៊ុន តាមរយៈការកាត់បន្ថយគម្រោងមិនបានការ និងផ្ដោតទៅលើការបង្កើតថ្មីដើម្បីទាក់ទាញដល់អតិថិជនក្នុងទីផ្សារ តាមអេឡិចត្រូនិក។ នៅឆ្នាំ ២០០១ Steve Jobs ដែលបានប្រមូលគំនិតពីអ្នកសិល្បៈបានបង្កើតចេញ iPod ឧបករណ៍ស្តាប់ចម្រៀងដ៏ពេញនិយម។ Steve Jobs ដឹងថាខ្លួនមានជម្ងឺមហារីកលំពែង តាំងពីឆ្នាំ ២០០៣។ ប៉ុន្តែទើបតែ សម្រេចចិត្តធ្វើការរៀនរៀននៅឆ្នាំ ២០០៤។ នៅឆ្នាំ ២០០៧ ក្នុងរូបរាងកាយដ៏ស្គមដោយ សារជម្ងឺ Steve Jobs នៅខំប្រឹងបង្ហាញខ្លួនជាសាធារណៈដើម្បីសម្ដែងដាក់លក់ iPhone។ ស្ថានភាពជម្ងឺ របស់ Steve Jobs កាន់តែដុះដាលរហូតធ្វើឲ្យគាត់លាចេញពីតំណែងប្រធាន Apple នៅដើម ឆ្នាំ ២០១១។ លើកចុងក្រោយដែលគេឃើញគាត់ចេញមុខជាសាធារណៈ គឺនៅពេលគាត់ឡើងបង្ហាញពីលទ្ធផលនៃគំនិត បង្កើតថ្មីរបស់គាត់មួយទៀតម៉ាស៊ីន iPad 2។ ខុសពីមហាសេដ្ឋីដទៃទៀតដូចជា Bill Gate លោក Steve Jobs មិនមានទ្រព្យសម្បត្តិជាប់ខ្លួនច្រើនទេ។ ប្រាក់ចំណេញទាំងអស់ (៨,៣ ពាន់លានដុល្លារ) ត្រូវគាត់ដាក់ ចូលទៅក្នុងការវិនិយោគ និងភាគហ៊ុនរបស់ Apple គ្មានសល់។ Steve Jobs ជាមនុស្សម្នាក់ដ៏កម្រគឺជឿតែ លើសមត្ថភាពរបស់ខ្លួនឯង និងមានអធ្យាស្រ័យតិចតួចណាស់ទៅលើអ្នកដែលមិនយល់ស្របជាមួយគាត់។ សមត្ថភាពដ៏អំណោយផលមិន អាចប្រកែកបានរបស់គាត់ គឺអាចមើលទាយដឹងមុនពីទីផ្សារ និង ភាពខុសគ្នាពី អ្នកដទៃគាត់មានកែវភ្នែកចេះមើលឃើញផលិតផលបង្កើតថ្មីដែលអាចទាក់ទាញចំណូលចិត្តរបស់អតិថិជន។ Steve Jobs ធ្លាប់និយាយថាអ្នកមិនអាចត្រឹមតែសួរអតិថិជនពីអ្វីដែលពួកគេចង់បាន និងផលិតរបស់នោះ សម្រាប់ពួកគេទេ។ ជាមួយនឹងពេលវេលា និង ការរីកចម្រើនទៅមុខនៃបច្ចេកវិទ្យាអតិថិជនចង់បានរបស់អ្វីមួយ ដែលថ្មី។²²

២.៣ នីតិវិធីក្រុមហ៊ុន

Apple Park ឬ One Apple Park Way គឺជាការិយាល័យកណ្តាលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលមាន ទីតាំងនៅតំបន់មជ្ឈមណ្ឌលពាណិជ្ជកម្ម Cupertino ក្នុងរដ្ឋ California សហរដ្ឋអាមេរិកដែលចំណាយលុយ ក្នុងការសាងសង់អស់ទឹកប្រាក់ ៥ពាន់លានដុល្លារអាមេរិក និងត្រូវបានចនាឡើងយ៉ាងល្អប្រណិតមាន លក្ខណៈបែបធម្មជាតិ។²³

²² <https://khmerreader.com/archives/10022> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២)

²³ <http://m.freshnewsasia.com/index.php/en/freshnewsplus/171199-2020-09-19-05-56-27.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២)

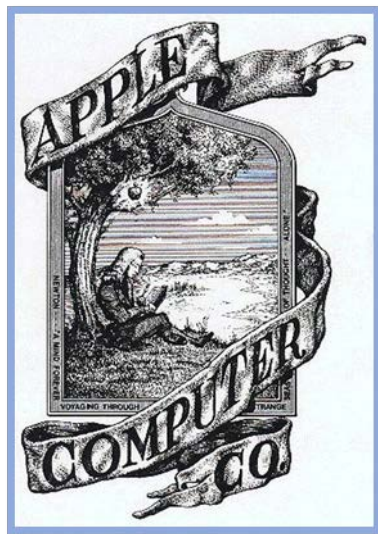
រូបភាពទី ២.២៖ ទីតាំងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple



២.៤ រូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

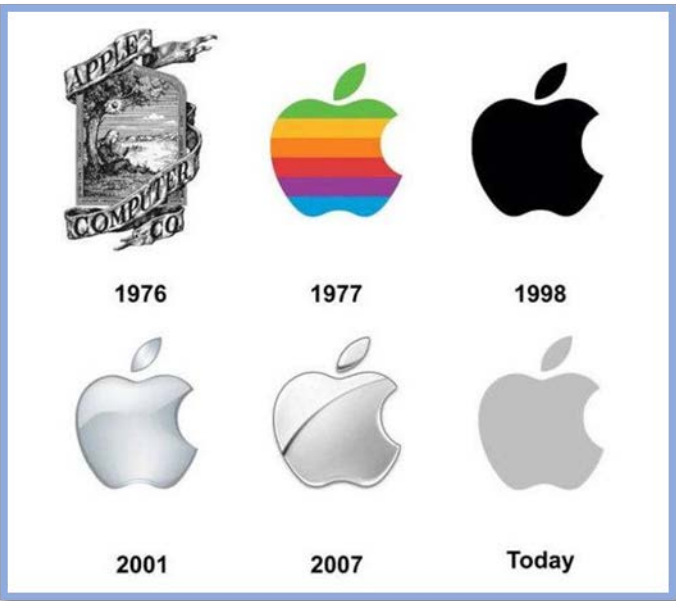
ប្រវត្តិនៃការបង្កើតឡូហ្គោ Apple គឺគួរអោយចាប់អារម្មណ៍ណាស់។ និមិត្តសញ្ញាដើមរបស់វាគឺបុរសម្នាក់អង្គុយនៅក្រោមដើមឈើដែលមានផ្លែប៉ោមធ្លាក់ពីលើក្បាលរបស់គាត់។ វាច្បាស់ភ្លាមៗថារូបភាពនេះបង្ហាញពីអ្នកវិទ្យាសាស្ត្រដ៏អស្ចារ្យ Isaac Newton ។ ភាគច្រើនទំនងជាមានឯកសារយោងមួយចំនួននៅក្នុងព្រះគម្ពីរ ពីព្រោះផ្លែប៉ោមខាំតំណាងឱ្យការល្អដូចគ្នា។ គួររំលឹកផងដែរថាម៉ូដែលកុំព្យូទ័រ Macintosh ត្រូវបានគេដាក់ឈ្មោះតាមប្រភេទផ្លែប៉ោម ដែលអ្នកបង្កើតផលិតផលនេះពេញចិត្តខ្លាំង។

រូបភាពទី ២.៣៖ និមិត្តសញ្ញាដំបូងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple



ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយស្លាកសញ្ញាដំបូងមិនអាចបំភ្លេចបាន និងមិនស័ក្តិសមសម្រាប់ការលក់ដីធំ។ បន្ទាប់មក ប្រវត្តិនៃការបង្កើតឡូហ្គោ Apple ទៅក្នុងទិសដៅផ្សេងៗ។ អ្នករចនារបស់ក្រុមហ៊ុន (Rob Yanovu) កំពុងដើរតាមផ្លូវ ហើយឈប់នៅផ្សារទំនើបក្នុងស្រុក ហើយទិញផ្លែប៉ោមមួយចំនួន។ មកដល់ផ្ទះគាត់ចាប់ផ្តើម កាត់ពួកវា ហើយពិនិត្យមើលវាពីមុំផ្សេងៗ បន្ទាប់មកគាត់បានពណ៌នាអំពីផ្លែមួយផ្លែ។ ពិតហើយ ដោយហេតុ ផលខ្លះគាត់បានទាញផ្លែប៉ោមមួយខាំបន្តិច។ Jobs ចូលចិត្តគំនូរព្រាងរបស់ Rob ប៉ុន្តែបានសម្រេចចិត្តថា វាជា ការប្រសើរជាងក្នុងការគូររូបផ្លែប៉ោម។ ថៅកែ ភ្នាក់ងារផ្សាយពាណិជ្ជកម្ម (<https://m-eng.ru/km/connection-to-the-sewer/chto-nuzhno-uchest-v-biznes-plane-reklamnogo-agentstva-gotovy-biznes-plan.html>) បានប្រឆាំងនឹងការសម្រេចចិត្តបែបនេះ ពីព្រោះនៅពេលនោះការបោះពុម្ពដោយប្រើទឹកថ្នាំពណ៌មាន តម្លៃថ្លៃជាងពេលនេះច្រើនដង។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ Steve បានទទួលបានដោយខ្លួនឯងហើយមិនយូរប៉ុន្មាន ផ្លែប៉ោមដ៏លឿងបានបង្ហាញខ្លួននៅលើកុំព្យូទ័រ។ ពណ៌នេះត្រូវបានជ្រើសរើសដោយចៃដន្យ។ រឿងតែមួយគត់ដែល Jobs ទទួលបាន បែកបាក់ (<https://m-eng.ru/km/equipment/dizain-kvartiry-v-vintazhnom-stile-vintazhnyi-stil-v-interere.html>) គួរតែតុបតែងគំនូរខាងលើ។ ប្រភេទផ្លែឈើមិនផ្លាស់ប្តូររហូតដល់ឆ្នាំ 1998។ ទោះ ជាយ៉ាងណាក៏ដោយ បន្ទាប់មកឡូហ្គោដែលលាបពណ៌ខ្មៅ ស និងប្រាក់ត្រូវបានដាក់នៅលើឧបករណ៍។ នេះ ជាប្រវត្តិនៃឡូហ្គោ Apple។²⁴

រូបភាពទី ២.៤៖ ការវិវត្តន៍នៃនិមិត្តសញ្ញាក្រុមហ៊ុន Apple



²⁴ <https://m-eng.ru/km/avtonomnaya-kanalizaciya/kogda-by-la-osnovana-kompaniya-apple-kratkaya-istoriya-uspeha.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៧ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២)

២.៥ ចក្ខុវិស័យ បេសកកម្ម និងគុណតម្លៃ

ចក្ខុវិស័យ និងបេសកកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple បានជុំវិញឲ្យក្រុមហ៊ុនមួយនេះទទួលបានជោគជ័យ ហើយបានក្លាយជាក្រុមហ៊ុនអេឡិចត្រូនិចធំជាងគេនៅលើពិភពលោក។ បេសកកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple គឺ តំណាងឲ្យគោលដៅរបស់ក្រុមហ៊ុនទាំងមូលវាក៏ជាយុទ្ធសាស្ត្រក្នុងការកំណត់អនាគតរបស់លក្ខណៈ ដែល ជាឧស្សាហកម្មផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិចដ៏ជឿនលឿនផងដែរ។

២.៥.១ ចក្ខុវិស័យ

នៅទសវត្សឆ្នាំ ១៩៨០ សេចក្តីថ្លែងការណ៍ចក្ខុវិស័យរបស់ Apple ត្រូវបានគេរាយការណ៍ថាផ្តើមចេញ ពីសេចក្តីថ្លែងការណ៍ដែលត្រូវបានដកស្រង់សម្តីជាញឹកញាប់ដោយស្ថាបនិក Steve Jobs ៖

- នៅក្នុងពិភពលោកនេះមនុស្សគឺជាអ្នកបង្កើតការផ្លាស់ប្តូរ។ ដូច្នេះវាត្រូវតែស្ថិតនៅខាងលើរចនាសម្ព័ន្ធ និងប្រព័ន្ធមិនមែនស្ថិតនៅក្រោមការគ្រប់គ្រងរបស់ពួកគេទេ។ វាងាយស្រួលក្នុងការឃើញថាពាក្យទាំង នេះបង្ហាញពីជំនឿផ្ទាល់ខ្លួនរបស់យ៉ូប។ ហេតុដូច្នេះហើយពួកគេគឺជាការបង្ហាញចក្ខុវិស័យត្រឹមត្រូវដែល ជម្រុញវា។ ទោះយ៉ាងណាក៏ដោយវាខ្វះរចនាសម្ព័ន្ធនិងភាពជាក់លាក់នៃចក្ខុវិស័យ ដែលផ្លាស់ប្តូរប្រៀប ដែលមនុស្សធ្វើអន្តរកម្មជាមួយពិភពលោករបស់ពួកគេ។ ជាមួយនឹងមរណភាពរបស់ Jobs វាត្រូវបាន គេភ័យខ្លាចថាសាជីវកម្មនឹងបាត់បង់ចក្ខុវិស័យរបស់ខ្លួនហើយ ទើបទីបំផុតនឹងបរាជ័យដោយសារតែ អវត្តមាននៃចក្ខុវិស័យរបស់ស្ថាបនិករបស់ខ្លួន។
- ចក្ខុវិស័យបច្ចុប្បន្ន
- ទោះយ៉ាងណាសេចក្តីថ្លែងការណ៍ដែលថាប្រធានាធិបតីថ្មីលោក Tim Cook បានប្រគល់ដល់បុគ្គលិក និងអតិថិជនរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple នៅជុំវិញពិភពលោកបានបន្តបន្ថយការភ័យខ្លាចទាំងនោះពីព្រោះ វាជាការយល់ដឹងប្រសើរជាងឯកសារផ្លូវការរបស់ក្រុមហ៊ុនដទៃទៀត៖
- យើងជឿជាក់ថាយើងស្ថិតនៅលើភពផែនដីនេះដើម្បីផលិតផលិតផលអស្ចារ្យ ហើយនេះមិនបានផ្លាស់ ប្តូរទេ។ យើងផ្តោតការយកចិត្តទុកដាក់លើការច្នៃប្រឌិត។ យើងមិនជឿលើអ្វីដែលស្មុគស្មាញនោះទេ ប៉ុន្តែវាសាមញ្ញ។
- យើងជឿជាក់ថាយើងត្រូវតែគ្រប់គ្រង និងកាន់កាប់បច្ចេកវិទ្យាសំខាន់ៗនៅពីក្រោយផលិតផលដែល យើងផលិតដោយចូលរួមតែនៅក្នុងទីផ្សារដែលយើងអាចចូលរួមចំណែកយ៉ាងសំខាន់ប៉ុណ្ណោះ។

➢ យើងយល់ព្រមបានចោលគំរោងរាប់ពាន់ ដូច្នោះយើងពិតជាអាចផ្តោតលើគំរោងមួយចំនួនដែលពិតជាមានអត្ថន័យសំរាប់យើង។ យើងជឿជាក់លើការសហការគ្នាយ៉ាងជ្រាលជ្រៅនិងការប្រាស្រ័យទាក់ទងគ្នារវាងក្រុមរបស់យើងដែលអាចអនុញ្ញាតឱ្យយើងច្នៃប្រឌិតថ្មីតាមរបៀបដែលអ្នកដទៃមិនអាចធ្វើបាន។ លើសពីនេះទៀត យើងមិនដោះស្រាយនូវអ្វីដែលទាបជាងឧត្តមភាពនៅក្នុងក្រុមទាំងអស់របស់ក្រុមហ៊ុននោះទេ។ យើងមានភាពស្មោះត្រង់ដើម្បីសារភាពនៅពេលយើងធ្វើខុសនិងក្លាហានក្នុងការផ្លាស់ប្តូរ។

២.៥.២ បេសកកម្ម

មិនដូចដៃគូប្រកួតប្រជែងរបស់ខ្លួនទេក្រុមហ៊ុន Apple មិនបានកំណត់ខ្លួនវាដោយអ្វីដែលវាធ្វើនោះទេ ប៉ុន្តែដោយមូលហេតុដែលវាធ្វើវា។ សេចក្តីថ្លែងការណ៍បេសកកម្មដំបូងរបស់ Apple គឺ៖

"ការប្រកួតប្រជែង 'ស្ថានភាពបច្ចុប្បន្ន' ។

ទោះបីជា Apple មិនតែងតែលក់ផលិតផលល្អបំផុតក៏ដោយប្រសិនបើអ្នកជាមនុស្សម្នាក់ដែលចង់គិតខុសគ្នា អ្នកប្រហែលជានឹងស្តាប់ថាអ្នកមានផលិតផលល្អបំផុត។ នេះគឺដោយសារតែមនុស្សមិនទិញរបស់ដែល Apple បង្កើតពួកគេទិញមូលហេតុដែលវាធ្វើ។

សូមចងចាំថា Apple កម្រប្រើលក្ខណៈពិសេសឬអត្ថប្រយោជន៍នៃផលិតផលរបស់ខ្លួនក្នុងយុទ្ធនាការទីផ្សារប៉ុន្តែពឹងផ្អែកលើការប្រាស្រ័យទាក់ទងបេសកកម្មរបស់យើហោនេះ។ សេចក្តីថ្លែងការណ៍នេះបានក្លាយជាការបង្កើតរបស់ខ្លួននៅចុងទសវត្សឆ្នាំ ១៩៧០ ហើយមិនបានផ្លាស់ប្តូររហូតដល់មរណភាពរបស់លោក Jobs ។

បេសកកម្មបច្ចុប្បន្នប្រធានាធិបតីថ្មីរបស់ Apple គឺលោក Tim Cook បានធ្វើសេចក្តីថ្លែងការណ៍មួយថាលោក បានចែករំលែកជាមួយនិយោជិកដោយបានចាប់យកបេសកកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុនទោះបីជាវាមើលទៅគួរឱ្យធុញទ្រាន់និងមិនគួរឱ្យចាប់អារម្មណ៍ក៏ដោយ៖

"ក្រុមហ៊ុនបង្កើតក្រុមហ៊ុនមីក្រូវ៉ែរដ៏ល្អបំផុតនៅលើពិភពលោកគឺម៉ាកខេមបូឌារួមជាមួយ iWork, iLife, OS X និងសូហ្វ្វែរអាដី។ គាត់ក៏បានដឹកនាំបដិវត្តនៅក្នុងតន្ត្រីឌីជីថលជាមួយអាយផតនិងហាងអ៊ីនធឺណែត iTunes ផងដែរ" ។

"វាធ្វើឱ្យប្រសើរឡើងនូវទូរស័ព្ទចល័តជាមួយបដិវត្ត App Store និង iPhone ក៏ដូចជាកំណត់អនាគតនៃឧបករណ៍កុំព្យូទ័រនិងប្រព័ន្ធផ្សព្វផ្សាយចល័តជាមួយ iPad "។

" ផ្ទៃប៉ោមតែងតែខុសគ្នា។ ក្រុមហ៊ុនប្រភេទផ្សេងគ្នាដែលមានចក្ខុវិស័យខុសគ្នានៃពិភពលោក។ វាជាកន្លែងពិសេសដែលយើងមានឱកាសបង្កើតផលិតផលល្អបំផុតនៅលើភពផែនដីផ្លាស់ប្តូរជីវិតនិងជួយរៀបចំអនាគត" ។បេសកកម្មនេះកំណត់តាមវិធីជាច្រើនដែលយើហោដែល Apple បានក្លាយជានៅក្នុងពិភពលោក

សព្វថ្ងៃ។ វាត្រូវបានគេមើលឃើញថាជាមូលដ្ឋានគ្រឹះនៃភាពជោគជ័យជាសកលដ៏ធំធេងរបស់ខ្លួនដែលបង្ហាញពីជំហររបស់ខ្លួនក្នុងនាមជាមេដឹកនាំគ្មានជម្លោះនៅក្នុងការរៀបចំប្រឌិតថ្មី។²⁵

២.៥.៣ គុណតម្លៃ

គុណតម្លៃរបស់ Apple គឺជាអ្វី? ក្រុមហ៊ុន Apple មានគុណតម្លៃជាច្រើន ដើម្បីជួយក្នុងការសម្រេចគោលបំណង ទស្សនវិស័យ និងបេសកកម្មរបស់ខ្លួនដែលមាដូចជា៖

- គិតឲ្យ ខុស ពីគេ (Think Different)

ការគិតខុសពីគេជាពាក្យស្លោកមួយរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយ លោក Steve Jobs គឺជាការឆ្លុះបញ្ចាំងឲ្យឃើញពីដើមចមនៃការបង្កើតនូវផលិតផលដែលល្អបំផុតសម្រាប់លក់លើទីផ្សារហើយវាក៏ជាទស្សនវិជ្ជា ស្នូលមួយរបស់ក្រុមហ៊ុននេះផងដែរ។ ពាក្យស្លោកនេះទៀតសោតក៏ធ្លាប់ត្រូវបានបង្ហាញរាល់ការផ្សព្វផ្សាយពីផលិតផលថ្មីរបស់ Apple ដែលធ្វើឲ្យក្រុមហ៊ុននេះជោគជ័យយ៉ាងខ្លាំងនៅឆ្នាំ ១៩៩៧។

- យល់ចិត្ត អតិថិជន ជាងនរណា ទាំងអស់ (Empathy)

Apple តែងតែបង្កើតនូវអ្វីដែលជាតម្រូវការពិតរបស់អតិថិជនហើយគោលការណ៍នេះបានធ្វើឲ្យផលិតផល របស់ Apple បានផ្សារភ្ជាប់ជាមួយអារម្មណ៍របស់អតិថិជនជាងផលិតផលផ្សេងៗទៀត។ រាល់អ្វីដែលក្រុមការងាររបស់ Apple បាននិងកំពុងធ្វើគឺជាអ្វីដែលនាំមកនូវភាពប្រសើរឡើងសម្រាប់អ្នកប្រើប្រាស់ហើយពួកគេមានជំនឿយ៉ាងមុតមាំថាគ្មាននរណាយល់ពីអតិថិជនច្បាស់ជាងក្រុមហ៊ុន Apple នោះទេ។

- ផ្តោតអារម្មណ៍ ចំពោះអ្វី ដែលខ្លួន ធ្វើ (Focus)

ការផ្តោតអារម្មណ៍ចំពោះអ្វីដែលខ្លួនបាននិងកំពុងធ្វើគឺជាកត្តាស្នូលដ៏សំខាន់មួយដែរ សម្រាប់ការសម្រេចកិច្ចការគ្រប់ទម្រង់ទាំងអស់។ ដូចទៅនឹងសម្តីរបស់មហាសេដ្ឋីចិន លោក Jack Ma ធ្លាប់លើកឡើងថាប្រសិនបើអ្នកមើលឃើញទន្សាយជាច្រើននៅក្បែរខ្លួនចូរចាប់យកតែមួយឲ្យបានសិនពោលគឺ ផ្តោតទៅលើទន្សាយមួយណាដែលធំជាងគេ។ យ៉ាងណាមិញទស្សនវិជ្ជារបស់ Apple ក៏មិនខុសគ្នាពីការលើកឡើងនេះដែរដើម្បីអាចសម្រេចការងារបានល្អបំផុត។ ពួកគេមានជំនឿថាត្រូវលះបង់នូវឱកាសដែលមិនសូវសំខាន់ចោលឲ្យអស់ហើយចាប់យកឱកាសមួយណាដែលសំខាន់ជាងគេបង្អស់មកធ្វើវិញ។ ដោយសារការបង្កើតបាននូវគុណតម្លៃស្នូលទាំងអស់នេះហើយទើបធ្វើឲ្យ Apple នៅតែបន្តភាពជោគ ជ័យរបស់ខ្លួនមកទល់បច្ចុប្បន្ននេះ ហើយទោះបីជាបិតាស្ថាបនិករូបនេះត្រូវបានឃ្លាតចាកឆ្ងាយពីក្រុមហ៊ុនលែងរំលឹកវិញក្តី តែទស្សនវិជ្ជាទាំងអស់នៅតែ

²⁵ <https://km.warbletoncouncil.org/mision-vision-apple-11306> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៨ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២)

ដាក់ជាប់ក្នុងក្រុមហ៊ុន Apple ជាដរាប។ ជាក់ស្តែងលោក Tim Cook ដែលនាយកប្រតិបត្តិស្នងតំណែងពីលោក Steve ក៏ធ្លាប់អះអាងដែរថា គុណតម្លៃ ស្នូលដែលលោក Steve បានបន្សល់ទុកវាគឺជាអត្តសញ្ញាណ (DNA) របស់ក្រុមហ៊ុន Apple និង មិនអាចកែប្រែបានឡើយ។²⁶

២.៦ ចេតនាសម្ព័ន្ធជាតំណែងអាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ក្រុមហ៊ុន Apple បានចាត់ចែងការគ្រប់គ្រងអាជីវកម្មខ្លួនទៅតាមទីតាំងភូមិសាស្ត្រ។ ផ្នែកប្រតិបត្តិការដែលអាចរាយការណ៍បាន (report operating segments) របស់ក្រុមហ៊ុនរួមមាន អាមេរិក អឺរ៉ុប ចិន (Greater China) ជប៉ុននិងតំបន់អាស៊ីប៉ាស៊ីហ្វិក។ ចំណែកទីផ្សារនៅអាមេរិកខាងជើង និងអាមេរិកខាងត្បូង។ ចំណែកទីផ្សារ អឺរ៉ុបរួមមានបណ្តាប្រទេសនៅអឺរ៉ុប ព្រមទាំង ឥណ្ឌា តំបន់មជ្ឈិមបូព៌ា និងអាហ្វ្រិក។ ចំណែកទីផ្សារចិន (Greater America) មានប្រទេសចិន ហុងកុង និងតៃវ៉ាន់។ ចំណែកទីផ្សារផ្សេងៗនៃតំបន់អាស៊ីប៉ាស៊ីហ្វិករួមមាន អូស្ត្រាលី និងបណ្តាប្រទេស អាស៊ីនានាដែលមិនរាប់បញ្ចូលចិន (Greater China) និងជប៉ុន។ ទោះបីជាផ្នែកប្រតិបត្តិការ អាជីវកម្មដែលអាចរាយការណ៍បាន (reportable operating segments) របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ផ្តើមផលិតផលនិងសេវាកម្មស្រដៀងគ្នា។ ប៉ុន្តែក្រុមហ៊ុន Apple គ្រប់គ្រងផ្នែកនីមួយៗដាច់ដោយឡែកពីគ្នា ដើម្បីសម្របតាមទីតាំងរបស់អតិថិជនប្រើប្រាស់ដៃគូរចែកចាយព្រមទាំងសក្តានុពលនៃទីផ្សារដែលមានលក្ខណៈពិសេសតាមតំបន់ភូមិសាស្ត្រនីមួយៗ។

២.៧ ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ក្រុមហ៊ុន Apple រចនាផលិត និងលក់នូវទូរស័ព្ទដៃ កុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួន Tablet ឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿង អេក្រង់ត្រួតត្រា (Accessories) និងសេវាកម្មដែលពាក់ព័ន្ធផ្សេងៗ។ ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple មានដូចជា៖

២.៧.១ ផលិតផល

- iPhone គឺជាក្រុមផលិតទូរស័ព្ទដៃរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលដំណើរការផ្អែកលើប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។
- iPad គឺជាក្រុមផលិតនៃ Tablet របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលមានពហុមុខងារ ហើយដំណើរការដោយប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។
- Mac គឺជាក្រុមផលិតនៃកុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួនរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលដំណើរការដោយផ្អែកលើប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។

²⁶ <https://mission-statement.com/apple/> (ចូលមើលថ្ងៃទី២៨ ខែមិថុនា ឆ្នាំ២០២២)

- ឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច (Accessories) រួមមានផលិតផលផ្សេងៗទៀតរបស់ Apple និងឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច (Accessories) របស់ភាគីទីបីរបស់ Apple ដូចជា៖ ផលិតផលរបស់ Beats products, Home Pod និង iPod។
- Apple TV ជាឧបករណ៍ភ្ជាប់ទៅនឹងទូរទស្សន៍សម្រាប់ឲ្យអតិថិជនទទួលបានមតិការឌីជីថល (digital content) ដោយផ្ទាល់ដើម្បីមើលវីដេអូបានច្បាស់ មើលរូបថត និងតន្ត្រី។
- Apple Watch ជានាឡិកាដៃឆ្លាតវៃ (Smart Watch) ដែលអាចឲ្យអ្នកប្រើប្រាស់ដោយអាស្រ័យទាក់ទងក្នុងវិធីថ្មីមួយពីឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិចនៅលើដៃរបស់ពួកគេនេះ ដូចជាការតាមដានសុខភាព និងការធ្វើលំហាត់ប្រាណតាមរយៈកម្មវិធីសកម្មភាពនានា ព្រមទាំងមានរូបបញ្ចូល Siri និង Apple Pay សំរាប់អ្នកប្រើប្រាស់ផងដែរ។
- iPod ជាក្រុមផលិតនៃម៉ាស៊ីនចម្រៀង (Portable music player) របស់ Apple ដូចជា iPod touch, iPod nano និង iPod shuffle។
- ប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រដូចជា៖
 - iOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់ទូរស័ព្ទចល័ត
 - MacOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់កុំព្យូទ័រ
 - WatchOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការនាឡិកាដៃ Apple Watch
 - TVOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការសម្រាប់ Apple TV
- កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Application Software) ដែលរួមមាន iWork និងកម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (software) ផ្សេងៗ។ ដូចជា Final Cut Pro, Logic Pro, និង FileMaker Pro។²⁷

២.៧.២ សេវាកម្ម

ហាងមតិកាឌីជីថល (Digital Content Store) និងសេវាកម្ម Steaming Service៖ ក្រុមហ៊ុន Apple ធ្វើប្រតិបត្តិការនូវ Platform ជាច្រើនរួមមាន App Store, Mac Store, TV App Store និង Watch App Store ដែលអាចឲ្យអតិថិជនធ្វើការស្វែងរក និងដោនឡូត (Download) កម្មវិធី (Application) និងមតិកាឌីជីថល (Digital Content) ដូចជាសៀវភៅ ចម្រៀង វីដេអូ។

²⁷ Apple Inc Annual Report 10-K (2021) Page 1-2

AppleCare ដែលរួមមាន AppleCare+ និង AppleCare Protection Plan ដែលជាសេវាកម្មគិតថ្លៃ ដើម្បីពង្រីកទៅលើការគ្របដណ្តប់ការផ្តល់ឱ្យរបស់ទូរស័ព្ទ (Phone Support) និងការជួសជុលផ្នែក (Hardware Repairs) ។

iCloud ជាសេវាក្លោឌ (Cloud Service) សម្រាប់ផ្ទុកតម្លៃ រូបភាព ប្រតិទិន ឯកសារផ្សេងៗថ្មីបានគ្រប់ ពេល និងអាចរកបាននៅក្នុងឧបករណ៍ជាច្រើន។

Apple Pay ជាសេវាកម្មទូទាត់ប្រាក់ដោយមិនប្រើប្រាក់សុទ្ធ (Cashless Payment Service) របស់ Apple។

សេវាកម្មផ្សេងៗទៀតដូចជា Apple Arcade ជាសេវាកម្ម Game Subscription ប័ណ្ណឥណទាន Apple Card និង Apple News+ ជាសេវាកម្ម Subscription News និងសេវាកម្មទស្សនាវដ្តី។²⁸

²⁸ Apple (2021), Annual 10-K Report, page 2

ជំពូកទី៣

**ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាគណន៍
លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple**

ជំពូកទី៣

ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ក្នុងជំពូកនេះ យើងធ្វើការសិក្សាទាក់ទងទៅនឹងការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្នុងរយៈពេល២២ឆ្នាំ តាមម៉ូដែលនីមួយៗដោយក្នុងការព្យាករណ៍យើងជ្រើសរើសយកតែវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យតែប៉ុណ្ណោះ។ ក្នុងការព្យាករណ៍នេះផងដែរ យើងធ្វើការពណ៌នាដោយកំណត់ទិន្នន័យ តាមក្រាបបន្ទាត់ និង រង្វាស់តម្លៃកណ្តាល និងពង្រាយស្ថិតិរួមមានមធ្យមរ៉ាដ្យង់ គម្លាតស្តង់ដារនៃការលក់ និងការប្រើប្រាស់ ម៉ូដែលគណិតវិទ្យាសម្រាប់ព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូល។ បន្ទាប់មកធ្វើការប្រៀបធៀបម៉ូដែលទាំងអស់ តាមវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀង ដើម្បីជ្រើសរើសយកម៉ូដែលសមស្របជាងគេមកព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ។

៣.១ ជំហានក្នុងការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍

ក្នុងការព្យាករណ៍ប្រាក់ចំណូលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple យើងបានជ្រើសរើសយកវិធីសាស្ត្របែបបរិមាណវិស័យដែលមានទិន្នន័យ រយៈពេល២២ឆ្នាំយកមកធ្វើការព្យាករណ៍ ក្នុងនោះយើងជ្រើសរើសយកទិន្នន័យការលក់ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ មកធ្វើការគណនា និងការព្យាករណ៍នៅឆ្នាំបន្ទាប់។

ដើម្បីព្យាករណ៍របស់ក្រុមហ៊ុនមួយបានត្រឹមត្រូវ យើងគប្បី៖

- ប្រមូលទិន្នន័យដែលមានទៅតាមឆ្នាំនីមួយៗ
- កំណត់ពីប្រភេទទិន្នន័យ
- ធ្វើការគណនា និងការព្យាករណ៍តាមប្រភេទម៉ូដែលនីមួយៗ
- គណនាលម្អៀងនៃម៉ូដែលនីមួយៗ
- ធ្វើការប្រៀបធៀបទៅតាមតម្លៃលម្អៀង
- ជំហានចុងក្រោយគឺធ្វើការជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលល្អជាងគេដោយផ្អែកលើតម្លៃលម្អៀងណា

តូចជាងគេមកធ្វើការព្យាករណ៍ និងបកស្រាយ។

៣.២ ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ទិន្នន័យដែលយកមកប្រើដើម្បីបកស្រាយនិងធ្វើការគណនា គឺបានប្រមូលពីរបាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយផ្ទាល់ក្នុងរយៈពេល២២ឆ្នាំចុងក្រោយ ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ ដែលជាប្រភេទ Time-series Data ដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី ៣.១៖ ទិន្នន័យនៃការលក់ក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១

Year	Net Sales (in millions)
2000	7,983
2001	5,363
2002	5,742
2003	6,207
2004	8,279
2005	13,931
2006	19,315
2007	24,006
2008	32,479
2009	42,905
2010	65,225
2011	108,249
2012	156,508
2013	170,910
2014	182,795
2015	233,715
2016	215,639
2017	229,234
2018	265,595
2019	260,174
2020	274,520
2021	365,820

ប្រភព៖ របាយការណ៍លទ្ធផលប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple (មើលក្នុងឧបសម្ព័ន្ធទី ១ រហូតដល់ទី ៨)

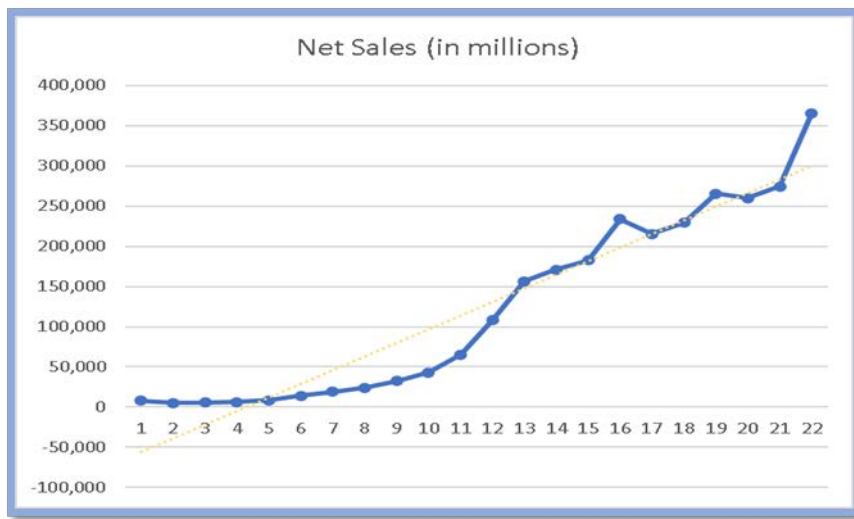
៣.៣ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple

ដើម្បីធ្វើការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើទិន្នន័យដែលបានមកពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple បានត្រឹមត្រូវ យើងត្រូវដឹងពីប្រភេទទិន្នន័យជាមុនសិន។

៣.៣.១ ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមក្រាម

ខាងក្រោមនេះ គឺក្រាបបង្ហាញដែលបញ្ជាក់ពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ ដែលមានលំនាំកើនឡើងរយៈពេលវែង។

រូបភាពទី ៣.១៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១



ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈការបង្ហាញយើងសង្កេតឃើញថាចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ ប្រាក់ចំណូលនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple មានការកើនឡើងនិងថយចុះតាមឆ្នាំនីមួយៗ ដោយសារតែក្រុមហ៊ុនមានដៃគូប្រកួតប្រជែងច្រើន។ បើសង្កេតតាមក្រាបខាងលើបានបង្ហាញថា ក្នុងឆ្នាំ ២០២១ នេះការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple មានការកើនឡើងដែលគួរឲ្យកត់សម្គាល់ដោយសារការអភិវឌ្ឍន៍នូវបច្ចេកវិទ្យាថ្មីដែលធ្វើឱ្យអតិថិជនមានការចាប់អារម្មណ៍យ៉ាងខ្លាំង។ យោងទៅតាមក្រាបទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple យើងសង្កេតឃើញថា ប្រភេទទិន្នន័យនេះជា Trend ដែលមានលំនាំនៃការកើនឡើងរយៈពេលវែង។

៣.៣.២ ការវិភាគប្រភេទទិន្នន័យតាម Autocorrelation

មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient Function (ACF) ដោយប្រើប្រាស់មន្ត និងតាមកម្មវិធី Minitab៖

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

r_k = មេគុណទំនាក់ទំនងសម្រាប់ lag នៃគម្លាតអំឡុងពេល k

\bar{y} = មធ្យមនៃតម្លៃសង្កេតរបស់ទិន្នន័យ Time series

Y_t = តម្លៃសង្កេតនៃរយៈពេល t

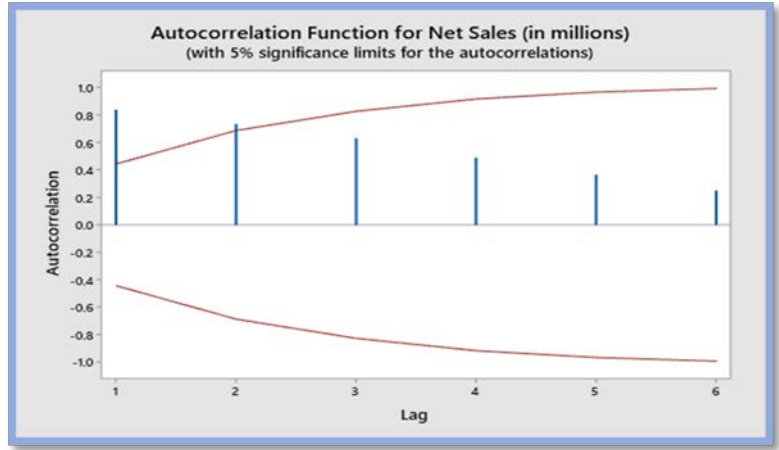
Y_{t-k} = តម្លៃសង្កេតមុនរយៈពេល t ចំនួន k ដង ឬរយៈពេល t - k

តារាងទី ៣.២៖ មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Function នៃការលក់របស់ Apple

Autocorrelations			
Lag	ACF	T	LBQ
1	0.837251	3.93	17.62
2	0.734188	2.22	31.86
3	0.631073	1.59	42.92
4	0.488424	1.11	49.92
5	0.364526	0.78	54.05
6	0.249815	0.52	56.11

ប្រភព៖ Minitab Output

រូបភាពទី ៣.២៖ ក្រាបបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple



តាមការគណនាមេគុណ Autocorrelation (AFC) បានបង្ហាញថាមេគុណទំនាក់ទំនង AFC រវាង Y_{t-k} នៅ lag1 ធំជាង lag2 និង lag បន្តបន្ទាប់កាន់តែតូចទៅៗខិតជិតទៅរកសូន្យមួយវិញ ទៀតតម្លៃនៅ lag 1 ធំខ្លាំង(ជិតស្មើ1) ដែលយើងសន្និដ្ឋានបានថា ទិន្នន័យដែលប្រមូលបាន ជាទិន្នន័យប្រភេទ Trend។

៣.៤ ការពណ៌នាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ Apple

នៅក្នុងការប្រើប្រាស់ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple យើងបានធ្វើការពណ៌នា ទិន្នន័យដែលប្រមូលបានដោយប្រើប្រាស់បច្ចេកទេសពណ៌នា (Descriptive Techniques) ដូចជា មធ្យម មេដ្យាន គម្លាតស្តង់ដារជាដើម។

តារាងទី ៣.៣៖ ការពណ៌នាទិន្នន័យការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ Apple ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១

ទិន្នន័យពណ៌នា(Descriptive of Data)	លទ្ធផល(លានដុល្លារអាមេរិក)
Mean	122481.5455
Standard Error	24548.41539
Median	86737
Mode	#N/A
Standard Deviation	115142.2744
Sample Variance	13257743358
Kurtosis	-1.115345933
Skewness	0.505209599
Range	360457
Minimum	5363
Maximum	365820
Sum	2694594
Count	22

តាមរយៈទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយប្រើស្ថិតិពណ៌នាយើងសង្កេតឃើញថា៖

- តាមរយៈការលក់ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ យើងសង្កេតឃើញថាមធ្យមនៃការលក់ប្រចាំរបស់ក្រុមហ៊ុនមានចំនួន ១២២,៤៨១.៥៥ លានដុល្លារអាមេរិក។
- មេដ្យាននៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple មានចំនួន ២៤,៥៤៨.៤១៥៣៩ លានដុល្លារអាមេរិក។ គម្លាតស្តង់ដារនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំមានចំនួន ១១៥,១៤២.២៧៤៤ លានដុល្លារអាមេរិក ឬវារ្យង់ស្មើនឹង ១៣,២៥៧,៧៤៣,៣៥៨ លានដុល្លារអាមេរិក។
- ក្នុងការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០២១ ច្រើនបំផុតចំនួន ៣៦៥,៨២០ លានដុល្លារអាមេរិកហើយទាបបំផុតចំនួន ៥,៣៦៣ លានដុល្លារអាមេរិក។
- នៅក្នុងរយៈពេល ២២ ឆ្នាំគម្លាតនៃការលក់ពីបរិមាណច្រើនបំផុតមកតិចបំផុត គឺ ៣៦០,៤៥៧ លានដុល្លារអាមេរិក។

៣.៥. ការព្យាករណ៍ការលក់របស់ Apple តាមបរិមាណវិស័យ

បន្ទាប់ពីធ្វើការវិភាគតាមការប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រខាងលើ យើងបានឃើញថាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple រយៈពេល២២ឆ្នាំនេះជាប្រភេទទិន្នន័យ Trend។ ដូចនេះហើយ ខាងក្រោមនេះជាម៉ូដែលដែលសមស្របសម្រាប់ព្យាករណ៍៖

- Absolute Change Model (ACM)
- Relative Change Average (RCM)
- Double Moving Average (DMA)
- Double Exponential Smoothing (DES)
- Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)
- Autoregressive (ARM)។

៣.៥.១. ម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM)

ការជ្រើសរើសម៉ូដែល Absolute Change Model (ACM) មកធ្វើការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយម៉ូដែលនេះត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ជាញឹកញាប់ក្នុងការ ព្យាករណ៍ទិន្នន័យប្រភេទ Trend ដោយអនុវត្តតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

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

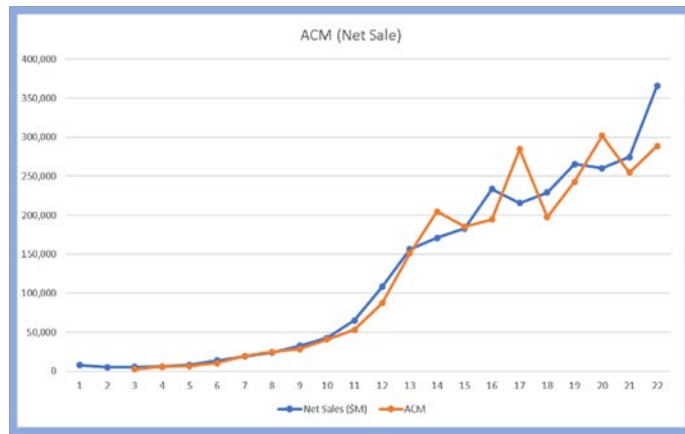
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល ACM បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាង ក្រោម៖

តារាងទី ៣.៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល ACM

	Actual	Forecast	Error	e^2	et	et /Yt	et/Yt
2000	7,983						
2001	5,363						
2002	5,742	2743.00	2999.00	8994001.00	2999.00	0.52	0.52
2003	6,207	6121.00	86.00	7396.00	86.00	0.01	0.01
2004	8,279	6672.00	1607.00	2582449.00	1607.00	0.19	0.19
2005	13,931	10351.00	3580.00	12816400.00	3580.00	Year	0.26
2006	19,315	19583.00	-268.00	71824.00	268.00	0.01	-0.01
2007	24,006	24699.00	-693.00	480249.00	693.00	0.03	-0.03
2008	32,479	28697.00	3782.00	14303524.00	3782.00	0.12	0.12
2009	42,905	40952.00	1953.00	3814209.00	1953.00	0.05	0.05
2010	65,225	53331.00	11894.00	141467236.00	11894.00	0.18	0.18
2011	108,249	87545.00	20704.00	428655616.00	20704.00	0.19	0.19
2012	156,508	151273.00	5235.00	27405225.00	5235.00	0.03	0.03
2013	170,910	204767.00	-33857.00	1146296449.00	33857.00	0.20	-0.20
2014	182,795	185312.00	-2517.00	6335289.00	2517.00	0.01	-0.01
2015	233,715	194680.00	39035.00	1523731225.00	39035.00	0.17	0.17
2016	215,639	284635.00	-68996.00	4760448016.00	68996.00	0.32	-0.32
2017	229,234	197563.00	31671.00	1003052241.00	31671.00	0.14	0.14
2018	265,595	242829.00	22766.00	518290756.00	22766.00	0.09	0.09
2019	260,174	301956.00	-41782.00	1745735524.00	41782.00	0.16	-0.16
2020	274,520	254753.00	19767.00	390734289.00	19767.00	0.07	0.07
2021	365,820	288866.00	76954.00	5921918116.00	76954.00	0.21	0.21
		Total	93920.00	17657140034.00	390146.00	2.96	1.49

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី ៣.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល ACM



ខាងក្រោមគឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល ACM មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.៥៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល ACM

Forecast Error Measures	
MES	802597274.273
RMES	28330.148
MAD	17733.909
MAPE	0.135
MPE	0.068

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.៥ ខាងលើបង្ហាញតម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល ACM ដែលមាន៖

- MSE មានលម្អៀង 802597274.273
- RMSE មានលម្អៀង 28330.148
- MAD មានលម្អៀង 17733.909
- MAPE មានលម្អៀង 0.135
- MPE មានលម្អៀង 0.068

៣.៥.២. ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM)

ការព្យាករណ៍ដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Relative Change Model (RCM) ទៅលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយអនុវត្តតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

រូបមន្តរបស់ RCM៖

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

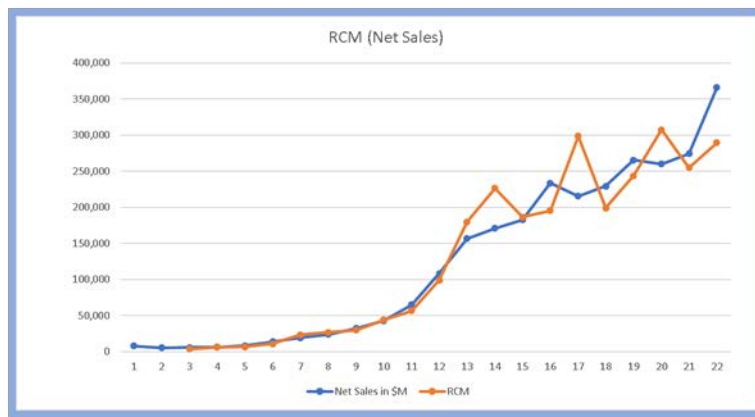
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល RCM បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៦៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល RCM

Year	Actual	Forecast	Error	e ²	letl	letl/Yt	et/Yt
2000	7,983						
2001	5,363						
2002	5,742	3602.88	2139.12	4575846.19	2139.12	0.37	0.37
2003	6,207	6147.78	59.22	3506.57	59.22	0.01	0.01
2004	8,279	6709.66	1569.34	2462838.27	1569.34	0.19	0.19
2005	13,931	11042.67	2888.33	8342461.07	2888.33	0.21	0.21
2006	19,315	23441.57	-4126.57	17028582.93	4126.57	0.21	-0.21
2007	24,006	26779.79	-2773.79	7693899.22	2773.79	0.12	-0.12
2008	32,479	29836.29	2642.71	6983890.24	2642.71	0.08	0.08
2009	42,905	43942.57	-1037.57	1076560.63	1037.57	0.02	-0.02
2010	65,225	56677.82	8547.18	73054228.47	8547.18	0.13	0.13
2011	108,249	99156.29	9092.71	82677374.06	9092.71	0.08	0.08
2012	156,508	179652.68	-23144.68	535676175.40	23144.68	0.15	-0.15
2013	170,910	226281.57	-55371.57	3066011166.39	55371.57	0.32	-0.32
2014	182,795	186637.28	-3842.28	14763149.07	3842.28	0.02	-0.02
2015	233,715	195506.48	38208.52	1459891211.54	38208.52	0.16	0.16
2016	215,639	298819.45	-83180.45	6918987136.84	83180.45	0.39	-0.39
2017	229,234	198961.04	30272.96	916452403.16	30272.96	0.13	0.13
2018	265,595	243686.10	21908.90	479999932.11	21908.90	0.08	0.08
2019	260,174	307723.57	-47549.57	2260961266.85	47549.57	0.18	-0.18
2020	274,520	254863.65	19656.35	386372220.51	19656.35	0.07	0.07
2021	365,820	289657.04	76162.96	5800796666.22	76162.96	0.21	0.21
		Total	-7878.18	22043810515.73	434174.79	3.15	0.32

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី ៣.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល RCM



ប្រភព៖ Excel Output

ខាងក្រោមគឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល RCM មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.៧៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល RCM

Forecast Error Measures	
MES	1001991387.079
RMES	31654.248
MAD	19735.218
MAPE	0.143
MPE	0.014

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.៧ ខាងលើបង្ហាញតម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល RCM ដែលមាន៖

- MSE មានលម្អៀង 1001991387.079
- RMSE មានលម្អៀង 31654.248
- MAD មានលម្អៀង 19735.218
- MAPE មានលម្អៀង 0.143
- MPE មានលម្អៀង 0.014។

៣.៥.៣. ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA)

ការព្យាករណ៍ដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Double Moving Average (DMA) ទៅលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយអនុវត្តតាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

M_t is moving average ទី១ ពី Y_t

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

M_t is moving average ទី២ ពី M_t

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

មេគុណនៃសមីការ Coefficients of Equation: $a_t = 2M_t - M'_t$

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

សមីការព្យាករណ៍នៃ DMA:

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

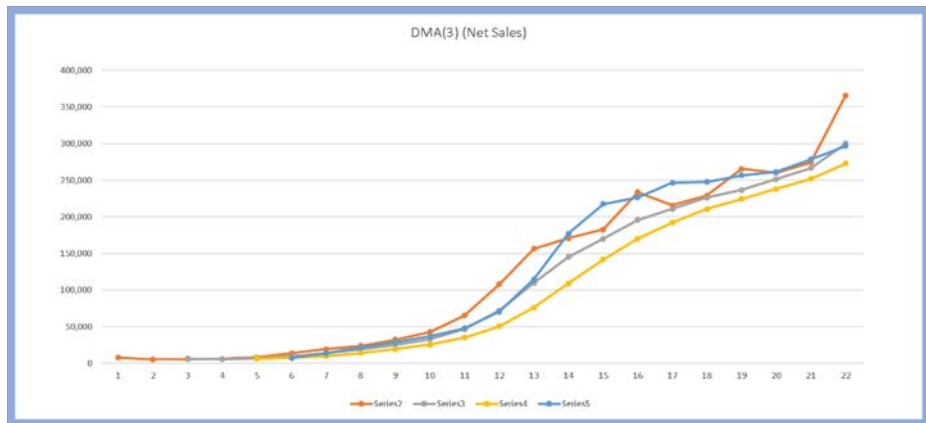
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DMA បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៨៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DMA

Year	Actual	Mt	M't	at	bt	Forecast	Error	e ²	letl	letl/Yt	et/Yt
2000	7,983										
2001	5,363										
2002	5,742	6362.67									
2003	6,207	5770.67									
2004	8,279	6742.67	6292.00	7193.33	450.67						
2005	13,931	9472.33	7328.56	11616.11	2143.78	7644.00	6287.00	39526369.00	6287.00	0.45	0.45
2006	19,315	13841.67	10018.89	17664.44	3822.78	13759.89	5555.11	30859259.46	5555.11	0.29	0.29
2007	24,006	19084.00	14132.67	24035.33	4951.33	21487.22	2518.78	6344241.49	2518.78	0.10	0.10
2008	32,479	25266.67	19397.44	31135.89	5869.22	28986.67	3492.33	12196392.11	3492.33	0.11	0.11
2009	42,905	33130.00	25826.89	40433.11	7303.11	37005.11	5899.89	34808688.90	5899.89	0.14	0.14
2010	65,225	46869.67	35088.78	58650.56	11780.89	47736.22	17488.78	305857348.16	17488.78	0.27	0.27
2011	108,249	72126.33	50708.67	93544.00	21417.67	70431.44	37817.56	1430167508.20	37817.56	0.35	0.35
2012	156,508	109994.00	76330.00	143658.00	33664.00	114961.67	41546.33	1726097813.44	41546.33	0.27	0.27
2013	170,910	145222.33	109114.22	181330.44	36108.11	177322.00	-6412.00	41113744.00	6412.00	0.04	-0.04
2014	182,795	170071.00	141762.44	198379.56	28308.56	217438.56	-34643.56	1200175941.53	34643.56	0.19	-0.19
2015	233,715	195806.67	170366.67	221246.67	25440.00	226688.11	7026.89	49377167.46	7026.89	0.03	0.03
2016	215,639	210716.33	192198.00	229234.67	18518.33	246686.67	-31047.67	963957605.44	31047.67	0.14	-0.14
2017	229,234	226196.00	210906.33	241485.67	15289.67	247753.00	-18519.00	342953361.00	18519.00	0.08	-0.08
2018	265,595	236822.67	224578.33	249067.00	12244.33	256775.33	8819.67	77786520.11	8819.67	0.03	0.03
2019	260,174	251667.67	238228.78	265106.56	13438.89	261311.33	-1137.33	1293527.11	1137.33	0.00	0.00
2020	274,520	266763.00	251751.11	281774.89	15011.89	278545.44	-4025.44	16204202.98	4025.44	0.01	-0.01
2021	365,820	300171.33	272867.33	327475.33	27304.00	296786.78	69033.22	4765585770.38	69033.22	0.19	0.19
						Total	109700.56	11044305460.78	301270.56	2.69	1.75

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី ៣.៥៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA



ប្រភព៖ Excel Output

ខាងក្រោមគឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល DMA មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.៩៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DMA

Forecast Error Measures	
MES	502013884.581
RMES	22405.666
MAD	13694.116
MAPE	0.122
MPE	0.080

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.៩ ខាងលើបង្ហាញតម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DMA ដែលមាន៖

- MSE មានលម្អៀង 502013884.581
- RMSE មានលម្អៀង 22405.666
- MAD មានលម្អៀង 13694.116
- MAPE មានលម្អៀង 0.122
- MPE មានលម្អៀង 0.080

៣.៥.៤. ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES)

ការព្យាករណ៍ដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing (DES) ទៅលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple តាមរូបមន្តខាងក្រោម៖

រូបមន្តរបស់ DES៖

គណនា Exponential Smoothing ទី១

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S_{t-1}$$

គណនា Exponential Smoothing ទី២

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

រកមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficient of Linear Equation)

$$\alpha_t = 2S_t - S'_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t - S'_t)$$

បង្កើតសមីការព្យាករណ៍

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

ដែល

- \hat{Y}_{t-p} = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត
- Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t
- p = ចំនួនរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍
- α = Smoothing Constant ($0 < \alpha < 1$)

ក្នុងការព្យាករណ៍ម៉ូដែល DES តាមរូបមន្តខាងលើយើងត្រូវរកតម្លៃ α ដែលសមស្របដើម្បីធ្វើការគណនា តម្លៃរបស់វា ដោយការប្រើប្រាស់នូវមុខងារ Solver របស់កម្មវិធី Excel ដែលបានបង្ហាញក្នុងតារាងទី ៣.១០ (មើលក្នុងឧបសម្ព័ន្ធទី ២.១)។

តារាងទី៣.១០៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [ម៉ូដែលព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន_Apple_Inc.xlsx]DES

Report Created: 7/10/2022 2:35:24 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
\$B\$49	MSE= Net Sales in \$M	3897535.53	3897535.53

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$M\$2	Alpha	0.738752809	0.738752809	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$79	alpha Actual	0.738752809	\$B\$79<=1	Not Binding	0.261247191
\$B\$79	alpha Actual	0.738752809	\$B\$79>=0	Not Binding	0.738752809

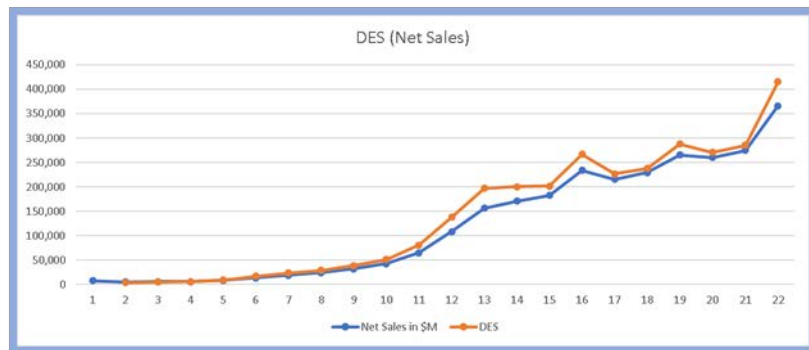
តាមការគណនាតម្លៃ α តាមកម្មវិធី Solver នៅក្នុង Microsoft Excel យើងកំណត់បានថាតម្លៃ $\alpha = 0.738$ គឺជាតម្លៃដែលល្អបំផុត ដើម្បីប្រើប្រាស់ម៉ូដែល DES ទៅធ្វើការព្យាករណ៍អនាគតនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយកំណត់បាន៖ $S_1 = Y_1 = 7983; S'_1 = Y'_1 = 7983$ ។

លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DES បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១១៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DES

Year	Net Sales in \$M	St	S't	at	bt	DES	Error	e ²	letl	letl/Yt	et/Yt
2000	7,983	7983.00	7983.00	7983.00							
2001	5,363	6047.47	6553.12	5541.82	-1429.88	4111.94	1251.06	1565162.93	1251.06	0.23	0.23
2002	5,742	5821.80	6012.86	5630.75	-540.26	5090.49	651.51	424471.67	651.51	0.11	0.11
2003	6,207	6106.37	6081.94	6130.80	69.08	6199.88	7.12	50.70	7.12	0.00	0.00
2004	8,279	7711.41	7285.71	8137.10	1203.77	9340.87	-1061.87	1127575.04	1061.87	0.13	-0.13
2005	13,931	12306.15	10994.57	13617.72	3708.86	17326.58	-3395.58	11529996.15	3395.58	0.24	-0.24
2006	19,315	17483.96	15788.62	19179.29	4794.05	23973.34	-4658.34	21700139.08	4658.34	0.24	-0.24
2007	24,006	22302.13	20600.50	24003.77	4811.87	28815.65	-4809.65	23132687.73	4809.65	0.20	-0.20
2008	32,479	29820.32	27411.67	32228.98	6811.17	39040.15	-6561.15	43048646.43	6561.15	0.20	-0.20
2009	42,905	39486.66	36332.11	42641.22	8920.44	51561.66	-8656.66	74937765.56	8656.66	0.20	-0.20
2010	65,225	58500.93	52709.39	64292.48	16377.28	80669.76	-15444.76	238540559.01	15444.76	0.24	-0.24
2011	108,249	95252.46	84138.20	106366.71	31428.81	137795.53	-29546.53	872997161.86	29546.53	0.27	-0.27
2012	156,508	140505.16	125779.45	155230.87	41641.25	196872.12	-40364.12	1629262424.77	40364.12	0.26	-0.26
2013	170,910	162966.82	153251.73	172681.92	27472.27	200154.19	-29244.19	855222741.86	29244.19	0.17	-0.17
2014	182,795	177614.94	171250.12	183979.77	17998.40	201978.16	-19183.16	367993732.46	19183.16	0.10	-0.10
2015	233,715	219059.02	206569.08	231548.96	35318.96	266867.91	-33152.91	1099115728.78	33152.91	0.14	-0.14
2016	215,639	216532.47	213929.56	219135.38	7360.48	226495.86	-10856.86	117871455.12	10856.86	0.05	-0.05
2017	229,234	225915.76	222784.40	229047.12	8854.84	237901.96	-8667.96	75133531.81	8667.96	0.04	-0.04
2018	265,595	255228.91	246752.87	263704.95	23968.47	287673.42	-22078.42	487456646.10	22078.42	0.08	-0.08
2019	260,174	258882.11	255713.38	262050.84	8960.51	271011.35	-10837.35	117448052.56	10837.35	0.04	-0.04
2020	274,520	270434.64	266588.76	274280.53	10875.38	285155.91	-10635.91	113122572.23	10635.91	0.04	-0.04
2021	365,820	340900.84	321487.02	360314.67	54898.26	415212.93	-49392.93	2439661720.68	49392.93	0.14	-0.14
						Total	-257245.72	6151631101.86	261065.12	3.00	-2.31

រូបភាពទី ៣.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES



ប្រភព៖ Excel Output

ខាងក្រោមគឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល DES មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.១២៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DES

Forecast Error Measures	
MES	279619595.54
RMES	16721.83
MAD	11866.60
MAPE	0.14
MPE	-0.10

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.១២ ខាងលើបង្ហាញតម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល DES ដែលមាន៖

- MSE មានលម្អៀង 279619595.54
- RMSE មានលម្អៀង 16721.83
- MAD មានលម្អៀង 11866.60
- MAPE មានលម្អៀង 0.14
- MPE មានលម្អៀង -0.10

៣.៥.៥. ម៉ូដែល Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)

ការព្យាករណ៍ដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Holt's Method Exponential Smoothing (HES) ទៅលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple តាមរូបមន្តដូចខាងក្រោម៖

គណនា Smoothing Level (L_t) ដោយប្រើ Smoothing coefficient (α)

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

គណនា Trend Level (T_t) ដោយប្រើ Smoothing coefficient (β)

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

បង្កើតសមីការព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត

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

ដើម្បីគណនាតាមម៉ូដែល HES យើងត្រូវរកតម្លៃ α និង β ដែលល្អជាងគេមកប្រើប្រាស់មុខងារ Solver របស់កម្មវិធី Excel។ លទ្ធផលនៃការគណនាតាម Solver បានបង្ហាញក្នុងតារាងទី ៣.១៣ (មើលនៅក្នុងឧបសម្ព័ន្ធទី ២.២)។

តារាងទី ៣.១៣៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report
 Worksheet: [ម៉ូដែលព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន_Apple_Inc.xlsx]HES
 Report Created: 7/10/2022 3:16:13 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
\$B\$29	MSE= Actual	602353871.896	571331479.853

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$26	Alpha Actual	0.6	0.9	Contin
\$B\$27	Beta Actual	0.4	0.240384745	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$26	Alpha Actual	0.9	\$B\$26<=1	Not Binding	0.146782511
\$B\$26	Alpha Actual	0.9	\$B\$26>=0	Not Binding	0.9
\$B\$27	Beta Actual	0.240384745	\$B\$27<=1	Not Binding	0.759615255
\$B\$27	Beta Actual	0.240384745	\$B\$27>=0	Not Binding	0.240384745

ប្រភព៖ Excel output

តាមលទ្ធផលនៃការគណនាតាម Solver នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានបង្ហាញថា $Alpha = 0.9$ និង $Beta = 0.2403$ វាជាតម្លៃដែលល្អជាងគេសម្រាប់យកប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនាម៉ូដែលនេះ ដើម្បីឲ្យបានលម្អៀងតូច។

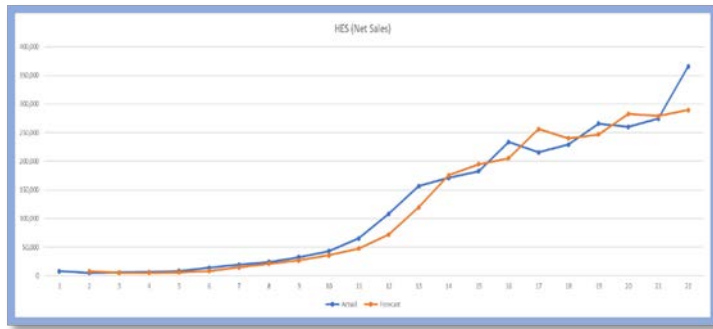
តារាងទី៣.១៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល HES

Year	Actual	Lt	Tt	Forecast	Error	e2	lel	let/Yt	et/Yt
2000	7,983	7,983.00	0.00						
2001	5,363	5,747.57	-537.36	7,983.00	-2,620.00	6,864,400.00	2,620.00	0.49	-0.49
2002	5,742	5,663.94	-428.29	5,210.21	531.79	282,803.85	531.79	0.09	0.09
2003	6,207	6,064.42	-229.07	5,235.65	971.35	943,521.10	971.35	0.16	0.16
2004	8,279	7,920.32	272.12	5,835.35	2,443.65	5,971,401.22	2,443.65	0.30	0.30
2005	13,931	13,088.68	1,449.11	8,192.44	5,738.56	32,931,064.74	5,738.56	0.41	0.41
2006	19,315	18,613.79	2,428.91	14,537.79	4,777.21	22,821,773.99	4,777.21	0.25	0.25
2007	24,006	23,571.04	3,036.69	21,042.70	2,963.30	8,781,126.19	2,963.30	0.12	0.12
2008	32,479	31,617.20	4,240.89	26,607.73	5,871.27	34,471,830.60	5,871.27	0.18	0.18
2009	42,905	41,870.64	5,686.21	35,858.09	7,046.91	49,658,954.12	7,046.91	0.16	0.16

2010	65,225	62,631.62	9,309.96	47,556.85	17,668.15	312,163,507.30	17,668.15	0.27	0.27
2011	108,249	102,919.71	16,756.63	71,941.58	36,307.42	1,318,228,444.89	36,307.42	0.34	0.34
2012	156,508	151,101.76	24,310.82	119,676.33	36,831.67	1,356,571,631.90	36,831.67	0.24	0.24
2013	170,910	171,570.90	23,387.34	175,412.58	-4,502.58	20,273,182.08	4,502.58	0.03	-0.03
2014	182,795	184,580.35	20,892.65	194,958.24	-12,163.24	147,944,371.32	12,163.24	0.07	-0.07
2015	233,715	229,569.57	26,685.10	205,473.00	28,242.00	797,610,336.75	28,242.00	0.12	0.12
2016	215,639	221,600.67	18,354.81	256,254.67	-40,615.67	1,649,632,555.72	40,615.67	0.19	-0.19
2017	229,234	230,807.73	16,155.83	239,955.48	-10,721.48	114,950,071.07	10,721.48	0.05	-0.05
2018	265,595	262,860.23	19,977.15	246,963.55	18,631.45	347,130,832.87	18,631.45	0.07	0.07
2019	260,174	263,500.59	15,328.88	282,837.38	-22,663.38	513,628,575.74	22,663.38	0.09	-0.09
2020	274,520	275,152.55	14,445.00	278,829.46	-4,309.46	18,571,480.81	4,309.46	0.02	-0.02
2021	365,820	354,631.88	30,078.26	289,597.56	76,222.44	5,809,860,690.51	76,222.44	0.21	0.21
				Total	146,651.359	12,569,292,556.763	341,842.957	3.832	1.994

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី ៣.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល HES



ប្រភព៖ Excel Output

ខាងក្រោមគឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល HES មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.១៥៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល HES

Forecast Error Measures	
MES	571331479.853
RMES	23902.541
MAD	15538.316
MAPE	0.174
MPE	0.091

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.១៥ ខាងលើបង្ហាញតម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល HES ដែលមាន៖ MSE មានលម្អៀង 571331479.853 RMSE មានលម្អៀង 23902.541 MAD មានលម្អៀង 15538.316 MAPE មានលម្អៀង 0.174 និង MPE មានលម្អៀង 0.091។

៣.៥.៦ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

ម៉ូដែល Autoregressive (AR) ជាម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលមានដល់ p លំដាប់ ហើយលំដាប់នីមួយៗ គឺសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ទៅតាមទិន្នន័យ Time Series ដែលមាន លំនាំទិន្នន័យ (Data Pattern) ផ្សេងគ្នា។ ការកំណត់លំដាប់នៃ AR គឺត្រូវវិភាគទៅលើ Pattern នៃ Partial Autocorrelation Function (PACF)។ ហេតុដូច្នេះហើយ ដើម្បីកំណត់លំដាប់នៃ AR ដែលសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple យើងត្រូវគណនា និងវិភាគ PACF ជាមុនសិន។

៣.៥.៦.១ ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម Partial Autocorrelation Function

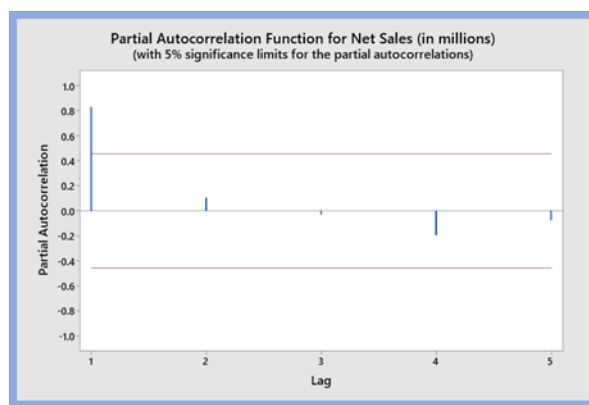
Partial Autocorrelation Function (PACF) ដែលប្រើសម្រាប់ប្រាប់ថាម៉ូដែល $AR(p)$ គួរយក p ចំនួនប៉ុន្មាន ត្រូវបានគណនាតាមការប្រើប្រាស់កម្មវិធី Minitab Software មានលទ្ធផលដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៦៖ Partial Autocorrelation Functions

Partial Autocorrelations		
Lag	PACF	T
1	0.830160	3.80
2	0.107332	0.49
3	-0.032368	-0.15
4	-0.194421	-0.89
5	-0.075408	-0.35

ប្រភព៖ Minitab

រូបភាព៣.៨៖ Partial Autocorrelations Functions (PACF)



ប្រភព៖ Minitab

តារាង និងក្រាបខាងលើ មេគុណ PACF ដំបូងនៅ *Lag1* មានតម្លៃធំ ហើយនៅ *Lag* បន្តបន្ទាប់ មេគុណ មានតម្លៃតូចៗខិតទៅរកសូន្យ ហើយនឹងមានតម្លៃក្រោមសូន្យ។ ដូចនេះយើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ម៉ូដែលAutoregressive គឺមានលំដាប់ ១ AR(1)។

៣.៥.៦.២ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1)

យោងទៅតាមការបកស្រាយដោយប្រើប្រាស់មេគុណ PACF យើងសន្និដ្ឋានបានថា ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ជាម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1) ដែលមានទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរតៗគ្នារវាង Y_t និង $Y(t - 1)$ នៅក្នុងទិន្នន័យ Time Series។

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \epsilon_t$$

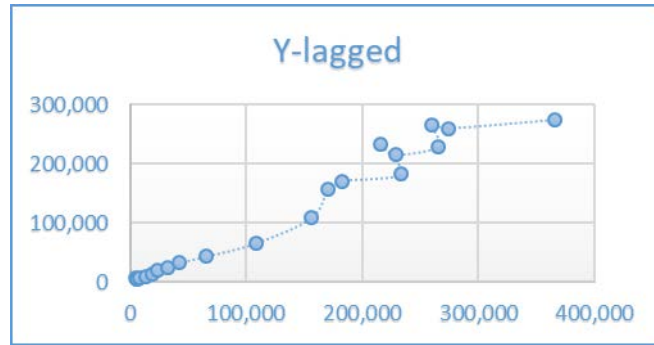
តារាង៣.១៧៖ តារាងកំណត់តម្លៃ *Y - lagged* ក្នុងម៉ូដែល AR(1)

Year X	Net Sales (in millions)	Y-lagged
2000	7,983	
2001	5,363	7,983
2002	5,742	5,363
2003	6,207	5,742
2004	8,279	6,207
2005	13,931	8,279
2006	19,315	13,931
2007	24,006	19,315
2008	32,479	24,006
2009	42,905	32,479
2010	65,225	42,905
2011	108,249	65,225
2012	156,508	108,249
2013	170,910	156,508
2014	182,795	170,910
2015	233,715	182,795
2016	215,639	233,715
2017	229,234	215,639
2018	265,595	229,234
2019	260,174	265,595
2020	274,520	260,174
2021	365,820	274,520

ប្រភព៖ Excel Output

Y Lagged ($Y(t - 1)$) ជាអថេរឯករាជ្យ (Independent Variable) ដែលបានមកពីតម្លៃនៃទិន្នន័យ ឆ្នាំចាស់ (មើលតារាងទី ៣.១៨)។

រូបភាពទី៣.៩៖ ដ្យាក្រាមចំណុចនៃ Y_t និង $Y(t - 1)$ សម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR(1)



ប្រភព៖ Excel Output

តារាងទី៣.១៨៖ លម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1)

Observation	Predicted Net Sales (in millions)	Residuals
1	16438.81813	-11075.81813
2	13600.27801	-7858.278009
3	14010.89126	-7803.891255
4	14514.67796	-6235.677956
5	16759.50816	-2828.508157
6	22882.95425	-3567.954246
7	28716.04585	-4710.04585
8	33798.33276	-1319.332759
9	42978.08483	-73.08483148
10	54273.74105	10951.25895
11	78455.50267	29793.49733
12	125068.2317	31439.76828
13	177352.6239	-6442.623938
14	192955.9273	-10160.9273
15	205832.282	27882.718
16	260999.6342	-45360.63424
17	241415.8742	-12181.87424
18	256144.8639	9450.136094
19	295538.8171	-35364.81707
20	289665.6392	-15145.63921
21	305208.2715	60611.72852

ប្រភព៖ Excel Output

តារាងទី៣.១៩៖ តារាងលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR(1)

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0.979585511					
R Square	0.959587774					
Adjusted R Square	0.957460814					
Standard Error	23726.78247					
Observations	21					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	2.53982E+11	2.53982E+11	451.1547443	1.06369E-14	
Residual	19	10696243920	562960206.3			
Total	20	2.64678E+11				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	7789.938062	7668.267744	1.015866728	0.322455252	-8259.930781	23839.80691
Y-lagged	1.083412259	0.051007141	21.24040358	1.06369E-14	0.976653086	1.190171432

តារាងទី៣.២០៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល AR(1)

Year X	Net Sales (in millions)	Predicted Net Sales (in millions)	Residuals	e ²	letl	letl/Yt	et/Yt
2001	5,363	16438.81813	-11075.81813	122673747.2	11075.81813	2.06523	-2.0652
2002	5,742	13600.27801	-7858.278009	61752533.26	7858.278009	1.36856	-1.3686
2003	6,207	14010.89126	-7803.891255	60900718.72	7803.891255	1.25727	-1.2573
2004	8,279	14514.67796	-6235.677956	38883679.57	6235.677956	0.75319	-0.7532
2005	13,931	16759.50816	-2828.508157	8000458.394	2828.508157	0.20304	-0.203
2006	19,315	22882.95425	-3567.954246	12730297.5	3567.954246	0.18472	-0.1847
2007	24,006	28716.04585	-4710.04585	22184531.91	4710.04585	0.1962	-0.1962
2008	32,479	33798.33276	-1319.332759	1740638.928	1319.332759	0.04062	-0.0406
2009	42,905	42978.08483	-73.08483148	5341.392593	73.08483148	0.0017	-0.0017
2010	65,225	54273.74105	10951.25895	119930072.7	10951.25895	0.1679	0.1679
2011	108,249	78455.50267	29793.49733	887652482.9	29793.49733	0.27523	0.27523
2012	156,508	125068.2317	31439.76828	988459029.7	31439.76828	0.20088	0.20088
2013	170,910	177352.6239	-6442.623938	41507403.2	6442.623938	0.0377	-0.0377
2014	182,795	192955.9273	-10160.9273	103244443.5	10160.9273	0.05559	-0.0556
2015	233,715	205832.282	27882.718	777445963.2	27882.718	0.1193	0.1193
2016	215,639	260999.6342	-45360.63424	2057587139	45360.63424	0.21035	-0.2104
2017	229,234	241415.8742	-12181.87424	148398060	12181.87424	0.05314	-0.0531
2018	265,595	256144.8639	9450.136094	89305072.2	9450.136094	0.03558	0.03558
2019	260,174	295538.8171	-35364.81707	1250670286	35364.81707	0.13593	-0.1359
2020	274,520	289665.6392	-15145.63921	229390387	15145.63921	0.05517	-0.0552
2021	365,820	305208.2715	60611.72852	3673781634	60611.72852	0.16569	0.16569
		Total	0.00	10696243920	340258.2144	7.583005	-5.65384

សមីការព្យាករណ៍ការលក់៖ $Y = 7789.9380 + 1.0834 Y - lagged$ ដែល Y ជាបរិមាណលក់ប៉ាន់ស្មាននៅគ្រាទី (1) ហើយ $Y lag$ ជាឆ្នាំទី $(t - 1)$ ។ តាមរយៈតម្លៃ $R Square$ គឺ $Y - lagged$ អាចពន្យល់ពីការលក់នៅឆ្នាំទី (t) បាន 95.95%។

ខាងក្រោម គឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងនៃម៉ូដែល ARM មានដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

តារាងទី៣.២១៖ តម្លៃលម្អៀងម៉ូដែល AR(1)

Forecast Error Measures	
MES	509344948.585
RMES	22568.672
MAD	16202.772
MAPE	0.361
MPE	-0.269

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.១៥ ខាងលើបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់វែងរបស់ម៉ូដែល HES ដែលមាន៖

- MSE មានលម្អៀង 509344948.585
- RMSE មានលម្អៀង 22568.672
- MAD មានលម្អៀង 16202.772
- MAPE មានលម្អៀង 0.361
- MPE មានលម្អៀង -0.269

៣.៦ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

បន្ទាប់ពីបានការអនុវត្តការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលមួយចំនួនដូចខាងលើ និងការវាស់វែងលម្អៀងសម្រាប់ម៉ូដែលនីមួយៗ ដើម្បីជ្រើសរើសល្អបំផុតដែលអោយលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបានជាចាំបាច់ត្រូវប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែល។

តារាងទី៣.២២៖ ការប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ ACM, RCM, DMA, DES, HES,

AR(1)

	MSE	RMSE	MAD	MAPE	MPE
Absolute Change Model (ACM)	802597274.273	28330.148	17733.909	0.135	0.068
Relative Change Model (RCM)	1001991387.079	31654.248	19735.218	0.143	0.014
Double Moving Average (DMA)	502013884.581	22405.666	13694.116	0.122	0.080
Double Exponential Smoothing (DES)	279619595.54	16721.83	11866.60	0.14	-0.10
Holt's Method Exponential Smoothing (HES)	571331479.853	23902.541	15538.316	0.174	0.091
First Order Autoregressive Model (ARM)	509344948.585	22568.672	16202.772	0.361	-0.269

ដោយប្រៀបធៀបម៉ូដែលព្យាករណ៍ទាំង ៦ខាងលើ យើងសង្កេតឃើញថាម៉ូដែល DES មានលម្អៀង MSE, RMES និង MAD តូចជាងគេ នាំឱ្យយើងសន្និដ្ឋានបានថាម៉ូដែល Double Exponential Smoothing Model (DES) ជាម៉ូដែលល្អជាងគេដែលត្រូវ ជ្រើសរើសមកព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន
និងការផ្តល់អនុសាសន៍

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និង ការផ្តល់អនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ក្រោយពីបានសិក្សាស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទ “ការជ្រើសរើសម៉ូដែលព្យាករណ៍លើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple” រួចមកយើងសង្កេតឃើញថាការជ្រើសរើសម៉ូដែលបានល្អ គឺពិតជាមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងក្នុងដំណើរការអាជីវកម្មមួយ ដើម្បីទទួលបានជោគជ័យ។ តាមរយៈការសិក្សាលើស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple កន្លងមកបានបង្ហាញឱ្យឃើញថាក្រុមហ៊ុន Apple ពិតជាក្រុមហ៊ុនដ៏ធំជាងគេក្នុងការធ្វើពាណិជ្ជកម្មអេឡិចត្រូនិច ដែលលក់ទិនិញ និងសេវាកម្មនៅពាសពេញពិភពលោក។ ជាពិសេសក្រុមហ៊ុន Apple បានកំណត់នូវផែនការច្បាស់លាស់ក្នុងការបញ្ចូលនូវទំនិញ និងសេវាកម្មថ្មីៗ ដើម្បីបំពេញតម្រូវការអតិថិជនរបស់ខ្លួន និងមិនតែប៉ុណ្ណោះក្រុមហ៊ុន Apple តែងតែរកយុទ្ធសាស្ត្រថ្មីៗ ដើម្បីប្រកួតប្រជែងជាមួយក្រុមហ៊ុនធំៗដទៃទៀត។

តាមរយៈការប្រមូលទិន្នន័យការលក់ពីក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីឆ្នាំ២០០០ ដល់ឆ្នាំ២០២១ និងការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមមេគុណទំនាក់ទំនង ACF យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថា ទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្នុងរយៈពេល២២ឆ្នាំចុងក្រោយនេះជាទិន្នន័យប្រភេទ Trend។ ដូចនេះម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យមួយចំនួនដែលសមស្របយកមកអនុវត្តមាន៖ ម៉ូដែល Absolute Change Model ម៉ូដែល Relative Change Model ម៉ូដែល Double Moving Average ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing Model ម៉ូដែល Holt’s Method និង ម៉ូដែល Autoregressive Model។ ម្យ៉ាងទៀត ដើម្បីធ្វើការប្រៀបធៀប និងជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលល្អបំផុតសម្រាប់ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple យើងបានប្រើប្រាស់នូវវិធីសាស្ត្រវាស់វែងលម្អៀងមួយចំនួនដូចជា៖ មធ្យមនៃការលម្អៀង (MSE) ឬសកាវនៃមធ្យមលម្អៀង (RMSE) មធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតលម្អៀង (MAD) មធ្យមនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ (MPE) និងមធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតនៃលម្អៀងគិតជាភាគរយ(MAPE)។

ដូច្នេះតាមការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើការព្យាករណ៍ និងវិភាគវាយតម្លៃម៉ូដែលខាងលើ បានរកឃើញបានថា ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing Model (DES) គឺមានលម្អៀងតូចជាងគេបង្អស់ក្នុងចំណោមម៉ូដែលផ្សេងៗទៀត។ ដូច្នេះយើងសន្និដ្ឋានបានថា ម៉ូដែល Double Exponential Smoothing Model (DES) ជាម៉ូដែលល្អជាងគេបំផុតសម្រាប់ជ្រើសរើសធ្វើការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple។

២. អនុសាសន៍

ឆ្លងតាមការសិក្សាស្រាវជ្រាវទៅលើប្រធានបទខាងលើនេះរួចមក យើងខ្ញុំបានប្រើការលក់រយៈពេល ២២ឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple សម្រាប់យកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករណ៍នេះ។ ការព្យាករណ៍នេះទៀតសោត បានធ្វើការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលចំនួន៧របៀបផងដែរ។ ប៉ុន្តែយើងសង្កេតឃើញថានៅក្នុងបរិបទសង្គមនៃការរីករាលដាលនូវជំងឺកូវីដ-១៩ធ្វើឲ្យសេដ្ឋកិច្ចមានការប្រែប្រួលមិនទៀងទាត់ នាំឲ្យការធ្វើការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យតែមួយគឺមិនទាន់មានភាពគ្រប់គ្រាន់នោះទេ ដើម្បីឲ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍នេះកាន់តែល្អប្រសើរពួកយើងសូមផ្តល់នូវអនុសាសន៍មួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

- គួរគប្បីប្រមូលទិន្នន័យឱ្យបានច្រើនអំឡុងពេល
- ធ្វើការព្យាករណ៍ដោយបញ្ចូលគ្នារវាងការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ និងការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ។
- ពិចារណាប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍ថ្មីៗបន្ថែមទៀតដូចជាម៉ូដែល ARIMA ជាដើមដើម្បីឱ្យលទ្ធផលអាចយកទៅអនុវត្តបានកាន់ល្អ។

ឯកសារយោង

ឯកសារយោង

ជកស្រង់ពីគេហទំព័រ

Apple, 2020, Company Founder. Retrieved from:

<https://khmerreader.com/archives/10022>

Apple Logo 2018. Retrieved from:

<https://m-eng.ru/km/avtonomnaya-kanalizaciya/kogda-byla-osnovana-kompaniya-apple-kratkaya-istoriya-uspeha.html>

Annual Report 10-K, page 1-2Apple Inc, 2022. Retrieved from:

[https://s2.q4cdn.com/470004039/files/doc_financials/2021/q4/_10-K-2021-\(As-Filed\).pdf](https://s2.q4cdn.com/470004039/files/doc_financials/2021/q4/_10-K-2021-(As-Filed).pdf)

Company Located Apple, 2020. Retrieved from:

<http://m.freshnewsasia.com/index.php/en/freshnewsplus/171199-2020-09-19-05-56-27.html>

Company story Apple. Retrieved from:

<https://www.worldatlas.com/the-history-of-apple-inc.html>

Mission & Vision Apple, 2020, Retrieved from:

<https://km.warbletoncouncil.org/mision-vision-apple-11306>

Mission-Statement & Core Value Apple 2021. Retrieved from:

<https://mission-statement.com/apple/>

Philosophies of Steve Job Apple 2022, Retrieved from:

<https://cambonomist.com/articles/steve-jobs-philosophies-for-apple/>

ជក្រមខ្លឹមសៀវភៅអត្ថបទសិក្សា

Adhikari, Ratnadip, and Agrawal R.K. 2013. "An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting". LAP Lambert Academic Publishing. Germany

Berenson, Mark L., David M. Levine, and Timothy C. Krehbiel. 2012. Basic Business Statistic: Concepts and Application. 12th Edition. Pearson Education, Inc. New Jersey, USA

Douglas, C. Montgomery, L. Jenninns Chertl, and Murat Kulachi. 2008. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. 1st Edition. Hoboken, New Jersey.

Gerald, Keller. 2014. Statistic for Management and Economics. 10th Edition. Cengage Learning. The United States of America

John, E. Hanke, and Dean Wichern. 2012. Business Forecastion. 9th Edition. Pearson Education, Inc. The United States of America.

Jay, Heizer, and Barry Render. 2012. Flexible Management. 10th Edition. Prentice Hall.

J. Hoton Wilon Keating, and Barry. 2008. Business Forecasting with ForecastX. 6th Edition. McGraw-Hill/Irwin. New York. The United States of America.

Ricky W, Griffin. 2012. Management. Cengage Learning. The United States of America.

Reza, A. Hoshmand. 2014. Business Forecasting a practical approach. 2nd Edition. Routledge. New York.

Rob J. Hyndman, and George Athanasopoulos. 2018. Forecasting Principle and Praticce. 2nd Edition. Melbourne: OTexts. Australia

Shim, Jae K., and Joel G. Siegel. 2005. Budgeting Basics Beyond. 2nd Edition, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. The United States of America

Sunil Chopra, and Peter Meindl. 2013. Supply Chain Management. 5th Edition. Pearson Education, Inc. The United State of America.

ଅଧ୍ୟାୟ

បញ្ជីឧបសម្ព័ន្ធ

- ឧបសម្ព័ន្ធទី១៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០២០~២០២១
- ឧបសម្ព័ន្ធទី២៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០១៨~២០១៩
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៣៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០១៥~២០១៧
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៤៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០១២~២០១៤
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៥៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០០៩~២០១១
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៦៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០០៦~២០០៨
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៧៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០០៣~២០០៥
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៨៖ របាយការណ៍លទ្ធផលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ២០០០~២០០២
- ឧបសម្ព័ន្ធទី ៩៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES
- ឧបសម្ព័ន្ធទី ១០៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល DES
- ឧបសម្ព័ន្ធទី ១១៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES

ឧបសម្ព័ន្ធទី១៖ របាយការណ៍លទ្ធផលក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2020, 2021

Apple Inc.

CONDENSED CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS (Unaudited)

(In millions, except number of shares which are reflected in thousands and per share amounts)

	Twelve Months Ended	
	September 25, 2021	September 26, 2020
Net sales:		
Products	\$ 297,392	\$ 220,747
Services	68,425	53,768
Total net sales ⁽¹⁾	365,817	274,515
Cost of sales:		
Products	192,266	151,286
Services	20,715	18,273
Total cost of sales	212,981	169,559
Gross margin	152,836	104,956
Operating expenses:		
Research and development	21,914	18,752
Selling, general and administrative	21,973	19,916
Total operating expenses	43,887	38,668
Operating income	108,949	66,288
Other income/(expense), net	258	803
Income before provision for income taxes	109,207	67,091
Provision for income taxes	14,527	9,680
Net income	\$ 94,680	\$ 57,411
Earnings per share:		
Basic	\$ 5.67	\$ 3.31
Diluted	\$ 5.61	\$ 3.28
Shares used in computing earnings per share:		
Basic	16,701,272	17,352,119
Diluted	16,864,919	17,528,214
⁽¹⁾ Net sales by reportable segment:		
Americas	\$ 153,306	\$ 124,556
Europe	89,307	68,640
Greater China	68,366	40,308
Japan	28,482	21,418
Rest of Asia Pacific	26,356	19,593
Total net sales	\$ 365,817	\$ 274,515
⁽¹⁾ Net sales by category:		
iPhone	\$ 191,973	\$ 137,781
Mac	35,190	28,622
iPad	31,862	23,724
Wearables, Home and Accessories	38,367	30,620
Services	68,425	53,768
Total net sales	\$ 365,817	\$ 274,515

ឧបសម្ព័ន្ធទី២: របាយការណ៍លទ្ធផលក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2018, 2019

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS
(In millions, except number of shares which are reflected in thousands and per share amounts)

	Years ended	
	September 28, 2019	September 29, 2018
Net sales:		
Products	\$ 213,883	\$ 225,847
Services	46,291	39,748
Total net sales	260,174	265,595
Cost of sales:		
Products	144,996	148,164
Services	16,786	15,592
Total cost of sales	161,782	163,756
Gross margin	98,392	101,839
Operating expenses:		
Research and development	16,217	14,236
Selling, general and administrative	18,245	16,705
Total operating expenses	34,462	30,941
Operating income	63,930	70,898
Other income/(expense), net	1,807	2,005
Income before provision for income taxes	65,737	72,903
Provision for income taxes	10,481	13,372
Net income	\$ 55,256	\$ 59,531
Earnings per share:		
Basic	\$ 11.97	\$ 12.01
Diluted	\$ 11.89	\$ 11.91
Shares used in computing earnings per share:		
Basic	4,617,834	4,955,377
Diluted	4,648,913	5,000,109

ឧបសម្ព័ន្ធទី៣៖ របាយការណ៍លទ្ធផលប្រតិបត្តិការ Apple ឆ្នាំ 2015, 2016, 2017

Apple Inc.

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

(In millions, except number of shares which are reflected in thousands and per share amounts)

Years ended	September 30, 2017	September 24, 2016	September 26, 2015
Net sales	\$ 229,234	\$ 215,639	\$ 233,715
Cost of sales	141,048	131,376	140,089
Gross margin	88,186	84,263	93,626
Operating expenses			
Research and development	11,581	10,045	8,067
Selling, general and administrative	15,261	14,194	14,329
Total operating expenses	26,842	24,239	22,396
Operating income	61,344	60,024	71,230
Other income (expense), net	2,745	1,348	1,285
Income before provision for income taxes	64,089	61,372	72,515
Provision for income taxes	15,738	15,685	19,121
Net income	\$ 48,351	\$ 45,687	\$ 53,394
Earnings per share:			
Basic	\$ 9.27	\$ 8.35	\$ 9.28
Diluted	\$ 9.21	\$ 8.31	\$ 9.22
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	5,217,242	5,470,820	5,753,421
Diluted	5,251,692	5,500,281	5,793,069
Cash dividends declared per share	\$ 2.40	\$ 2.18	\$ 1.98

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៤: របាយការណ៍លទ្ធផលក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2012, 2013, 2014

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

(In millions, except number of shares which are reflected in thousands and per share amounts)

	Years ended		
	September 27, 2014	September 28, 2013	September 29, 2012
Net sales	\$ 182,795	\$ 170,910	\$ 156,508
Cost of sales	112,258	106,606	87,846
Gross margin	70,537	64,304	68,662
Operating expenses:			
Research and development	6,041	4,475	3,381
Selling, general and administrative	11,993	10,830	10,040
Total operating expenses	18,034	15,305	13,421
Operating income	52,503	48,999	55,241
Other income/(expense), net	980	1,156	522
Income before provision for income taxes	53,483	50,155	55,763
Provision for income taxes	13,973	13,118	14,030
Net income	<u>\$ 39,510</u>	<u>\$ 37,037</u>	<u>\$ 41,733</u>
Earnings per share:			
Basic	\$ 6.49	\$ 5.72	\$ 6.38
Diluted	\$ 6.45	\$ 5.68	\$ 6.31
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	6,085,572	6,477,320	6,543,726
Diluted	6,122,663	6,521,634	6,617,483
Cash dividends declared per common share	\$ 1.82	\$ 1.64	\$ 0.38

ឧបសម្ព័ន្ធទី៥: របាយការណ៍លទ្ធផលប្រតិបត្តិការ Apple ឆ្នាំ 2009, 2010, 2011

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

(In millions, except number of shares which are reflected in thousands and per share amounts)

<u>Three years ended September 24, 2011</u>	<u>2011</u>	<u>2010</u>	<u>2009</u>
Net sales	\$108,249	\$ 65,225	\$ 42,905
Cost of sales	64,431	39,541	25,683
Gross margin	<u>43,818</u>	<u>25,684</u>	<u>17,222</u>
Operating expenses:			
Research and development	2,429	1,782	1,333
Selling, general and administrative	7,599	5,517	4,149
Total operating expenses	<u>10,028</u>	<u>7,299</u>	<u>5,482</u>
Operating income	33,790	18,385	11,740
Other income and expense	415	155	326
Income before provision for income taxes	34,205	18,540	12,066
Provision for income taxes	8,283	4,527	3,831
Net income	<u>\$ 25,922</u>	<u>\$ 14,013</u>	<u>\$ 8,235</u>
Earnings per common share:			
Basic	\$ 28.05	\$ 15.41	\$ 9.22
Diluted	\$ 27.68	\$ 15.15	\$ 9.08
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	924,258	909,461	893,016
Diluted	936,645	924,712	907,005

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៦: របាយការណ៍លទ្ធផលប្រតិបត្តិការ Apple ឆ្នាំ 2006, 2007, 2008

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

(In millions, except share amounts which are reflected in thousands and per share amounts)

Three fiscal years ended September 27, 2008	2008	2007	2006
Net sales	\$ 32,479	\$ 24,006	\$ 19,315
Cost of sales (1)	21,334	15,852	13,717
Gross margin	11,145	8,154	5,598
Operating expenses:			
Research and development (1)	1,109	782	712
Selling, general, and administrative (1)	3,761	2,963	2,433
Total operating expenses	4,870	3,745	3,145
Operating income	6,275	4,409	2,453
Other income and expense	620	599	365
Income before provision for income taxes	6,895	5,008	2,818
Provision for income taxes	2,061	1,512	829
Net income	\$ 4,834	\$ 3,496	\$ 1,989
Earnings per common share:			
Basic	\$ 5.48	\$ 4.04	\$ 2.36
Diluted	\$ 5.36	\$ 3.93	\$ 2.27
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	881,592	864,595	844,058
Diluted	902,139	889,292	877,526

(1) Includes stock-based compensation expense as follows:

Cost of sales	\$ 80	\$ 35	\$ 21
Research and development	\$ 185	\$ 77	\$ 53
Selling, general, and administrative	\$ 251	\$ 130	\$ 89

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៧៖ របាយការណ៍លទ្ធផលក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2003, 2004, 2005

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS
(In millions, except share and per share amounts)

<u>Three fiscal years ended September 24, 2005</u>	<u>2005</u>	<u>2004</u>	<u>2003</u>
Net sales	\$ 13,931	\$ 8,279	\$ 6,207
Cost of sales	9,888	6,020	4,499
Gross margin	<u>4,043</u>	<u>2,259</u>	<u>1,708</u>
Operating expenses:			
Research and development	534	489	471
Selling, general, and administrative	1,859	1,421	1,212
Restructuring costs	—	23	26
Total operating expenses	<u>2,393</u>	<u>1,933</u>	<u>1,709</u>
Operating income (loss)	<u>1,650</u>	<u>326</u>	<u>(1)</u>
Other income and expense:			
Gains on non-current investments, net	—	4	10
Interest and other income, net	165	53	83
Total other income and expense	<u>165</u>	<u>57</u>	<u>93</u>
Income before provision for income taxes	1,815	383	92
Provision for income taxes	480	107	24
Income before accounting changes	1,335	276	68
Cumulative effects of accounting changes, net of income taxes	—	—	1
Net income	<u>\$ 1,335</u>	<u>\$ 276</u>	<u>\$ 69</u>
Earnings per common share before accounting changes:			
Basic	\$ 1.65	\$ 0.37	\$ 0.09
Diluted	\$ 1.56	\$ 0.36	\$ 0.09
Earnings per common share:			
Basic	\$ 1.65	\$ 0.37	\$ 0.10
Diluted	\$ 1.56	\$ 0.36	\$ 0.09
Shares used in computing earnings per share (in thousands):			
Basic	808,439	743,180	721,262
Diluted	856,780	774,622	726,932

See accompanying notes to consolidated financial statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៨: របាយការណ៍លទ្ធផលប្រតិបត្តិការ Apple ឆ្នាំ 2002, 2001, 2000

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

(In millions, except share and per share amounts)

Three fiscal years ended September 28, 2002	2002	2001	2000
Net sales	\$ 5,742	\$ 5,363	\$ 7,983
Cost of sales	4,139	4,128	5,817
Gross margin	1,603	1,235	2,166
Operating expenses:			
Research and development	446	430	380
Selling, general, and administrative	1,111	1,138	1,166
Special charges:			
Restructuring costs	30	—	8
In-process research and development	1	11	—
Executive bonus	(2)	—	90
Total operating expenses	1,586	1,579	1,644
Operating income (loss)	17	(344)	522
Other income and expense:			
Gains (losses) on non-current investments, net	(42)	88	367
Unrealized loss on convertible securities	—	(13)	—
Interest and other income, net	112	217	203
Total other income and expense	70	292	570
Income (loss) before provision for income taxes	87	(52)	1,092
Provision for (benefit from) income taxes	22	(15)	306
Income (loss) before accounting change	65	(37)	786
Cumulative effect of accounting change, net of income taxes of \$5	—	12	—
Net income (loss)	\$ 65	\$ (25)	\$ 786
Earnings (loss) per common share before accounting change:			
Basic	\$ 0.18	\$ (0.11)	\$ 2.42
Diluted	\$ 0.18	\$ (0.11)	\$ 2.18
Earnings (loss) per common share:			
Basic	\$ 0.18	\$ (0.07)	\$ 2.42
Diluted	\$ 0.18	\$ (0.07)	\$ 2.18
Shares used in computing earnings (loss) per share (in thousands):			
Basic	355,022	345,613	324,568
Diluted	361,785	345,613	360,324

See accompanying notes to consolidated financial statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៩៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [ម៉ូដែលព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន_Apple_Inc.xlsx]DES

Report Created: 7/10/2022 2:35:24 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
\$B\$49	MSE= Net Sales in \$M	3897535.53	3897535.53

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$M\$2	Alpha	0.738752809	0.738752809	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$79	alpha Actual	0.738752809	\$B\$79<=1	Not Binding	0.261247191
\$B\$79	alpha Actual	0.738752809	\$B\$79>=0	Not Binding	0.738752809

ឧបសម្ព័ន្ធទី១០: តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report

Worksheet: [ម៉ូដែលព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន_Apple_Inc.xlsx]HES

Report Created: 7/10/2022 3:16:13 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
\$B\$29	MSE= Actual	602353871.896	571331479.853

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$26	Alpha Actual	0.6	0.9	Contin
\$B\$27	Beta Actual	0.4	0.240384745	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$26	Alpha Actual	0.9	\$B\$26<=1	Not Binding	0.146782511
\$B\$26	Alpha Actual	0.9	\$B\$26>=0	Not Binding	0.9
\$B\$27	Beta Actual	0.240384745	\$B\$27<=1	Not Binding	0.759615255
\$B\$27	Beta Actual	0.240384745	\$B\$27>=0	Not Binding	0.240384745