



សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ
និង វិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច

សារណាមញ្ញប័ត្រការសិក្សា

ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់
របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី ១៦ ខែមីនា ឆ្នាំ ២០២០ ដល់ថ្ងៃទី ១៥ ខែឧសភា ឆ្នាំ ២០២០

តាក់តែងឡើងដោយ

និស្សិតឈ្មោះ: **ឃឹម សុផានី**
នាយ មណីរស្មី

សាស្ត្រាចារ្យណែនាំ

លោក **ព្រ៉ូ សុគុណ**

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ជំនាន់ទី៤

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៦

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២០



**សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ
និង វិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច**

សារណាមញ្ញប័ត្រការសិក្សា

**ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់
របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.**

ស្រាវជ្រាវចាប់ពីថ្ងៃទី ១៦ ខែមីនា ឆ្នាំ ២០២០ ដល់ថ្ងៃទី ១៥ ខែឧសភា ឆ្នាំ ២០២០

តាក់តែងឡើងដោយ

និស្សិតឈ្មោះ: **ឃឹម សុផារី**
នាយ មណីរស្មី

សាស្ត្រាចារ្យណែនាំ

លោក **ព្រ៉ូ សុគុណ**

ថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រ គ្រប់គ្រងធុរកិច្ច

ជំនាន់ទី៤

ឆ្នាំចូលសិក្សា ២០១៦

ឆ្នាំសរសេរសារណា ២០២០

សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

នាងខ្ញុំឈ្មោះ **យឹម សុឆារី** និង **នាយ មណីស្រី** ជានិស្សិតបរិញ្ញាបត្រគ្រប់គ្រងធុរកិច្ច ឆ្នាំទី៤ ក្រុម M4A1 ជំនាន់ទី៤ នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច បានធ្វើរបាយការណ៍សារណាបញ្ចប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវលើប្រធានបទ “ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc”

សូមធ្វើការគោរពថ្លែងអំណរគុណយ៉ាងជ្រាលជ្រៅចំពោះ

លោកឪពុក អ្នកម្តាយ និងក្រុមគ្រួសារដែលបានផ្តល់កំណើត ចិញ្ចឹមបីបាច់ថែរក្សា អប់រំទូន្មានប្រៀនប្រដៅតាំងពីតូចដល់ធំ និងបានផ្តល់កម្លាំងចិត្ត ថវិកា ជួយជ្រោមជ្រែង ដើម្បីឱ្យយើងខ្ញុំបានសិក្សារៀនសូត្ររហូតដល់ចប់ឧត្តមសិក្សានេះ ព្រមទាំងទុកពេលវេលាគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីឱ្យយើងខ្ញុំអាចសរសេរសម្រេចកិច្ចការស្រាវជ្រាវសារណានេះ។

ឯកឧត្តមសាកលវិទ្យាធិការ សាកលវិទ្យាធិការរង ព្រឹទ្ធបុរស ព្រឹទ្ធបុរសរង លោកគ្រូ និងអ្នកគ្រូសាស្ត្រាចារ្យ ព្រមទាំងបុគ្គលិកទាំងអស់នៃសាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រនិងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច ដែលបានខិតខំបង្ហាត់បង្រៀន ផ្តល់ជាចំណេះដឹង និងដំបូន្មានល្អៗព្រមទាំងចែករំលែកនូវបទពិសោធន៍ដ៏មានតម្លៃទាំងក្នុងការសិក្សា និងការកសាងខ្លួននៅក្នុងសង្គមដែលធ្វើឱ្យយើងខ្ញុំអាចអភិវឌ្ឍខ្លួនក្លាយទៅជាពលរដ្ឋល្អ និងជាសសរទ្រូងរបស់ប្រទេសជាតិនាថ្ងៃអនាគតផងដែរ ។

ជាពិសេសចំពោះសាស្ត្រាចារ្យ **ព្រំ សុគុណ** ដែលជាសាស្ត្រាចារ្យដឹកនាំសរសេរសារណាបញ្ចប់ការសិក្សានេះ។ យើងខ្ញុំសូមធ្វើការដឹងគុណចំពោះលោកសាស្ត្រាចារ្យដែលបានចំណាយពេលវេលាដ៏មានតម្លៃនៅក្នុងការណែនាំ ចង្អុលបង្ហាញ ផ្តល់ជាឯកសារ និងយោបល់ល្អៗដើម្បីជាជំនួយនៅក្នុងការសរសេរសារណាបញ្ចប់ការសិក្សានេះ ព្រមទាំងកែលម្អនូវរាល់ចំណុចខ្លះខាតទាំងឡាយ ដើម្បីឱ្យអត្ថបទសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយនេះ មានតម្លៃអាចយកទៅប្រើប្រាស់បានបើទោះបីលោកគ្រូមានភាពមមាញឹកយ៉ាងណាក៏ដោយ។

រៀបចំរួម ដែលបានបន្សល់ទុកស្នាដៃសម្រាប់ធ្វើជាគំរូដល់យើងខ្ញុំ ក៏ដូចជាប្អូនៗនិស្សិតដែលមានចំណាប់អារម្មណ៍លើប្រធានបទនេះ។

ជាចុងបញ្ចប់ យើងខ្ញុំសូមគោរពជូនពរដល់លោកអ្នកមានគុណគ្រប់រូប ឱ្យមានសុខភាពល្អ ជួបប្រទះតែសេចក្តីសុខសុភមង្គល និង ទទួលបាននូវពរទាំង៤ប្រការគឺ អាយុ វណ្ណៈ សុខៈ ពលៈកុំបីឃ្លាងឃ្លាតឡើយ។

អារម្ភកថា

យើងខ្ញុំជានិស្សិតថ្នាក់បរិញ្ញាបត្រគ្រប់គ្រងធុរកិច្ច ជំនាន់ទី ៤ ក្រុម M4A1 នៃសកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទ នីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច ឆ្នាំសិក្សា២០១៩-២០២០ មានភាពរីករាយសោមនស្សជាខ្លាំងដែលអាច មានឱកាសអាចសរសេរ និងចងក្រងកិច្ចការស្រាវជ្រាវស្តីពី “ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុម ហ៊ុន Apple Inc.” នេះឡើង។ អត្ថបទសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះបានពាក់ព័ន្ធនឹងក្នុងគោលបំណងដើម្បីទុកជា ភស្តុតាងនៃចំណេះដឹងដែលពួកខ្ញុំបានទទួលពីសាស្ត្រាចារ្យក្នុងការសិក្សាឧត្តមសិក្សានេះ ក៏ដូចជាដើម្បីផ្តល់ ជាចំណេះដឹង ជាមូលដ្ឋានគ្រឹះសំខាន់ៗ ព្រមទាំងការអនុវត្តជាក់ស្តែងទាក់ទងនឹងការព្យាករណ៍ដល់និស្សិត ជំនាន់ក្រោយ និងអ្នកអាន។ ម៉្យាងទៀតដោយហេតុថា អត្ថបទសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ ជាអត្ថបទស្រាវជ្រាវថ្មីមួយ ដែលពុំទាន់មានការពាក់ព័ន្ធនៅឡើយដោយនិស្សិតផ្នែកគ្រប់គ្រងធុរកិច្ចនៃសកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទនីតិសាស្ត្រ និងវិទ្យាសាស្ត្រសេដ្ឋកិច្ច យើងខ្ញុំសង្ឃឹមថាសៀវភៅនឹងនេះជាឯកសារមួយដែលអាចជាចូលរួមផ្តល់ អត្ថប្រយោជន៍សម្រាប់សំណាក់និស្សិតដែលមានចំណាប់អារម្មណ៍ទៅលើប្រធានបទទាក់ទងនឹងការព្យាករណ៍ ហើយបំណងចង់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវបន្ថែម។

សារណាបញ្ចប់ការសិក្សាស្តីពី “ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.” នេះនឹងមានការរៀបរាប់ពីចំណុចសំខាន់ៗនៃការព្យាករណ៍ដូចជាសារៈសំខាន់នៃព្យាករណ៍ វិធីសាស្ត្រនៃការ ព្យាករណ៍ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ និងការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលមានភាពល្អប្រសើរឱ្យ លទ្ធផលព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបានដែលដើរតួយ៉ាងសំខាន់សម្រាប់ការរៀបចំផែនការ និងការសម្រេចចិត្តទាំងក្នុងអាជីវកម្ម និងសេដ្ឋកិច្ច។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ យើងខ្ញុំក៏បានធ្វើការអនុវត្តជាក់ស្តែងទៅ លើការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ និងការផ្តល់អនុសាសន៍ផងដែរ។

យើងខ្ញុំក៏សូមការខន្តិអភ័យទោសចំពោះកង្វះខាត រាល់កំហុសឆ្គង ដែលកើតមានដោយអចេតនាក្នុង ការរៀបចំពាក្យពេចន៍ អក្ខរាវិរុទ្ធ សំណេរ និងអត្ថន័យជាដើម។ ដូចនេះយើងខ្ញុំនឹងរង់ចាំទទួលនូវការវិះគន់ដើម្បី ស្ថាបនាអំពីកំហុសខុសឆ្គងទាំងឡាយដោយសេចក្តីពេញចិត្ត ហើយយើងខ្ញុំនឹងខំប្រឹងកែប្រែឱ្យកាន់តែល្អ ប្រសើរឡើង។

មាតិកា

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

សេចក្តីផ្តើម

១. លំនាំបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ	១
២. ចំណោទបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ.....	២
៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ.....	៣
៤. ទំហំ និងដែនកំណត់នៃការស្រាវជ្រាវ	៣
៥. សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវ	៣
៦. វិធីសាស្ត្រនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវ	៤
ក. ការប្រមូលទិន្នន័យ.....	៤
ខ.ការវិភាគទិន្នន័យ.....	៤
៧. រចនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ	៥

ជំពូកទី១

រំលឹកទ្រឹស្តី

១.១ ការព្យាករណ៍	៧
១.១.១ និយមន័យ	៧
១.១.២ ប្រវត្តិនៃការព្យាករណ៍	៨
១.២ សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍.....	៩
១.៣ ប្រភេទនៃការព្យាករណ៍តាមពេលវេលា.....	១០
១.៤ ទិន្នន័យនិងប្រភេទទិន្នន័យ	១១
១.៤.១ ទិន្នន័យ.....	១១
១.៤.២. ប្រភេទទិន្នន័យ	១១
១.៥ សមាសធាតុនៃ Time-Series Data	១២

១.៥.១ សមាសធាតុ Trend Component	១២
១.៥.៣ សមាសធាតុ Seasonal Component.....	១៤
១.៦.២ សមាសធាតុ Cyclical Component	១៥
១.៦.៤ សមាសធាតុ Random or Irregular Variation	១៥
១.៦ ការសិក្សាកំណត់ពីប្រភេទទិន្នន័យតាមការវិភាគ Autocorrelation.....	១៦
១.៧ វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍.....	១៧
១.៧.១ ការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ	១៨
១.៧.២ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ	១៨
១.៨ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Times Series Forecasting Models ចំពោះទិន្នន័យជា Trend	១៩
១.៨.១ ម៉ូដែល Naive	១៩
១.៨.១.១ Absolute Change Model (ACM).....	២០
១.៨.១.២ Relative Change Model (RCM)	២០
១.៨.២ ម៉ូដែល Moving Averages.....	២១
១.៨.៣ ម៉ូដែល Exponential Smoothing	២២
១.៨.៣.២ Double Exponential Smoothing (DES)	២៣
១.៨.៣.៣ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES).....	២៤
១.៨.៤ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)	២៤
១.៨.៤.១ ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម Partial Autocorrelation Function.....	២៥
១.៨.៤.២ ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង (Checking Residual Requirements).....	២៧
១.៩ វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍	២៩
១.៩.១ Mean Absolute Deviation (MAD)	៣០
១.៩.២ Mean Squared Error (MSE)	៣១
១.៩.៣ Square Root of the MSE (RMSE)	៣១
១.៩.៤ Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	៣១

១.៩.៥ Mean Percentage Error (MPE).....	៣២
១.១០ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍	៣២

ជំពូកទី ២

ស្ថានភាពទូទៅនៃក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

២.១ ប្រវត្តិរបស់ Apple Inc.	៣៤
២.២ ចក្ខុវិស័យ និងបេសកកម្ម	៣៩
២.២.១ ចក្ខុវិស័យ.....	៣៩
២.២.២ បេសកកម្ម	៤០
២.៣ យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ	៤១
២.៤ ទីតាំងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.	៤២
២.៥ រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.....	៤២
២.៥.១ រូបសញ្ញា	៤២
២.៥.២ អត្ថន័យនៃរូបសញ្ញា.....	៤៤
២.៦ រចនាសម្ព័ន្ធចាត់តាំងអាជីវកម្ម.....	៤៤
២.៧ ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ Apple Inc.	៤៥
២.៧.១ ផលិតផល	៤៥
២.៧.២ សេវាកម្ម.....	៤៦

ជំពូកទី៣

ម៉ូដែលព្យាករណ៍នៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

៣.១ ជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យាដើម្បីព្យាករណ៍	៤៧
៣.២. ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.	៤៧
៣.៣ ប្រភេទទិន្នន័យ ការពណ៌នា និងការវិភាគទិន្នន័យ	៤៩
៣.៣.១ ប្រភេទទិន្នន័យ	៤៩
៣.៣.២ ការពណ៌នាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ដោយប្រើក្រាប.....	៥០
៣.៣.២ ការវិភាគទិន្នន័យនៃការលក់របស់ Apple ដោយប្រើស្ថិតិពណ៌នា (Descriptive Statistical Analysis of Data)	៥២

៣.៤ ការអនុវត្តទិន្នន័យនៃការលក់របស់ Apple Inc. ជាមួយម៉ូដែលព្យាករណ៍	៥៣
៣.៤.១ Absolute Change Model (ACM)	៥៣
៣.៤.២ Relative Change Model (RCM)	៥៦
៣.៤.៣ Double Moving Average (DMA)	៥៩
៣.៤.៤ Double Exponential Smoothing (DES).....	៦១
៣.៤.៥ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)	៦៤
៣.៤.៦ ម៉ូដែល Autoregressive (AR).....	៦៧
៣.៤.៦.១ ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម Partial Autocorrelation Function	៦៨
៣.៤.៦.២ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1).....	៦៩
៣.៥ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍	៧៤
៣.៦ ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង (Checking Residual Requirements)	៧៥

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន	៧៨
២. ការផ្តល់អនុសាសន៍	៧៩

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 (HES)
- 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

បញ្ជីតារាង

តារាងទី៣.១៖ Net Sales របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ពីឆ្នាំ ២០០០ រហូតដល់ ២០១៩.....	៤៨
តារាងទី៣.២៖ មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Function សម្រាប់ការលក់របស់ Apple Inc.....	៤៩
តារាងទី៣.៣៖ ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ Apple Inc. តាមស្ថិតិពណ៌នា (Descriptive Data)	៥២
តារាងទី៣.៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល ACM.....	៥៤
តារាងទី៣.៥៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល ACM.....	៥៥
តារាងទី៣.៦៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល RCM.....	៥៧
តារាងទី៣.៧៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល RCM.....	៥៨
តារាងទី៣.៨៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DMA.....	៦០
តារាងទី៣.៩៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល DMA.....	៦១
តារាងទី៣.១០៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES	៦២
តារាងទី៣.១១៖ ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES.....	៦៣
តារាងទី៣.១២៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល DES	៦៤
តារាងទី៣.១៣៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES.....	៦៥
តារាងទី៣.១៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល HES	៦៦
តារាងទី៣.១៥៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល HES.....	៦៧
តារាងទី៣.១៦៖ តម្លៃ Partial Autocorrelation Function	៦៨
តារាងទី៣.១៧៖ តារាងកំណត់តម្លៃ Y-lagged ក្នុងម៉ូដែល AR(1)	៧០
តារាងទី៣.១៨៖ តារាងលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR(1)	៧១
តារាងទី៣.១៩៖ ភាពលម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1).....	៧២
តារាងទី៣.២០៖ ការគណនាលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល AR(1).....	៧៣
តារាងទី៣.២១៖ តារាងវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល AR (1).....	៧៤
តារាងទី៣.២២៖ ការប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ ACM, RCM, DMA, DES, HES, AR(1) ៧៥	៧៥

បញ្ជីរូបភាព

រូបភាពទី១.១៖ ក្រាបបង្ហាញពី Cross-Sectional Data	១១
រូបភាពទី១.២៖ ក្រាបបង្ហាញពី Time-Series Data.....	១២
រូបភាពទី១.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពី Trend Component	១៣
រូបភាពទី១.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពី Linear Trend និង Nonlinear Trend	១៣
រូបភាពទី១.៥៖ ក្រាបបង្ហាញពី Seasonal Component	១៤
រូបភាពទី១.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពី Cyclical Component.....	១៥
រូបភាពទី១.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពី Random ឬ Irregular Variation	១៦
រូបភាពទី១.៨៖ Autocorrelation and Partial Autocorrelation Coefficients for AR (1) និងAR (2).....	២៦
រូបភាពទី១.៩៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃ Residual ដែលមានភាពណរម៉ាល់	២៨
រូបភាពទី១.១០៖ ក្រាបបង្ហាញថាភាពលម្អៀង (Residuals) ជា Homoscedasticity.....	២៩
រូបភាពទី១.១១៖ ក្រាបបង្ហាញពីភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ	២៩
រូបភាពទី២.១៖ ការវិវត្តនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.....	៤៣
រូបភាពទី២.២៖ រូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.....	៤៣
រូបភាពទី៣.១៖ ក្រាបបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងការលក់របស់ Apple Inc. (Autocorrelation Function)	៥០
រូបភាពទី៣.២៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០១៩.....	៥១
រូបភាពទី៣.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល ACM	៥៥
រូបភាពទី៣.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល RCM.....	៥៨
រូបភាពទី៣.៥៖ ការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA.....	៦០
រូបភាពទី៣.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES	៦៣
រូបភាពទី៣.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល HES.....	៦៦
រូបភាពទី៣.៨៖ ក្រាប Partial Autocorrelation Functions (PACF) នៃការលក់.....	៦៨
រូបភាពទី៣.៩៖ ដ្យាក្រាមពង្រាយនៃ Y_t និង Y_{t-1} សម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR (1).....	៧១
រូបភាពទី៣.១០៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃភាពលម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1)	៧៦
រូបភាពទី៣.១១៖ ដ្យាក្រាមពង្រាយរវាងភាពលម្អៀង (Residuals) និងតម្លៃព្យាករណ៍	៧៦
រូបភាពទី៣.១២៖ ក្រាបបង្ហាញរវាងភាពលម្អៀង (Residuals) និងពេល (Time)	៧៧

បញ្ជីឧបសម្ព័ន្ធ

- ឧបសម្ព័ន្ធទី១៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2019, 2018, 2017
- ឧបសម្ព័ន្ធទី២៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2016, 2015, 2014
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៣៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2013, 2012, 2011
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៤៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2011, 2010, 2009
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៥៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2008, 2007, 2006
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៦៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2005, 2004, 2003
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៧៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2002, 2001, 2000
- ឧបសម្ព័ន្ធទី៨៖ Excel Output of Descriptive Statistics

ಸೂಚನೆ

សេចក្តីផ្តើម

១. លំនាំបញ្ជាក់នៃការស្រាវជ្រាវ

ការព្យាករណ៍ ដើរតួយ៉ាងសំខាន់ទាំងនៅក្នុងវិស័យសាធារណៈ និងវិស័យឯកជន។ នៅក្នុងវិស័យសាធារណៈ ការព្យាករណ៍ជាផ្នែកមួយដ៏សំខាន់ចាំបាច់នៅក្នុងការធ្វើការសេចក្តីនៅក្នុងម៉ាក្រូសេដ្ឋកិច្ច។ គោលនយោបាយសេដ្ឋកិច្ចជាតិណាដែលបានសម្រេចដោយរដ្ឋាភិបាល សុទ្ធតែត្រូវតែពឹងមួយផ្នែកទៅលើការព្យាករណ៍ដ៏ល្អនៃសូចនាករសេដ្ឋកិច្ចសំខាន់ៗដូចជា ផលិតផលជាតិសរុប (GNP) ភាពមានការងារធ្វើនិកម្មភាព អត្រាអតិផរណា ផលិតកម្មនៃឧស្សាហកម្ម និង ប្រាក់ចំណូលរំពឹងទុកដែលបានមកពីពន្ធលើប្រាក់ចំណូលបុគ្គល និងក្រុមហ៊ុនជាដើម។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ នៅក្នុងវិស័យឯកជន ការព្យាករណ៍ជាការចាំបាច់ និងមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងក្នុងការរៀបចំផែនការយុទ្ធសាស្ត្រ និងក្នុងការសម្រេចចិត្ត ដើម្បីធ្វើឱ្យប្រតិបត្តិការក្រុមហ៊ុនការតែប្រសើរឡើងនៅក្នុងបរិយាកាសជំនួញនាពេលបច្ចុប្បន្នដែលមានការប្រែប្រួលឥតឈប់ឈរ។ ជាការពិតណាស់ ក្រុមហ៊ុន និងអាជីវកម្មប្រើប្រាស់ការព្យាករណ៍លើអចេរផ្សេងៗ ក៏ដូចជាការព្យាករណ៍ការលក់ ដើម្បីជួយពួកគេក្នុងការអភិវឌ្ឍយុទ្ធសាស្ត្រអាជីវកម្ម។ ការសម្រេចចិត្តផ្សេងៗ មិនថាផ្នែកហិរញ្ញវត្ថុប្រតិបត្តិការទីផ្សារ ឬផលិតកម្ម ការរៀបចំផែនការថវិកា និងការប៉ាន់ស្មានពីកំណើននាពេលអនាគត សុទ្ធតែធ្វើឡើងដោយផ្អែកលើលក្ខខណ្ឌសេដ្ឋកិច្ច និងការទស្សន៍ទាយអនាគត ទោះបីជាវាមិនមានភាពប្រាកដប្រជាច្បាស់ល្អាស់ដោយមិនមានភាពលម្អៀងក៏ដោយ ព្រោះថាជាក់ស្តែងអ្នកគ្រប់គ្រងផលិតកម្មមិនអាចធ្វើការកំណត់តារាងពេលនៃផលិតកម្មដែលដូចទៅនឹងតថភាពបានដោយគ្មានការព្យាករណ៍សោះទៅលើការលក់បានឡើយ។ ហេតុដូច្នេះនេះការព្យាករណ៍ពិតជាមានសារៈសំខាន់ណាស់ សម្រាប់ជំនួយក្នុងការសម្រេចចិត្តឱ្យបានត្រឹមត្រូវ និងសមស្របក្នុងការបង្កើនប្រាក់ចំណូល និងធ្វើឱ្យប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មឱ្យកាន់ប្រសើរ។

នាបច្ចុប្បន្ននេះ មានក្រុមហ៊ុនធំៗដែលជោគជ័យនៅលើពិភពលោកជាច្រើន ដែលកំពុងក្លាយជាចំណាប់អារម្មណ៍ជាខ្លាំងពីសំណាក់សាធារណៈជន និងវិនិយោគិន ព្រមទាំងជាគម្រូសម្រាប់អាជីវកម្មថ្មីជំនាន់ក្រោយ ប៉ុន្តែក្នុងចំណោមក្រុមហ៊ុនទាំងអស់នោះ ក្រុមហ៊ុនមួយគូរឱ្យកត់សម្គាល់គឺក្រុមហ៊ុន Apple Inc.។ ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ថាជាជោគជ័យបំផុតនៅលើពិភពលោក ហើយក៏ជាក្រុមហ៊ុនដែលមានតំលៃបំផុតនៅលើពិភពលោកមានតម្លៃសរុបរហូតដល់ទៅ ១.៨១៧ ទ្រីលានដុល្លារអាមេរិក (\$1.817 trillion)¹។ Apple Inc. ជាក្រុមហ៊ុនផលិតកុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួន ផលិតផលគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច ផ្នែករឹង

¹ <https://emirati.news/apple-leads-saudi-aramco-as-worlds-most-valuable-company/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១ សីហា ២០២០)

(Hardware) កម្មវិធីអនុវត្តកុំព្យូទ័រ (Software) ទូរស័ព្ទដៃ នាឡិកាដៃឆ្លាតវៃ និងឧបករណ៍បំពងសំលេងរបស់សហរដ្ឋអាមេរិច ហើយជាក្រុមហ៊ុនមួយដ៏មានសក្តានុពល និងត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ពាសពេញពិភពលោកថាជាក្រុមហ៊ុនដែលផលិតនូវផលិតផលមានគុណភាពខ្ពស់ ទាន់សម័យ និងតាមភាពស៊ីវិលីយ៉ែរបស់មនុស្សគ្រប់វ័យ។ ទោះបីជាក្រុមហ៊ុន Apple Inc. បានក្លាយជាក្រុមហ៊ុនមានភាពជោគជ័យបំផុតក៏ដោយ ក៏ក្រុមហ៊ុននេះនៅតែបន្តមានការរីកចម្រើនអភិវឌ្ឍទៅមុខជានិច្ចហើយការលក់ និងប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុនក៏កើនឡើងជាលំដាប់។ ជាក់ស្តែងនៅឆ្នាំ ២០១៩ ផលិតផលរបស់ Apple Inc. ដែលកំពុងតែត្រូវបានប្រើប្រាស់រហូតដល់ទៅ 1.5 ពាន់លានផលិតផល^២។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ យោងតាមសេចក្តីប្រកាសព័ត៌មាន Apple Inc. ប្រាក់ចំណូលក្នុងត្រីមាសទី៤នៅឆ្នាំ ២០១៩ របស់ក្រុមហ៊ុនជាប្រាក់ចំណូលក្នុងត្រីមាសទី៤ខ្ពស់បំផុតតាំងពីការកើតឡើង^៣។ ពេលជារួមមក ភាពជោគជ័យនេះកើតមានឡើងក៏ដោយសារតែការរៀបចំផែនការ និងសម្រេចចិត្តដ៏ត្រឹមត្រូវរបស់អ្នកដឹកនាំក្រុមហ៊ុនដែលអាចធ្វើបានដោយផ្អែកលើការព្យាករណ៍ល្អ។

ដោយសារតែសារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍ ភាពជោគជ័យ សក្តានុភាព និងកំណើនការលក់គួរឲ្យកត់សម្គាល់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ទាំងនេះហើយ ទើបធ្វើឲ្យយើងខ្ញុំសម្រេចចិត្តជ្រើសរើសយកប្រធានបទ **“ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.”** មកធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវបន្ថែម។

២. ចំណោទបញ្ហានៃការស្រាវជ្រាវ

ការព្យាករណ៍មានសារៈប្រយោជន៍ណាស់នៅក្នុងធុរកិច្ច។ នៅក្នុងអាជីវកម្ម ការព្យាករណ៍ការលក់បានល្អ នាំឲ្យអ្នកគ្រប់គ្រងអាចធ្វើផែនការលក់ ក៏ដូចជាផែនការផលិតឆ្លើយតបនឹងតម្រូវការទីផ្សារ។ មួយវិញទៀត ការព្យាករណ៍ក៏ជះឥទ្ធិពលវិជ្ជមានទៅលើផែនការហិរញ្ញវត្ថុនៅក្នុងក្រុមហ៊ុនផងដែរ។ ការសិក្សាលើ **“ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.”** គឺចង់ដឹងថា ៖

- តើក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានលក់ផលិតផលអ្វីខ្លះ?
- តើម៉ូដែលព្យាករណ៍ណាខ្លះដែលសមស្របចំពោះទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.?
- តើម៉ូដែលមួយណាដែលល្អបំផុតសម្រាប់យកមកព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.?

² <https://9to5mac.com/2020/01/28/apple-hits-1-5-billion-active-devices-with-80-of-recent-iphones-and-ipads-running-ios-13/#>: (ចូលមើលថ្ងៃទី 10 មិថុនា 2020)

³ <https://www.apple.com/newsroom/2019/10/apple-reports-fourth-quarter-results/> (ចូលមើលថ្ងៃទី 10 មិថុនា 2020)

៣. គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ

ដើម្បីឆ្លើយតបទៅនឹងចំណោទបញ្ហាដែលបានចោតឡើងខាងលើ ក្រុមយើងខ្ញុំបានកំណត់គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវនេះដោយចង់ស្វែងយល់ដូចខាងក្រោម៖

- ស្វែងយល់អំពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.។
- ស្វែងយល់អំពីវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដែលសមស្រប។
- ស្វែងយល់ពីតេស្តផ្សេងៗសម្រាប់វាយតម្លៃទៅលើវិធីសាស្ត្រ ឬម៉ូដែល។
- ធ្វើការវិភាគ និងជ្រើសរើសម៉ូដែលណាដែលល្អជាងគេ។

៤. ទំហំ និងដែនកំណត់នៃការស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះផ្តោតទៅលើតែផ្នែកមួយចំនួនប៉ុណ្ណោះរួមមាន ការសិក្សាពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. និងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលក្នុងការព្យាករណ៍តាមបរិមាណវិស័យ មកព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.។ ជាទីបញ្ចប់ ការសិក្សានេះនឹងបង្ហាញម៉ូដែលមួយដែលល្អបំផុតក្នុងការព្យាករណ៍លើទិន្នន័យខាងលើ។ ដោយពេលវេលាមានកំណត់ ការសិក្សានេះមិនបានបញ្ចូលការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ ដែលជាវិធីសាស្ត្រមួយប្រើប្រាស់សភាវគតិ និងបទពិសោធន៍របស់អ្នកជំនាញខាងអាជីវកម្មដែលជាហេតុអាចធ្វើឲ្យលទ្ធផលនៃការស្រាវជ្រាវនៅមានកំណត់។

៥. សារៈសំខាន់នៃការស្រាវជ្រាវ

- ការស្រាវជ្រាវនេះនឹងផ្តល់នូវអត្ថប្រយោជន៍ដូចជា ៖
- **ចំពោះយើងខ្ញុំ៖** ជួយពង្រីកនូវចំណេះដឹងបន្ថែមផ្នែកគ្រប់គ្រងដែលបានសិក្សាកន្លងមក ដោយផ្សារភ្ជាប់ជាមួយនឹងស្ថានភាពជាក់ស្តែងដែលមាននៅក្នុងក្រុមហ៊ុន ហើយយកចំណេះដឹង និងការអនុវត្តនេះទៅប្រើប្រាស់បានកាន់តែល្អបន្ថែមទៀត ព្រមទាំងពង្រឹងនូវសមត្ថភាពក្នុងការស្វែងរកប្រមូល ឯកសារឬទិន្នន័យនានាដើម្បីចងក្រងជាឯកសារ។
 - **ចំពោះនិស្សិត អ្នកអាន និងអ្នកស្រាវជ្រាវ៖** ជាទុនមួយសម្រាប់អ្នកអាន និស្សិត និងអ្នកស្រាវជ្រាវដែលមានចំណាប់អារម្មណ៍លើប្រធានបទនេះក្នុងការស្វែងយល់បន្ថែម រំលឹកទ្រឹស្តីដែលបានសិក្សាឡើងវិញផ្សារភ្ជាប់ទ្រឹស្តីទៅនឹងការអនុវត្តជាក់ស្តែង ព្រមទាំងជាឯកសារឬទុនសម្រាប់សិស្សនិស្សិតក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវស៊ីជម្រៅបន្ថែម។

- **ចំពោះអ្នកគ្រប់គ្រង៖** អាចជួយអ្នកគ្រប់គ្រងអាជីវកម្មនូវទ្រឹស្តី ក៏ដូចជាការអនុវត្តម៉ូដែលក្នុងការព្យាករណ៍ការលក់សម្រាប់ជាបទពិសោធន៍ និងយកទៅអនុវត្តក្នុងការព្យាករណ៍ក្នុងអាជីវកម្មរបស់ខ្លួន។

៦. វិធីសាស្ត្រនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ បានជ្រើសរើសវិធីសាស្ត្រសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមបែបបរិមាណវិស័យដែលប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យាដើម្បីមកធ្វើការព្យាករណ៍។

ក. ការប្រមូលទិន្នន័យ

របាយការណ៍ស្រាវជ្រាវនេះបានប្រើប្រាស់ទិន្នន័យបន្ទាប់បន្សំ ដែលជាទិន្នន័យដែលមានស្រាប់។ ទិន្នន័យពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ត្រូវបានប្រមូលក្នុងរយៈពេល ២០ ឆ្នាំបន្តបន្ទាប់គ្នា ពីឆ្នាំ ២០០០ រហូតដល់ ២០១៩។

ទិន្នន័យពីការលក់នេះត្រូវបានដកស្រង់ពីប្រភពដូចជា៖

- របាយការណ៍ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមគេហទំព័ររបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.
- គេហទំព័រដទៃទៀតដែលពាក់ព័ន្ធនឹងប្រធានបទ។

ខ. ការវិភាគទិន្នន័យ

- ជាដំបូង ទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ត្រូវបានពណ៌នាតាមក្រាបបន្ទាត់ និងរង្វាស់ស្ថិតិពណ៌នារួមមានរង្វាស់ទីតាំងកណ្តាល និងរង្វាស់ពង្រាយស្ថិតិ។
- បន្ទាប់មក ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍សម្រាប់ព្យាករណ៍ការលក់រួមមាន៖
 - ម៉ូដែល Naive
 - ម៉ូដែល Moving Average
 - ម៉ូដែល Exponential Smoothing
 - ម៉ូដែល Autoregressive នៅក្នុងការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់។
- ជាចុងក្រោយការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះប្រើប្រាស់រូបមន្តមួយចំនួន ដើម្បីធ្វើការជ្រើសរើសម៉ូដែលមួយណាដែលល្អបំផុត ដោយប្រើប្រាស់រង្វាស់ភាពលម្អៀង (Error) ដូចជា៖
 - Mean Absolute Deviation (MAD)
 - Mean Square Error (MSE)

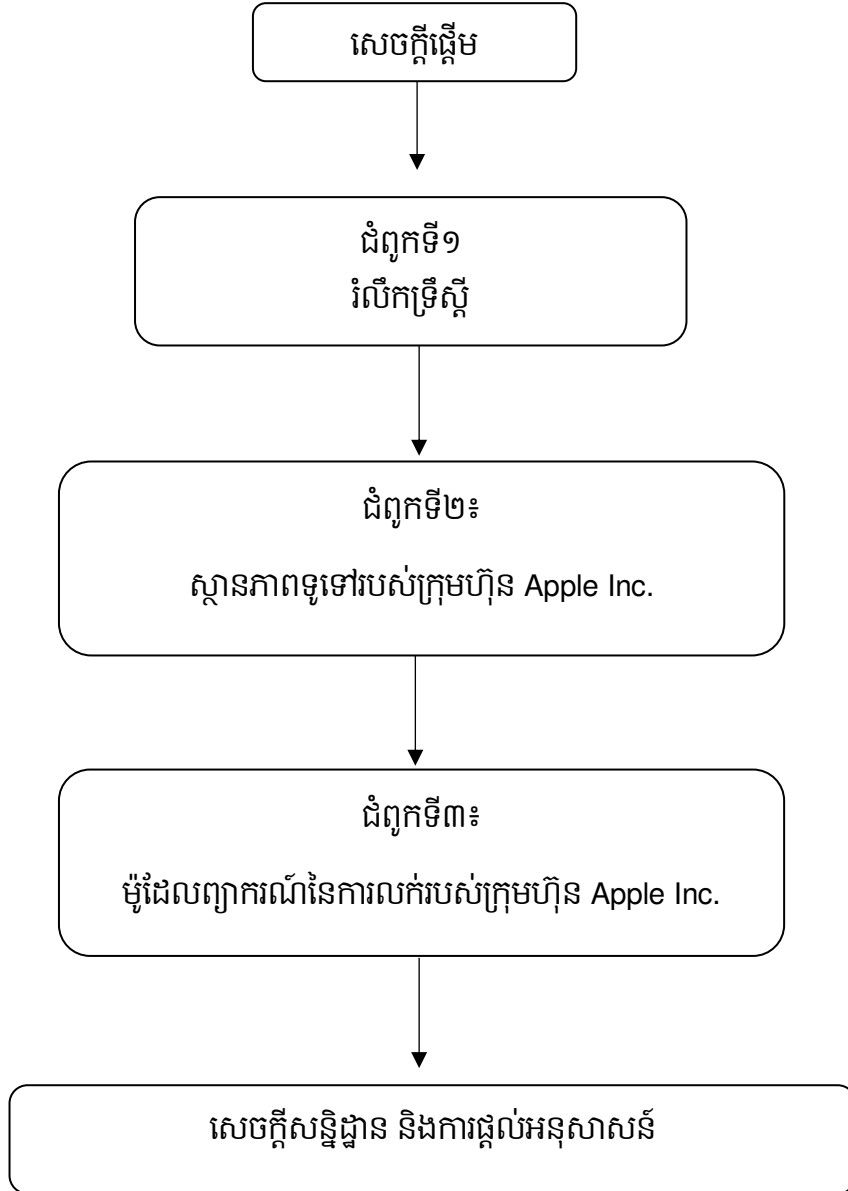
- Square Root of Mean Square Error (RMSE)
- Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
- Mean Percentage Error (MPE)
- ម៉្យាងទៀត នៅក្នុងការសិក្សាកម្មវិធី Excel software និង Minitab software ត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាជំនួសក្នុងការគណនាទៅតាមម៉ូដែល និងតេស្ត នីមួយៗ។

៧. វេនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ

នៅក្នុងកិច្ចការស្រាវជ្រាវនេះ ត្រូវបានបែងចែកជា ៣ ជំពូកធំៗ៖

- សេចក្តីផ្តើម៖ បង្ហាញពីលំនាំបញ្ហា ចំណោទបញ្ហា គោលបំណងនៃការស្រាវជ្រាវ ទំហំនិងដែនកំណត់នៃការស្រាវជ្រាវ វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ និងវេនាសម្ព័ន្ធនៃការស្រាវជ្រាវ។
- ជំពូកទី១ រំលឹកទ្រឹស្តី៖ សិក្សាលើការព្យាករណ៍ សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍ ទិន្នន័យ និងប្រភេទទិន្នន័យ វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Time Series Models ចំពោះទិន្នន័យ Trend វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍ និងការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍។
- ជំពូកទី២ ស្ថានភាពទូទៅនៃក្រុមហ៊ុន Apple Inc.៖ សិក្សាពីប្រវត្តិក្រុមហ៊ុន ចក្ខុវិស័យ និងបេសកកម្មយុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ ទីតាំងរបស់ក្រុមហ៊ុន រូបសញ្ញានិងអត្ថន័យ វេនាសម្ព័ន្ធចាត់តាំងអាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន និងផលិតផលរបស់ក្រុមហ៊ុន និងសេវាកម្ម។
- ជំពូកទី៣ ម៉ូដែលព្យាករណ៍នៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.៖ សិក្សាលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ក្នុងរយៈពេល ២០ឆ្នាំចុងក្រោយពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០១៩ រួចអនុវត្តជាក់ស្តែងតាមម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ និងជ្រើសរើសម៉ូដែលល្អសមស្របជាងគេដើម្បីព្យាករណ៍ទៅអនាគត។
- សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍៖ ផ្តល់សេចក្តីសន្និដ្ឋានជារួមអំពីការអនុវត្តជាក់ស្តែងតាមម៉ូដែលព្យាករណ៍ទៅលើទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. រួមទាំងផ្តល់អនុសាសន៍។

រចនាសម្ព័ន្ធនៃរបាយការណ៍ស្រាវជ្រាវ



ជំពូកទី១
រំលឹកគ្រឹះស្នូល

ជំពូកទី១

លើកទ្រឹស្តី

១.១ ការព្យាករណ៍

១.១.១ និយមន័យ

ការព្យាករណ៍ ត្រូវបានកំណត់ន័យថាជា "ការទស្សន៍ទាយពីព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគត ឬក៏ពីព្រឹត្តិការណ៍" យោងទៅតាមសៀវភៅ Introduction to Time Series Analysis and Forecasting របស់អ្នកនិពន្ធ Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings និង Murat Kulahci ឆ្នាំ ២០១៥⁴។

យោងតាមលោក Ricky W. Griffin អ្នកនិពន្ធសៀវភៅ Management ដែលបានបោះពុម្ពជាលើកទី ១០ (10th edition) លោកបានកំណត់និយមន័យនៃពាក្យព្យាករណ៍ថា " ការព្យាករណ៍ សំដៅទៅលើដំណើរការនៃបង្កើតការសន្មតពីអនាគតដែលនិយោជកអាចប្រើប្រាស់ក្នុងការរៀបចំផែនការ និង ការធ្វើការសម្រេចចិត្ត" ⁵។

យោងតាមនិយមន័យក្នុងសៀវភៅ Forecasting: Principles and Practice របស់លោក Rob J Hyndman និង លោក George Athanansopoulous " ការព្យាករណ៍ សំដៅទៅលើការទស្សន៍ទាយពីអនាគតឱ្យបានត្រឹមត្រូវទៅតាមលទ្ធភាពដែលអាចធ្វើទៅបាន ដោយផ្អែកទៅលើព័ត៌មានដែលមានទាំងអស់ដូចជាទិន្នន័យពីអតីតកាល និងចំណេះដឹងពីព្រឹត្តិការណ៍ទៅអនាគតនានាដែលអាចជះឥទ្ធិពលលើការព្យាករណ៍"⁶។

យោងតាមសៀវភៅរបស់លោក Jay Heizer និង Barry Render ដែលមានចំណងជើងថា Flexible Management ការព្យាករណ៍ ត្រូវបានកំណត់ន័យថា " ការព្យាករណ៍ ជាការទស្សន៍ទាយពីព្រឹត្តិការណ៍នាពេលអនាគត។ ការព្យាករណ៍អាចពាក់ព័ន្ធនឹងការយកទិន្នន័យពីអតីតកាលទៅធ្វើការប៉ាន់ស្មានទៅពេលអនាគតដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យា។ ការព្យាករណ៍ ក៏អាចជាការទស្សន៍ទាយដោយផ្អែកលើគំនិតរបស់បុគ្គល ឬ ទស្សន៍ទាយដោយផ្អែកលើអំណាចអព្រួញណា (intuitive prediction)។ ការព្យាករណ៍ អាច

⁴ Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings and Murat Kulahci, 2015, Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, 2nd edition, page 1

⁵ Ricky W. Griffin, 2012, Management, 11th edition, page 174

⁶ Rob J Hyndman and George Athanansopoulous, 2013, Forecasting: Principles and Practice, page 5

ជាការទស្សន៍ទាយដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការរួមបញ្ចូលវិធីសាស្ត្រទាំងពីរ ដែលសំដៅលើម៉ូដែលគណិតវិទ្យាដែលត្រូវបានកែតម្រូវដោយការវិនិច្ឆ័យដ៏ល្អរបស់អ្នកគ្រប់គ្រង" ⁷។

១.១.២ ប្រវត្តិនៃការព្យាករណ៍

ការព្យាករណ៍ ត្រូវបានចាប់ផ្តើមតាំងពីយូរណាស់មកហើយ ហើយបន្តនៅមានភាពចាំបាច់នៅក្នុងបរិយាកាសអាជីវកម្មនាពេលបច្ចុប្បន្នដែលមានការផ្លាស់ប្តូរជានិច្ច។ នៅក្នុងសៀវភៅស្តីពីប្រវត្តិនៃហានិភ័យរបស់លោក Peter Bernstein នៅឆ្នាំ ១៩៩៦ បានកត់សម្គាល់ថា ការវិវត្តន៍របស់ការព្យាករណ៍ធុរកិច្ចនៅក្នុងសតវត្សរ៍ទី ១៧ គឺជានវានុវត្តន៍ដ៏សំខាន់ជាងគេមួយ ដោយជាក់ស្តែងលោកបានលើកឡើងថា៖

“ការព្យាករណ៍ដែលត្រូវបានគេរិះគន់ជាយូរណាស់មកហើយថាជាការខ្លះខ្លាយពេលវេលានោះ បានក្លាយជាការចាំបាច់ដាច់ខាតនៅក្នុងសតវត្សរ៍ទី១៧ សម្រាប់សហគ្រិនដែលហ៊ានប្រថុយប្រថានក្នុងការផ្លាស់ប្តូរអនាគតទៅតាមគម្រោងរបស់ពួកគេ។”

ការព្យាករណ៍ដែលពឹងទៅលើទៅលើទិន្នន័យ មានវិវត្តយ៉ាងខ្លាំងគួរឱ្យកត់សម្គាល់ក្នុងរយៈពេល ៣០០ ឆ្នាំ ជាពិសេសនៅក្នុងសតវត្សរ៍ទី ២០។ ការព្យាករណ៍ដោយផ្អែកទៅលើទិន្នន័យទាំងនោះរួមមាន វិធីសាស្ត្រ Regression analysis , decomposition , smoothing , and autoregressive និង moving average ជាដើមវិធីសាស្ត្រមានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ក្នុងការព្យាករណ៍ ហើយអាចរកមកសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍បានយ៉ាងស្រួលនៅក្នុងប្រព័ន្ធ software នៃការព្យាករណ៍។ ស្របពេលជាមួយគ្នានឹងមានការបង្កើតវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដោយផ្អែកលើទិន្នន័យ វិធីសាស្ត្រតាមការវិនិច្ឆ័យ និងតួនាទីនៃការវិនិច្ឆ័យនៅក្នុងការព្យាករណ៍ ក៏បានវិវត្តគួរឱ្យកត់សម្គាល់ផងដែរក្នុងរយៈពេល ២៥ ឆ្នាំចុងក្រោយនេះ។ ជាក់ស្តែង ការវិនិច្ឆ័យរបស់បុគ្គលគឺជាវិធីតែមួយនៅក្នុងវិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ ដើម្បីអាចធ្វើការព្យាករណ៍ពីអនាគតបាននៅពេលដែលអ្នកព្យាករណ៍មិនមានទិន្នន័យពីអតីតកាល។ ទោះបីជាក្នុងករណីដែលមានទិន្នន័យពីអតីតកាលក៏ដោយ ការវិនិច្ឆ័យក៏គួរតែត្រូវបានយកមកប្រើដើម្បីពិនិត្យឡើងវិញ ឬកែប្រែការព្យាករណ៍ដែលបានមកពីការប្រើវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យឱ្យកាន់តែច្បាស់លាស់ល្អ។

នាពេលបច្ចុប្បន្ននេះ ដោយសារតែមានការរីកចម្រើនយ៉ាងឆាប់រហ័សនៃកុំព្យូទ័រ រួមជាមួយនឹងបណ្តុំ software ជឿនលឿន អ្នកព្យាករណ៍អាចធ្វើការព្យាករណ៍ពីទិន្នន័យនាពេលអនាគតបានយ៉ាងងាយស្រួល។ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងនេះក្តី ការព្យាករណ៍ក៏នៅតែត្រូវការការវិនិច្ឆ័យត្រឹមត្រូវរបស់អ្នកគ្រប់គ្រង ដើម្បីចៀសវាងការសម្រេចចិត្តមិនត្រឹមត្រូវ ដែលអាចធ្វើឱ្យការព្យាករណ៍ត្រូវការការចំណាយអស់ច្រើន។ លើសពីនេះទៅទៀត វិធី

⁷ Jay Heizer and Barry Render, 2012, Flexible Management, 10th edition, page 86

សាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ ត្រូវបានបន្តបង្កើតឡើងផងដែរពេលសព្វថ្ងៃនេះ ដើម្បីបំពេញការកើនឡើងនៃតម្រូវការសម្រាប់ការព្យាករណ៍ដែលមានភាពត្រឹមត្រូវនៅក្នុងធុរកិច្ច។

១.២ សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍

ការព្យាករណ៍ពិតជាមានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងប្រតិបត្តិការអាជីវកម្ម និងសកម្មភាពសេដ្ឋកិច្ច ព្រោះការព្យាករណ៍ពីអនាគតជាធាតុដ៏សំខាន់នៅក្នុងដំណើរការនៃការរៀបចំផែនការ និង ការធ្វើការសម្រេចចិត្ត។ ជាការពិតណាស់ អង្គការ ស្ថាប័ន អាជីវកម្មទាំងសាធារណៈទាំងឯកជន គឺធ្វើប្រតិបត្តិការនៅក្នុងបរិយាកាសមានការប្រែប្រួលយ៉ាងរហ័សមិនប្រាកដឡើយ មានការយល់ដឹងព័ត៌មានពីអនាគតមិនល្អឥតខ្ចោះនោះឡើយ។ ហេតុនេះ ការព្យាករណ៍ដើរតួយ៉ាងសំខាន់ដែលតម្រូវឱ្យមាននៅក្នុងប្រតិបត្តិការងារក៏ដូចជាអាជីវកម្មដើម្បីធ្វើការសម្រេចចិត្តកិច្ចការដែលត្រូវធ្វើក្នុងពេលបច្ចុប្បន្ន ព្រមទាំងការរៀបចំផែនការសម្រាប់ពេលអនាគត។

ជាសង្ខេប សារៈសំខាន់នៃការព្យាករណ៍ក្នុងអាជីវកម្ម និងសេដ្ឋកិច្ចដូចទៅ៖

នៅក្នុងអាជីវកម្ម

ការព្យាករណ៍ជាផ្នែកមួយដ៏សំខាន់នៃប្រព័ន្ធនៃការធ្វើផែនការ ការគ្រប់គ្រង និងការធ្វើការសម្រេចចិត្តនៅក្នុងអាជីវកម្មឱ្យមានភាពល្អប្រសើរ។

- **នៅក្នុងការគ្រប់គ្រងប្រតិបត្តិការអាជីវកម្ម៖** ការព្យាករណ៍ជួយកាត់ចំណាយដែលមិនមានផលប្រយោជន៍ផ្សេងៗដែលបណ្តាលមកពីសកម្មភាពប្រតិបត្តិមិនមានប្រសិទ្ធភាពដូចជា ការបាត់បង់ចំណូលពីការលក់ និងការពេញចិត្តរបស់អតិថិជនមានកម្រិតដោយសារកង្វះសន្និធិ ការខកខានពេលកំណត់ក្នុងការសងប្រាក់ ការបិទរោងចក្រ ការចំណាយថ្លៃផ្សេងៗដោយសារខ្វះការគ្រោងទុកមុនដូចជាការបញ្ជូនទំនិញជាដើម។ ការព្យាករណ៍ក៏ជួយបង្កើនប្រសិទ្ធភាពនៃផលិតកម្ម ការបែងចែកកំណត់ចំនួននិយោជិក ការគ្រប់គ្រងខ្សែសង្វាក់ផ្គត់ផ្គង់ផងដែរ។ មិនតែប៉ុណ្ណោះការព្យាករណ៍ជួយឱ្យអ្នកគ្រប់គ្រងរៀបចំផែនដាក់ចេញផលិតផលថ្មីបានល្អប្រសើរតាមរយៈការបំពេញទៅតាមតម្រូវការនៃផលិតផលថ្មីដែលអាចឱ្យអ្នកគ្រប់គ្រងឆក់យកឱកាសបានជាអតិបរមានៅពេលដាក់ចេញផលិតផលថ្មីព្រមទាំងពន្លឿនល្បឿនក្នុងការដាក់ចេញទៅក្នុងទីផ្សារ។
- **នៅក្នុងការគ្រប់គ្រងហិរញ្ញវត្ថុ៖** ការព្យាករណ៍ជួយបង្កើនប្រាក់ចំណេញដែលបានមកវិញពីការវិនិយោគ។ លើសពីនេះទៅទៀត ការព្យាករណ៍អនុញ្ញាតឱ្យអ្នកគ្រប់គ្រងហិរញ្ញវត្ថុអាចប្រមើលមើលព្រឹត្តិការណ៍មុនពេលនឹងកើតមានឡើង ជាពិសេសនោះគឺតម្រូវការក្នុងការមូលនិធិពីខាងក្រៅ។ ការព្យាករណ៍ក៏អាចជួយឱ្យអ្នកគ្រប់គ្រងហិរញ្ញវត្ថុប៉ាន់ស្មានពីកម្រិតនាពេលអនាគតនៃគណនីត្រូវទារ

(account receivables) គណនីត្រូវសង (account payables) និង ប្រាក់ចំណេញក៏ដូចជាតម្រូវការខ្លីដែលរំពឹងទុកផងដែរ។

- **នៅក្នុងម៉ាយ៉ែតធីង៖** ការព្យាករណ៍មានសារៈសំខាន់ណាស់ក្នុងការសម្រេចចិត្តផ្នែកម៉ាយ៉ែតធីងជាច្រើន។ ការព្យាករណ៍ពីទំហំនៃទីផ្សារ ចំណែកទីផ្សារ ការប្រែប្រួលនៃថ្លៃ ការប្រកួតប្រជែង តម្រូវការផលិតផល ចំណូលពីការលក់ និង សន្និធិអាចជួយឱ្យអ្នកម៉ាយ៉ែតធីងក្នុងការជ្រើសរើសយុទ្ធសាស្ត្រម៉ាយ៉ែតធីង និងចំណាយសម្រាប់ការឃោសនាដែលបានយ៉ាងមានប្រសិទ្ធភាព។

នៅក្នុងសេដ្ឋកិច្ច

ការព្យាករណ៍ មានសារៈសំខាន់ណាស់នៅក្នុងវិស័យសាធារណៈជាពិសេសនៅក្នុងការធ្វើការសម្រេចចិត្តនៅក្នុងម៉ាក្រូសេដ្ឋកិច្ច។ រដ្ឋាភិបាល ស្ថាប័នហិរញ្ញវត្ថុ ស្ថាប័នគោលនយោបាយ សុទ្ធតែត្រូវការការព្យាករណ៍ទៅលើស្ថានភាពសេដ្ឋកិច្ចសំខាន់ៗ ដូចជាផលិតផលក្នុងស្រុកសរុប (GDP) អត្រាអតិផរណានិកម្មភាព ផលិតកម្មនៃឧស្សាហកម្ម អត្រាកំណើននៃការងារ អត្រាការប្រាក់ ផលិតកម្ម អត្រាអតិផរណាជាដើមនៅក្នុងការរៀបចំផែនការ និងការធ្វើសេចក្តីសម្រេចចិត្ត។ ការព្យាករណ៍ពីស្ថានភាពសេដ្ឋកិច្ចសំខាន់ៗទាំងនេះជាផ្នែកមួយដ៏សំខាន់នៃការផ្តល់ទិសដៅដែលនៅពីក្រោយគោលនយោបាយសារពើពន្ធ និង គោលនយោបាយរូបិយវត្ថុ គ្រោងថវិកាដែលបានសម្រេចចេញដោយរដ្ឋាភិបាល។ លើសពីនេះទៅទៀត ការព្យាករណ៍ក៏មានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងក្នុងការធ្វើការសម្រេចចិត្តទៅលើការរៀបចំផែនការយុទ្ធសាស្ត្ររបស់ស្ថាប័នហិរញ្ញវត្ថុ និងស្ថាប័នគោលនយោបាយ^៨ ។

១.៣ ប្រភេទនៃការព្យាករណ៍តាមពេលវេលា

ជាទូទៅ ការព្យាករណ៍ត្រូវបានចែកជា ៣ ទៅតាមពេលវេលាដែលគេនឹងព្យាករណ៍ទៅអនាគតមាន ៖

- ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី គឺជាការព្យាករណ៍ដែលមានរយៈពេលរហូតដល់ទៅ ១ ឆ្នាំ ប៉ុន្តែជាទូទៅការព្យាករណ៍នេះគឺភាគច្រើនមានរយៈពេលតិចជាង ៣ ខែប៉ុណ្ណោះ។ ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លីត្រូវបានសម្រាប់ការរៀបចំផែនការសម្រាប់ការបញ្ជាទិញ កំណត់កម្រិតចំនួនបុគ្គលិក ការលក់ និងកម្រិតផលិតកម្មជាដើម។
- ការព្យាករណ៍រយៈពេលមធ្យម គឺជាប្រភេទនៃការព្យាករណ៍ដែលមានរយៈពេលពី ១ ឆ្នាំទៅ ៣ ឆ្នាំ។ ការព្យាករណ៍នេះផ្តល់អត្ថប្រយោជន៍ដល់អ្នកគ្រប់គ្រងក្នុងការការរៀបចំផែនការថវិកា លំហូរសាច់ប្រាក់ និងប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មផ្សេងៗជាដើម។

⁸ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 2-4

- ការព្យាករណ៍រយៈពេល គឺជាការព្យាករណ៍មានរយៈពេលលើសពី ៣ ឆ្នាំ។ គេប្រើការព្យាករណ៍នេះក្នុងការរៀបចំផែនការសម្រាប់ផលិតផលថ្មី ការចំណាយទៅលើទ្រព្យសម្ភារៈបរិក្ខារ (capital expenditure) ការជ្រើសរើសពង្រីកទីតាំងអាជីវកម្ម ឬរោងចក្រ និងនៅក្នុងការសិក្សាស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ (R&D)។

ជាញឹកញាប់ ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី ផ្តល់នូវការព្យាករណ៍បានត្រឹមត្រូវជាងការព្យាករណ៍រយៈពេលវែង ដោយសារកត្តាដែលជះឥទ្ធិពលទៅលើតម្រូវការ ឬប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មតែងមានការប្រែប្រួលជារៀងរាល់ថ្ងៃ ហេតុនេះហើយនៅពេលដែលរយៈពេលនឹងព្យាករណ៍នៅអនាគតកាន់តែវែង ភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករណ៍នោះក៏នឹងមានកម្រិតទាបទៅៗ។ ដូច្នេះហើយ ជាពិសេសការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់ គឺតម្រូវឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ផ្តល់លទ្ធផលនូវការព្យាករណ៍ថ្មីជារៀងៗ ដើម្បីរក្សាភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករណ៍^១។

១.៤ ទិន្នន័យនិងប្រភេទទិន្នន័យ

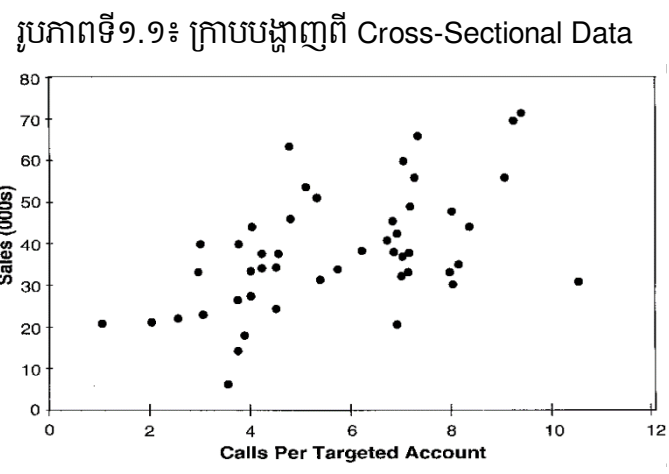
១.៤.១ ទិន្នន័យ

ទិន្នន័យគឺជាសំនុំនៃតម្លៃដែលជារង្វាស់អថេរ ត្រូវបានគេប្រមូលយកមក សម្រាប់ធ្វើការវិភាគ ការស្រាវជ្រាវ ការព្យាករណ៍ ការគណនា ឬការធ្វើការសម្រេចចិត្តពីអ្វីមួយ។ ទិន្នន័យទាំងនោះប្រមូលផ្តុំគ្នា ហើយរៀបចំបង្កើតទៅជាព័ត៌មាន ដូចជា ចំណូល ចំណាយ ប្រាក់បៀវត្សរ៍ ភេទ ពណ៌ ជាដើម។

១.៤.២. ប្រភេទទិន្នន័យ

ទិន្នន័យ សម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករណ៍ចែកចេញជាពីរប្រភេទសំខាន់ៗគឺ ទិន្នន័យប្រភេទ Cross-Sectional data និង ទិន្នន័យប្រភេទ Time-Series data។

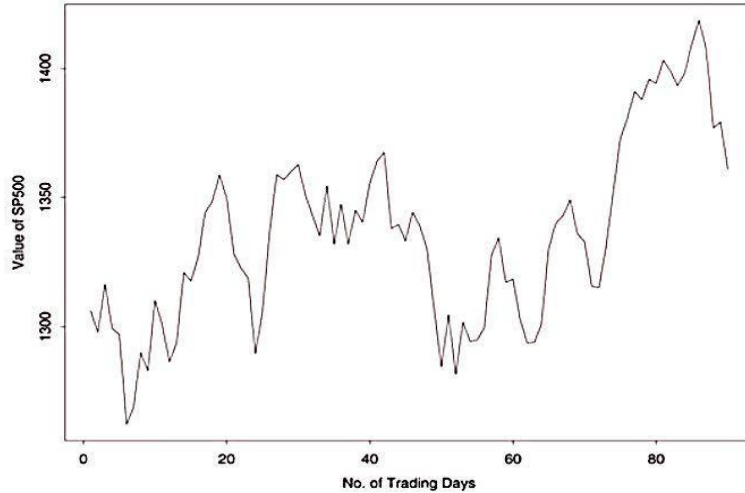
- **Cross-sectional Data:** គឺជាទិន្នន័យដែលត្រូវបានប្រមូលក្នុងអំឡុងពេលតែមួយ។



⁹ Jay Heizer and Barry Render, 2012, Flexible Management, 10th edition, page 86

- **Time Series Data:** គឺជាទិន្នន័យដែលត្រូវបានប្រមូល កត់ត្រា និង សង្កេត ក្នុងរយៈពេលបន្ត ជាប់ៗគ្នា មិនដាច់ដូចជា ប្រចាំថ្ងៃ ប្រចាំខែ រាល់ត្រីមាស មួយឆមាសម្តង ឬប្រចាំឆ្នាំជាដើម។

រូបភាពទី១.២៖ ក្រាបបង្ហាញពី Time-Series Data



១.៥ សមាសធាតុនៃ Time-Series Data

ទិន្នន័យប្រភេទ Time Series មានសមាសធាតុ ឬ លំនាំទិន្នន័យ (data pattern) ប៉ុន្តែគឺ Trend, Seasonal, Cyclical និង Random ឬ Irregular variation¹⁰។

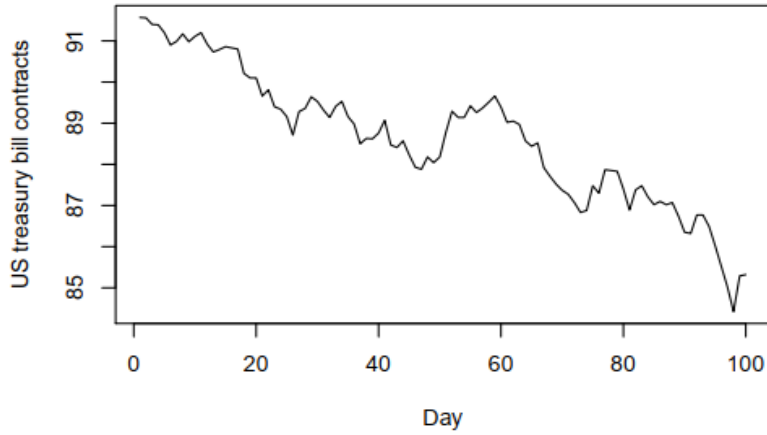
១.៥.១ សមាសធាតុ Trend Component

Trend ជាសមាសធាតុមួយនៃទិន្នន័យប្រភេទ Time Series ដែលមានកើតមានឡើងនៅពេលមាន មានការកើនឡើង ឬថយចុះរយៈពេលវែងនៅក្នុងទិន្នន័យ។ ម៉្យាងទៀត ចលនាកើនឡើង ឬថយចុះនៃទិន្នន័យ នេះនៅក្នុងរយៈពេលវែងគឺមានលក្ខណៈទៀងទាត់។ Trend អាចជាលំនាំឡើង (upward pattern) ឬ លំនាំ ចុះ (downward pattern) ។

ទិន្នន័យនេះមានការប្រែប្រួលដោយសារកត្តាជះឥទ្ធិពលដូចជាការប្រែប្រួលនៃចំណូល ការប្រែប្រួលនៃ បំណែងចែកអាយុ ការប្រែប្រួលនៃចំនួនប្រជាជន ការប្រែប្រួលបច្ចេកវិទ្យា ការប្រែប្រួលនៃទស្សនៈទៅវប្បធម៌ជា ដើម។ ក្រាបខាងក្រោម (រូបភាពទី ១.៣) បង្ហាញថាទិន្នន័យ Trend នៅក្នុង Time Series data ដែលមាន សមាសធាតុជា Trend ។

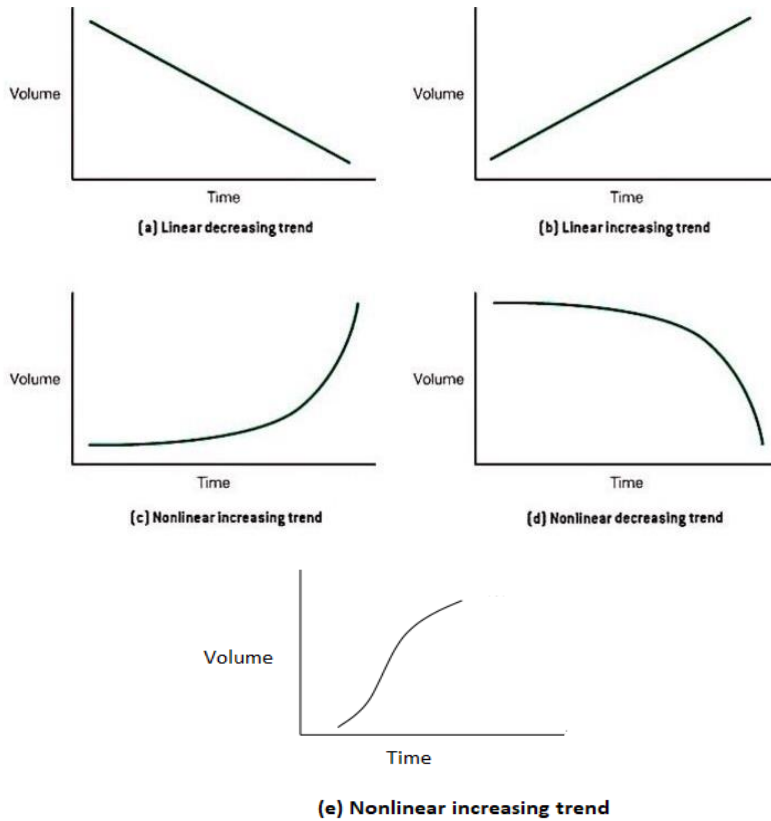
¹⁰ Chris Chatfield, 2000, Time-Series Forecasting, page 20-24

រូបភាពទី១.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពី Trend Component



សមាសធាតុ Trend នៃ Time Seriesអាចបង្ហាញតាមក្រាបចេញជា ២ ប្រភេទគឺ linear trend និង nonlinear trend។ នៅពេលដែលសំណុំនៃទិន្នន័យផ្តុំនៅជុំវិញបន្ទាត់ត្រង់ នោះទិន្នន័យនោះមាន trend ជាលីនេអ៊ែរ (linear)។ ក្នុងករណីដែលសំណុំនៃទិន្នន័យមិនផ្តុំនៅជុំវិញបន្ទាត់ត្រង់ ទិន្នន័យនោះជាប្រភេទមិនលីនេអ៊ែរ (nonlinear trend)។

រូបភាពទី១.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពី Linear Trend និង Nonlinear Trend



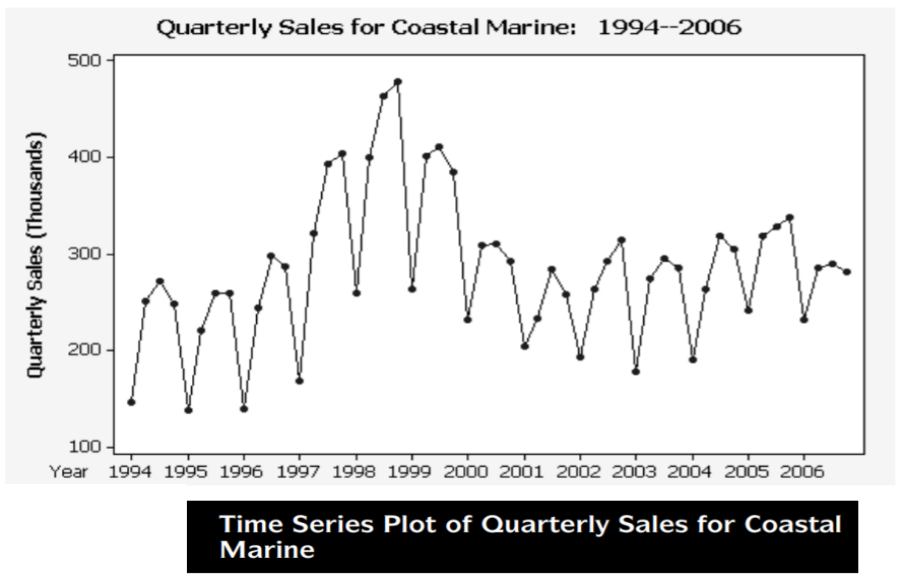
១.៥.៣ សមាសធាតុ Seasonal Component

សមាសធាតុ Seasonal Component កើតឡើងនៅពេលនៅក្នុង Time Series data នៅពេលដែលទិន្នន័យមានបម្រែបម្រួលទៀងទាត់ មានលំនាំ (pattern) ឡើងចុះម្តងហើយម្តងទៀតច្រើនដងក្នុងពេលដដែលៗក្នុងឆ្នាំនីមួយៗ។ ទិន្នន័យប្រភេទនេះជាទូទៅ ត្រូវបានសង្កេតក្នុងរយៈពេល ១ ឆ្នាំ ឬ ខ្លីជាង ១ឆ្នាំ ដូចជា រាល់សប្តាហ៍ រាល់ខែ រាល់ត្រីមាសជាដើម។ Seasonal Component អាចកំណត់បាននៅពេលអ្នកគ្រប់គ្រងឃើញមានលំនាំ (pattern) ដដែលៗដូចគ្នានៅក្នុងអំឡុងពេលដដែលៗបន្តបន្ទាប់គ្នា។ ជាឧទាហរណ៍ អ្នកផលិតអាង ហែលទឹករំពឹងថាការលក់មានកម្រិតទាបនៅសម្រាប័រដូវ និងសិសិរដូវ ហើយការលក់នឹងកើនឡើងខ្ពស់ក្នុងនិទាឃរដូវ និង រដូវក្តៅ ចំណែកឯអ្នកផលិតខោអាវសម្រាប់រដូវរងាររំពឹងទុកថានឹងមានការលក់បានចំនួនច្រើននៅរដូវរងារ។ ឧទាហរណ៍ផ្សេងទៀតនៃ Seasonal Component មានដូចជា ការលក់របស់កាហ្វេមានការកើនឡើងខ្ពស់នៅរដូវក្តៅ ឆ្នាំនិងអាវក្លែងមានតម្រូវការ និង លក់ដាច់ច្រើន នៅក្នុងរដូវមានភ្លៀងជាងរដូវផ្សេងៗ និងការលក់រាយនៃផលិតផលជាច្រើនប្រភេទដូចជាសម្លៀកបំពាក់មានការលក់ឡើងខ្ពស់បំផុតនៅខែ វិច្ឆិកា និង ធ្នូ ដោយសារការលក់បញ្ចុះថ្លៃនៅពេលវិស្សមកាល។

បម្រែបម្រួលទិន្នន័យនៃ Seasonal Variation គឺអាចបណ្តាលមកពីកត្តាមួយចំនួនរួមមាន៖

- កត្តាធម្មជាតិ ដូចជា បម្រែបម្រួលអាកាសធាតុ ការផ្លាស់ប្តូររដូវកាល។
- កត្តាសង្គមនិងវប្បធម៌ ដូចជាពិធីបុណ្យប្រពៃណី វិស្សមកាល ទំនៀមទំលាប់ ប្រពៃណីជាដើម។

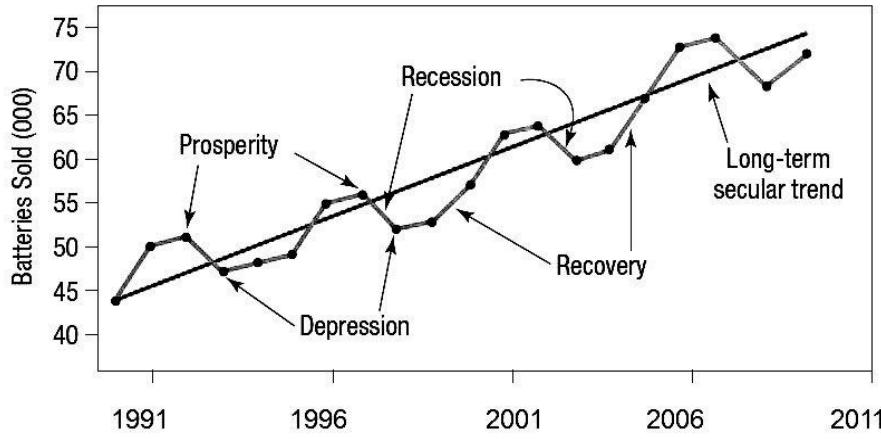
រូបភាពទី១.៥៖ ក្រាបបង្ហាញពី Seasonal Component



១.៦.២ សមាសធាតុ Cyclical Component

Cyclical Component ជាសមាសធាតុមួយនៃ Time Series data ដែលបង្ហាញពីការប្រែប្រួលកើនឡើង និងធ្លាក់ចុះដែលមិនមានលក្ខណៈថេរជាប់លាប់ក្នុងអំឡុងពេលណាមួយ។ បម្រែបម្រួលក្នុង Cyclical Component គឺមានភាពមិនទៀងទាត់ និងមានរយៈពេលវែងជាងបម្រែបម្រួលក្នុងសមាសធាតុ Seasonal ។ ការប្រែប្រួលកើនឡើង ឬ ចុះនៃសមាសធាតុ Cyclical Component មានភាពខុសៗគ្នាទៅតាមរយៈពេល ប៉ុន្តែជាទូទៅវាស្ថិតនៅវែងរយៈពេលពីលើសពី១ឆ្នាំ ឬ ពី ២ ទៅ ១០ ឆ្នាំ។ ការឡើងចុះនៃទិន្នន័យក្នុងសមាសធាតុនេះត្រូវបានជះឥទ្ធិពលដោយសារការកើនឡើងនិងថយចុះនៃសកម្មភាពអាជីវកម្មដែលហៅថា វដ្តនៃអាជីវកម្ម (business cycles)។ ម្យ៉ាងទៀត ការប៉ាន់ស្មានពីលំនាំឡើងចុះពីលំនាំទិន្នន័យ (data pattern) នៃ Cyclical Component នៅក្នុងព្យាករណ៍គឺមានភាពលំបាកខ្លាំងសម្រាប់អ្នកព្យាករណ៍ ដោយសារតែវដ្តនៃអាជីវកម្មមិនកើតមានម្តងហើយម្តងទៀតក្នុងរយៈពេលថេរណាមួយនោះទេ។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ វាក៏អាចត្រូវបានជះឥទ្ធិពលដោយព្រឹត្តិការណ៍នយោបាយ និងស្ថានភាពសេដ្ឋកិច្ចអន្តរជាតិ ដែលជាហេតុនាំឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ពិបាកទស្សន៍ទាយពីលំនាំ (pattern) របស់សមាសធាតុ Cyclical ។

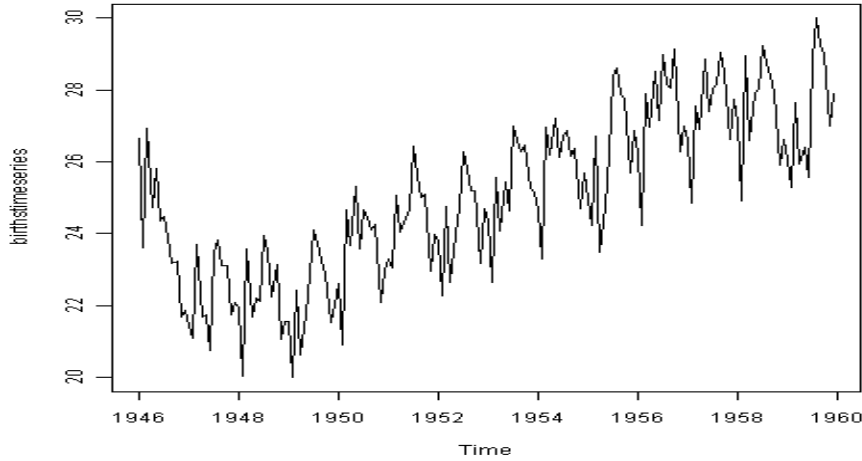
រូបភាពទី១.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពី Cyclical Component



១.៦.៤ សមាសធាតុ Random or Irregular Variation

Random variation ឬ Irregular Variation គឺជាសមាសធាតុមួយនៃទិន្នន័យ Time Series ដែលមានការប្រែប្រួលឡើងចុះមិនស្ថិតដូចទៅនឹងសមាសធាតុទាំងបីខាងលើសមាសធាតុ Trend, Seasonal និង Cyclical Component។ សមាសធាតុនេះកើតឡើងពីការប្រែប្រួលមិនទៀងទាត់ ហើយជាទូទៅមិនមានលក្ខណៈជាប្រព័ន្ធ និងមានលក្ខណៈបម្រែបម្រួលបែបចៃដន្យ (Random Variation) ។ ហេតុដូច្នេះ Irregular Variation ជាសមាសធាតុដែលពិបាកព្យាករណ៍ជាងគេនៅក្នុងការព្យាករណ៍។

រូបភាពទី១.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពី Random ឬ Irregular Variation



១.៦ ការសិក្សាអំណត់ពីប្រភេទទិន្នន័យតាមការវិភាគ Autocorrelation

ជាទូទៅ នៅពេលអថេរដែលគេចង់ព្យាករណ៍ត្រូវបានសិក្សាក្នុងរយៈពេលវែង តម្លៃការសង្កេតនៃអថេរនោះនៅតាមរយៈពេលផ្សេងៗគ្នាគឺតែងមានទំនាក់ទំនងគ្នា (correlate)។ គេអាចធ្វើការសិក្សាពីទំនាក់ទំនងរវាងអថេរនេះ (correlation) ដោយប្រើមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient ឬ Autocorrelation Function (ACF)។ Autocorrelation សំដៅដល់ទំនាក់ទំនង (correlation) រវាងតម្លៃសង្កេតដែលមានលំដាប់តាមពេល ឬតម្លៃសង្កេតដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នាដោយអំឡុងពេលមួយគ្រា ឬ ច្រើនគ្រា (lagged variables)។

ដើម្បីកំណត់ពីប្រភេទទិន្នន័យ ឬ លំនាំទិន្នន័យ (data pattern) ដែលនឹងយកមកព្យាករណ៍ថាជាសមាសធាតុ Trend, Seasonal, Cyclical ឬ Random Component យើងត្រូវសិក្សាពីមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient ដោយគណនាតាមរូបមន្ត (1.1) ខាងក្រោម ឬតាមកម្មវិធី Minitab និងវិភាគទៅលំនាំទិន្នន័យ (data pattern) នៃសំណុំតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនងតាមក្រាបរបស់ Autocorrelation Function (ACF) បានមកពីកម្មវិធី Minitab។

រូបមន្តសម្រាប់គណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient នៅ lag k (r_k) រវាងតម្លៃសង្កេត Y_t និង Y_{t-k} ដែលនៅឆ្ងាយពីគ្នាអំឡុងពេល k គឺ¹¹

¹¹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 18-20

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad k = 0, 1, 2, \dots \tag{1.1}$$

ដែល k = គន្លាតនៃអំឡុងពេល(the time gap being considered) ដែលត្រូវបានហៅថា **lag**
 r_k = មេគុណទំនាក់ទំនងសម្រាប់ lag នៃគម្លាតអំឡុងពេល k (the Autocorrelation Coefficient for a lag of k periods)
 \bar{y} = មធ្យមនៃតម្លៃសង្កេតរបស់ទិន្នន័យ Time Series
 Y_t = តម្លៃសង្កេតនៃរយៈពេល t
 Y_{t-k} = តម្លៃសង្កេតមុនរយៈពេល t ចំនួន k ដង ឬ នៅរយៈពេល $t-k$

❖ **កំណត់សម្គាល់**

- បើទិន្នន័យជា Trend នោះមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation រវាង Y_t និង Y_{t-k} មានតម្លៃធំ ដំបូងសម្រាប់ lag មាន lag មានតម្លៃតូច ហើយ Autocorrelation មានតម្លៃតូចទៅៗខិតទៅរក សូន្យនៅពេលចំនួន lag កើនឡើង។ ម៉្យាងទៀត ACF សម្រាប់ lag 1 ជាញឹកញាប់នឹងមានតម្លៃ ធំខ្លាំង (ជិតស្មើ 1) ហើយ ACF សម្រាប់ lag 2 ក៏ធំដែរតែមិនមានតម្លៃដូចនៅ lag 1 ទេ។
- បើទិន្នន័យជា Seasonal component នោះមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation មានតម្លៃធំ នៅ seasonal lag ឬ multiple of the seasonal lag។ ចំពោះទិន្នន័យដែលប្រមូលរាល់ត្រីមាស seasonal lag របស់វាគឺស្មើ 4 ហើយចំពោះទិន្នន័យប្រចាំខែ Seasonal lag របស់វាគឺ 12។
- បើទិន្នន័យជា Random នោះមេគុណទំនាក់ទំនង autocorrelation រវាង Y_t និង Y_{t-k} នៅ lag k ណាក៏ដោយក៏មានតម្លៃជិតស្មើសូន្យ។ ម៉្យាងទៀត តម្លៃនៃទិន្នន័យ Time Series បន្តៗគ្នាគឺមិន ជាប់ទាក់ទងគ្នាទេ¹²។

១.៧ វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍

វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ ចែកចេញជាពីរប្រភេទ គឺការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ (Quantitative Method) និងការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ (Qualitative Method)¹³។

¹²John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 22

¹³ Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings and Murat Kulahci, 2015, Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, 2nd edition, page 4-5

១.៧.១ ការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ

វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ គឺជាវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍អំពីអនាគតដែលផ្អែកការវិនិច្ឆ័យ ឬគំនិតយោបល់របស់បុគ្គល ឬក្រុមបុគ្គលដូចជា អ្នកជំនាញ អ្នកគ្រប់គ្រងជាជាងការវិភាគបែបគណិតវិទ្យា។ វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍នេះពឹងផ្អែកទាំងស្រុងទៅលើកោសលវិច័យយោបល់របស់អ្នកជំនាញ ការវិនិច្ឆ័យរបស់ និយោជិកដែលមានសមត្ថភាព និង មានបទពិសោធន៍ខ្ពស់ ដើម្បីប៉ាន់ស្មានពីពេលអនាគត ដោយហេតុថា គំនិតយោបល់របស់ពួកគេជាមូលដ្ឋានគ្រឹះតែមួយសម្រាប់អាចព្យាករណ៍ទៅពីស្ថានភាព ហេតុការណ៍នានា ដើម្បីធ្វើការរៀបចំផែនការ និងគោលនយោបាយ។

វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានគេជ្រើសរើសយកមកប្រើប្រាស់ និងមានសារៈប្រយោជន៍យ៉ាងខ្លាំង នៅពេល ទិន្នន័យចាស់ឬអតីតកាលមានភាពខ្វះខាត ឬ មិនអាចរកបានសោះដូចជានៅពេលមានការដាក់ចេញនូវ ផលិតផលថ្មី ឬបច្ចេកវិទ្យាថ្មីជាដើម។ ជាឧទាហរណ៍ នៅពេលមានការដាក់ចេញលក់នូវផលិតផលថ្មី ក្រុមហ៊ុនអាចប្រើកោសលវិច័យយោបល់របស់អ្នកជំនាញ និងបុគ្គលិកផ្នែកម៉ាយ៉ែតធីង ដើម្បីធ្វើការប៉ាន់ស្មានពី ការលក់ផលិតផលនៅដំណាក់កាលដំបូង។ វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យអាចខ្វះខាតភាពលម្អិត ដូចទៅនឹងការវិភាគបែបគណិតវិទ្យា និងស្ទើរតែមានការលម្អៀងគ្រប់ពេល ព្រោះវាអាស្រ័យទៅលើ យោបល់ និងចំណេះដឹងរបស់អ្នកព្យាករណ៍ វិធីសាស្ត្រនេះផ្តល់នូវការព្យាករណ៍ដ៏ល្អត្រឹមត្រូវ នៅពេលអ្នកព្យាករណ៍ដែល មានបទពិសោធន៍ត្រូវបានជ្រើសរើសមកធ្វើជាអ្នកព្យាករណ៍ធុរកិច្ច។ វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍តាមបែបគុណ វិស័យដែលអាចយកមកធ្វើការព្យាករណ៍អាចមានដូចជា ការផ្អែកទៅលើយោបល់នៃក្រុមរបស់អ្នកគ្រប់គ្រងជាន់ ខ្ពស់នៅក្នុងក្រុមហ៊ុនដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ ការជ្រើសរើសក្រុមនៃអ្នកជំនាញមកពីច្រើនផ្នែកឬវិស័យផ្សេងៗគ្នា ដែលភាគច្រើនពួកគេមិនមែនជាបុគ្គលិករបស់ក្រុមហ៊ុនដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ ការព្យាករណ៍ដោយផ្អែកទៅលើ ការប៉ាន់ស្មានទៅការលក់ដែលនឹងរំពឹងទុករបស់បុគ្គលិកនៃការលក់ក្នុងក្រុមហ៊ុន និង ការព្យាករណ៍ដោយផ្អែក លើការស្ទង់ទូទៅនៃគម្រោងនៃការទិញរបស់អតិថិជនទៅអនាគតជាដើម។

១.៧.២ ការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ

វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ គឺជាវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍អំពីអនាគតដោយផ្អែកទៅលើ តួលេខទាំងស្រុងក្នុងការគណនា វិភាគ និង ការព្យាករណ៍ប៉ាន់ស្មានទៅអនាគត។ វិធីសាស្ត្រនេះ ជាវិធីសាស្ត្រ ដែលត្រូវបានជ្រើសរើសមកព្យាករណ៍នៅពេលដែលអ្នកព្យាករណ៍មានប្រភពនៃទិន្នន័យ និងទិន្នន័យ ដើម្បីអាច ប្រមូលយកមកធ្វើការព្យាករណ៍។ វិធីសាស្ត្រនេះក៏ត្រូវបានគេហៅម៉្យាងទៀតថាជា ម៉ូដែលស្ថិតិ។

វិធីសាស្ត្រនេះ ប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យា និង ទិន្នន័យពីអតីតកាលទាំងស្រុង ដើម្បីយកមកវិភាគ ប៉ាន់ស្មានទៅលើទិន្នន័យដែលនឹងយកមកព្យាករណ៍ទៅអនាគត។ វិធីសាស្ត្រនេះត្រូវបានគេនិយមប្រើប្រាស់ ជាញឹកញាប់ និងមានឥទ្ធិពលគ្របសង្កត់លើការព្យាករណ៍ធុរកិច្ច ដោយសារវិធីសាស្ត្រនេះបានផ្តល់នូវជំហាន ក្នុងការអនុវត្តបន្តគ្នាជាប្រព័ន្ធដែលយកមកធ្វើតាមលំនាំដូចគ្នា (Replication) ហើយអនុវត្តនៅក្នុងស្ថានភាព អាជីវកម្ម និងសេដ្ឋកិច្ចផ្សេងៗគ្នាជាច្រើន។ វិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យមួយចំនួនដែលត្រូវ បានប្រើប្រាស់រួមមានម៉ូដែល Time Series ដូចជាម៉ូដែល Naive, Moving average, Exponential Smoothing និង ម៉ូដែល Regression ជាដើម។

១.៨ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Times Series Forecasting Models ចំពោះទិន្នន័យជា Trend

ម៉ូដែល Time Series ជាម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលពឹងផ្អែកទាំងស្រុងទៅលើតម្លៃបច្ចុប្បន្ន និង អតីតកាលនៃអថេរមួយ ដើម្បីព្យាករណ៍តម្លៃទៅអនាគត។ ការសន្មតរបស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍ Time Series គឺ ទិន្នន័យពីអតីតកាលជាសូចនាករព្យាករណ៍ដ៏ល្អពីអនាគត ហេតុនេះម៉ូដែលនេះធ្វើកាសង្កេតពីលំនាំទិន្នន័យ (data pattern) ពីពេលអតីតកាលនៃទិន្នន័យ ហើយយកលំនាំ (pattern) និងសំណុំនៃទិន្នន័យពីអតីតកាល មកធ្វើការព្យាករណ៍ទៅអនាគត។ ម៉ូដែល Time Series មានសារៈប្រយោជន៍ខ្លាំងក្នុងការជ្រើសរើសមកធ្វើ ការព្យាករណ៍នៅពេលអ្នកព្យាករណ៍ និងអ្នកគ្រប់គ្រងមានទិន្នន័យពីអតីតកាលច្រើន និងពេលមានលំនាំ ទិន្នន័យ (data pattern) ដែលអាចមើលឃើញបាន ឬនៅពេលទិន្នន័យមានការប្រែប្រួលយឺត ឬទៀងទាត់។ បន្ថែមពីលើនេះទៅទៀត ម៉ូដែលនេះផ្តល់លទ្ធផលល្អបំផុតនៅពេលយកមកអនុវត្តក្នុងការព្យាករណ៍រយៈពេល ខ្លី¹⁴។

ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Time Series ចំពោះទិន្នន័យប្រភេទ Trend មានដូចខាងក្រោម៖

១.៨.១ ម៉ូដែល Naive

ម៉ូដែល Naive ជាម៉ូដែលព្យាករណ៍ពីអនាគតដោយផ្អែកទាំងស្រុងលើតម្លៃសង្កេតចាស់ៗពីអតីត កាលនៃអថេរដូចជា ការលក់ ប្រាក់ចំណូលជាដើម ដើម្បីព្យាករណ៍ទៅគ្រាបន្ទាប់។ ម្យ៉ាងទៀត ម៉ូដែលនេះមិន សិក្សាពន្យល់ពីទំនាក់ទំនងមូលហេតុ និងលទ្ធផលដែលបង្កើតបានជាអថេរដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍។ ម៉ូដែល Naive ជាម៉ូដែល ដែលល្អប្រសើរសម្រាប់ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លីរហ័សក្នុងករណីដែលលំនាំទិន្នន័យ (data pattern) របស់ទិន្នន័យមិនសូវមានការប្រែប្រួលពីអំឡុងពេលមួយទៅអំឡុងពេលមួយទៀត។

¹⁴ Sunil Chopra and Peter Operation, 2016, Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, 6th edition, page 191-192

គុណសម្បត្តិនៃការប្រើប្រាស់ម៉ូដែល Naive គឺម៉ូដែលនេះជាវិធីសាស្ត្រក្នុងការព្យាករណ៍សាមញ្ញជាងគេក្នុងចំណោមវិធីសាស្ត្រទាំងអស់ដែលត្រូវការតែការបញ្ចូលទិន្នន័យពីតម្លៃសង្កេតថ្មីៗ ដោយមិនចាំបាច់អនុវត្តការវិភាគស្ថិតិ មានភាពងាយស្រួលក្នុងការប្រើប្រាស់អនុវត្ត មិនចំណាយច្រើនក្នុងការបង្កើតម៉ូដែលការរក្សាទុកទិន្នន័យ និងការធ្វើប្រតិបត្តិការជាដើម។

ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ Naive សម្រាប់ទិន្នន័យមានសមាសធាតុជា Trend រួមមាន¹⁵៖

១.៨.១.១ Absolute Change Model (ACM)

Absolute Change Model (ACM) ជាម៉ូដែលសាមញ្ញមួយនៅក្នុង Naive Models ដែលត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករណ៍ប្រភេទទិន្នន័យមានសមាសធាតុ ឬ លំនាំទិន្នន័យ (data pattern) ជា Trend។ ដើម្បីព្យាករណ៍ទិន្នន័យប្រភេទ Trend ម៉ូដែល ACM បន្ថែមភាពខុសគ្នារវាងតម្លៃសង្កេតគ្រាបច្ចុប្បន្ននេះ និងគ្រាមុនទៅតម្លៃសង្កេតថ្មីបំផុត ដូចបង្ហាញក្នុងរូបមន្ត (1.2) ខាងក្រោម។

រូបមន្តនៃម៉ូដែល ACM គឺ¹⁶៖

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + (Y_t - Y_{t-1}) \tag{1.2}$$

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

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

១.៨.១.២ Relative Change Model (RCM)

Relative Change Model (RCM) សំដៅដល់ម៉ូដែលនៃ Naive Models ដែលប្រើអត្រាបម្រែបម្រួលរវាងតម្លៃសង្កេតនាពេលបច្ចុប្បន្ននេះ និងពេលមុន (Rate of Change) ជាជាងការយកផលដករវាងតម្លៃសង្កេតគ្រានេះ និងគ្រាមុន ដើម្បីព្យាករណ៍ពីអនាគត ដូចបង្ហាញខាងក្រោម៖

រូបមន្តនៃម៉ូដែល RCM គឺ¹⁷៖

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \times \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \tag{1.3}$$

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

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងនៅក្នុងរយៈពេល t

¹⁵ Jae K. Shim and Joel G.Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3rd edition, page 233-235
¹⁶ Jae K. Shim and Joel G.Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3rd edition, page 234
¹⁷ Jae K. Shim and Joel G.Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3rd edition, page 234

១.៨.២ ម៉ូដែល Moving Averages

ជាការពិតណាស់ នៅក្នុងអាជីវកម្មអ្នកគ្រប់គ្រងតែងប្រឈមនឹងស្ថានភាពផ្សេងៗដែលតម្រូវឱ្យមានការធ្វើការព្យាករណ៍រាល់ថ្ងៃ រាល់សប្តាហ៍ ឬរាល់ខែទៅលើការផលិត ការលក់ ឬសន្និធិដែលមានទំនិញជាច្រើនមុខ។ ជាញឹកញាប់ អ្នកគ្រប់គ្រងមិនអាចបង្កើតម៉ូដែលព្យាករណ៍សុគតស្មាញដើម្បីព្យាករណ៍ទំនិញនីមួយៗបានឡើយ ហេតុនេះដើម្បីអាចព្យាករណ៍បានលឿន អ្នកគ្រប់គ្រងត្រូវពឹងផ្អែកលើវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេលដែលសាមញ្ញ ងាយរហ័ស និងមិនចំណាយច្រើនក្នុងការព្យាករណ៍។ ដូច្នោះម៉ូដែល Moving Averages ជាម៉ូដែលដែលអាចជ្រើសរើសមកព្យាករណ៍ក្នុងស្ថានភាពទាំងនេះ។

ម៉ូដែល Moving Averages ជាវិធីសាស្ត្រដែលប្រើមធ្យមទម្ងន់នៃតម្លៃសង្កេតពីអតីតកាល ដើម្បីធ្វើឱ្យទិន្នន័យមានភាពរលូន កាត់បន្ថយការប្រែប្រួលឡើងចុះរបស់ទិន្នន័យក្នុងរយៈពេលខ្លីក្នុងការព្យាករណ៍។

ម៉ូដែល Moving Averages ដែលគេអាចយកមកព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Trend គឺ វិធីសាស្ត្រ Double Moving Average (DMA)។

• **Double Moving Average (DMA)**

វិធីសាស្ត្រ Double Moving Average (DMA) គឺជាវិធីសាស្ត្រសម្រាប់ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Series ដែលមានសមាសធាតុជា Trend។ ពាក្យ *Moving average* សំដៅដល់វិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ដែលនៅពេលមានតម្លៃសង្កេតថ្មីមួយ មធ្យមថ្មីក៏ត្រូវបានគណនាដោយបន្ថែមតម្លៃនៃអថេរចុងក្រោយបង្អស់ហើយដកចេញតម្លៃមុនគេបង្អស់នៅក្នុងការគណនា។ បន្ទាប់មក *Moving average* នេះត្រូវបានយកទៅព្យាករណ៍សម្រាប់គ្រាបន្ទាប់។ *Moving Average* ដែលត្រូវជាមួយទិន្នន័យ Trend គឺ Double Moving Average ដូច្នោះនៅក្នុងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA ជាដំបូងអ្នកព្យាករណ៍ត្រូវគណនា *Moving average* នៃទិន្នន័យជាលើកទីមួយ (M_t) បន្ទាប់មកគណនា *Moving average* នៃទិន្នន័យជាលើកទី២ដោយប្រើលទ្ធផលទិន្នន័យពី *Moving average* ទីមួយ (M'_t)។

រូបមន្តពី (1.4) ដល់ (1.8) បានបង្ហាញពីវិធីគណនារកតម្លៃព្យាករណ៍តាម Double Moving Average (DMA) ដូចតទៅ¹⁸៖

• M_t ជា moving average ទីមួយពី Y_t

$$M_t = \hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \tag{1.4}$$

¹⁸ A. Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2nd edition, page 108-110
និស្សិត៖ ឃឹប សុធារី និង បាយ មណ្ឌីរស្នី -២១- សាស្ត្រាចារ្យណែនាំ៖ លោក ព្រី សុគុណ

- M'_t ជា moving average ទីពីរពី M_t

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-k+1}}{k} \tag{1.5}$$

- មេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficients of Linear Equation)

$$a_t = 2M_t + M'_t \tag{1.6}$$

$$b_t = \frac{2}{k-1}(M_t - M'_t) \tag{1.7}$$

- សមីការនៃការព្យាករណ៍ទៅគ្រាបន្ទាប់

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p \tag{1.8}$$

ដែល \hat{Y}_{t+p} = តម្លៃព្យាករណ៍

Y_t = តម្លៃជាក់ស្តែងក្នុងរយៈពេល t

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

p = ចំនួននៃរយៈពេលទៅខាងមុខដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍

១.៨.៣ ម៉ូដែល Exponential Smoothing

Exponential Smoothing ជាវិធីសាស្ត្រដែលអ្នកគ្រប់គ្រងពេញនិយមតែងយកមកប្រើសម្រាប់ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី។ ខណៈពេលវិធីសាស្ត្រ Moving Averages យកតែទិន្នន័យថ្មីៗបំផុតមកពិចារណាក្នុងការគិតពីមធ្យមសម្រាប់ការគណនាតម្លៃព្យាករណ៍ វិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing យកមធ្យមទម្ងន់ (weighted average) នៃទិន្នន័យចាស់ៗទាំងអស់ជាមូលដ្ឋានសម្រាប់ការព្យាករណ៍។ ម៉ូដែលនេះ ឱ្យទម្ងន់ធ្ងន់ជាងគេទៅលើតម្លៃការសង្កេតថ្មីៗ ហើយទម្ងន់តូចទៅលើតម្លៃការសង្កេតចាស់ៗក្នុងអំឡុងពេលយូរហើយដោយហេតុថាតម្លៃព្យាករណ៍ទៅអនាគត គឺពឹងផ្អែកលើតម្លៃថ្មីៗពីអតីតកាលជាជាងតម្លៃចាស់ៗយូរមកហើយក្នុងអតីតកាល។ នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រនេះ តម្លៃព្យាករណ៍ត្រូវបានគណនាឡើងវិញរាល់ពេលមានទិន្នន័យថ្មីក្នុងការព្យាករណ៍។ អត្ថប្រយោជន៍នៃវិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing គឺការមិនចំណាយច្រើនដើម្បីធ្វើការព្យាករណ៍ និងភាពសាមញ្ញងាយស្រួលក្នុងការប្រើ។ អ្វីដែលគួរកត់សម្គាល់ ជាទូទៅ នៅពេលមានតម្រូវការធ្វើ

ការព្យាករណ៍ទៅសន្និធិដែលមានទំនិញរាប់ពាន់ប្រភេទ វិធីសាស្ត្រ Exponential Smoothing ផ្តល់ការព្យាករណ៍បានល្អ ហើយត្រូវបានគេយកមកប្រើប្រាស់ជាញឹកញាប់¹⁹។

១.៨.៣.២ Double Exponential Smoothing (DES)

Double Exponential Smoothing (DES) ជាវិធីសាស្ត្រនៃ Exponential Smoothing ប្រើសម្រាប់ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Seriesដែលមានសមាសធាតុជា Trend។

ដើម្បីព្យាករណ៍ទៅអនាគតតាមម៉ូដែល DES ត្រូវអនុវត្តតាមរូបមន្ត (1.9) រហូតដល់ (1.13) ក្នុងជំហានខាងក្រោម²⁰៖

- គណនា Exponential Smoothing ទីមួយ

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \tag{1.9}$$

- គណនា Exponential Smoothing ទីពីរ

$$S'_t = \alpha S_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \tag{1.10}$$

- រកមេគុណនៃសមីការលីនេអ៊ែរ (Coefficient of Linear Equation)

$$a_t = 2S_t - S'_t \tag{1.11}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t - S'_t) \tag{1.12}$$

- បង្កើតសមីការព្យាករណ៍

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p \tag{1.13}$$

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 ដែលល្អបំផុតគឺជាតម្លៃដែលធ្វើឱ្យមានភាពលម្អៀង(error) តូចជាងគេជាការព្យាករណ៍។

¹⁹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 73

²⁰A. Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2th edition, page 118

១.៨.៣.៣ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)

វិធីសាស្ត្រ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES) ជាម៉ូដែលមួយប្រភេទទៀត ដើម្បីព្យាករណ៍ទិន្នន័យ trend របស់ទិន្នន័យ times series។ វិធីសាស្ត្រនេះ គឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវិធីព្យាករណ៍តាមវិធីសាស្ត្រ DES ដែរ ដោយមានភាពខុសគ្នាពីDES គឺថា HES ធ្វើឱ្យទិន្នន័យ Trend និងចំណោតខ្សែរកាងក្នុងទិន្នន័យ Time Series មានភាពរលូន ដោយប្រើ Smoothing Constant ពីរផ្សេងគ្នា (α និង β) នៅក្នុងវិធីសាស្ត្រធ្វើឱ្យមានភាពរលូន។

រូបមន្តចំនួនបី (រូបមន្ត 1.14 រហូតដល់ 1.16) ដែលត្រូវបានប្រើក្នុងវិធីសាស្ត្រ HES គឺ²¹

- The exponentially smoothed series or current level estimate

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \tag{1.14}$$

- The trend estimate

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \tag{1.15}$$

- សមីការព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅអនាគត

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

(1.16)

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 estimate

p = រយៈពេលដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍ទៅអនាគត

\hat{y}_{t+p} = តម្លៃព្យាករណ៍សម្រាប់រយៈពេល p ទៅពេលអនាគត

❖ **កំណត់សម្គាល់៖** ចំពោះ Smoothing Constant (α និង β) តម្លៃ α និង β ដែលល្អបំផុតគឺជាតម្លៃដែលធ្វើឱ្យមានភាពលម្អៀង(error) តូចជាងគេជាការព្យាករណ៍។

១.៨.៤ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

ម៉ូដែល Autoregressive ជាវិធីសាស្ត្រមួយដែលតែងត្រូវបានគេនិយមប្រើប្រាស់ជាទូទៅក្នុងវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ Time Series Forecasting ជាពិសេសសម្រាប់ព្យាករណ៍ទិន្នន័យ Time Series ដែល

²¹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 81

មាន Autocorrelation។ ម៉ូដែល Autoregressive ជាវិធីសាស្ត្រព្យាករណ៍ដែលបង្ហាញតម្លៃព្យាករណ៍នៃអថេរអនុគមន៍នៃតម្លៃពីមុនៗនៃអថេរនោះ។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទីមួយ AR(1) សំដៅទៅលើទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរតៗគ្នានៅក្នុងទិន្នន័យ Time Series។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទីពីរ AR(1) សំដៅដល់ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរដែលនៅឃ្លាតពីគ្នាពីរអំឡុងពេល។ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី p សំដៅដល់ទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរដែលនៅឃ្លាតពីគ្នា p អំឡុងពេល²²។

Autoregressive model លំដាប់ទីមួយ AR (1) មានរូបមន្ត²³

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{1.17}$$

Autoregressive model លំដាប់ទីពីរ AR (2) មានរូបមន្ត

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \tag{1.18}$$

Autoregressive model លំដាប់ទី p AR (p) មានរូបមន្ត

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \tag{1.20}$$

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)
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_3$ = the coefficient to be estimated
 ε_t = the error term at time t

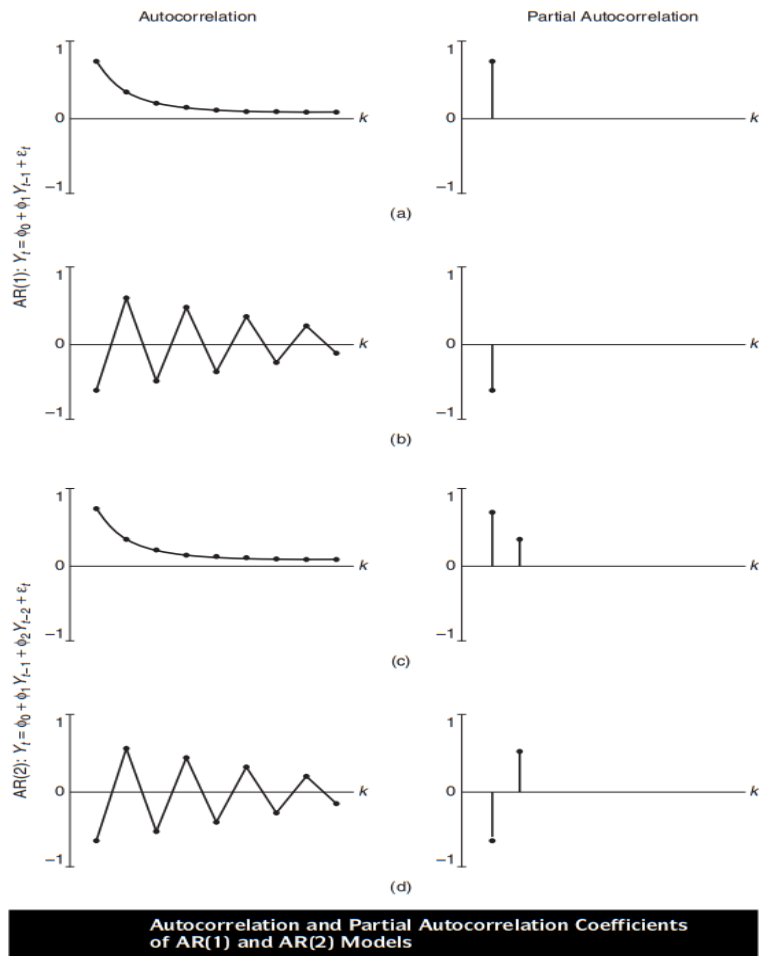
១.៨.៤.១ ការជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive តាម Partial Autocorrelation Function

ដើម្បីជ្រើសរើសលំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive ដែលសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ ចាំបាច់ត្រូវធ្វើការសិក្សាវិភាគទៅលើ Partial Autocorrelation Function (PACF)។ PACF គឺត្រូវបានគេសន្និដ្ឋានថាជាមេគុណល្អជាងគេក្នុងការកំណត់លំដាប់នៃ AR models ថាគឺ AR(1) ឬ AR(2) ឬ AR (p) ដទៃទៀតផ្តល់ការព្យាករណ៍ល្អសម្រាប់ទិន្នន័យនៃអថេរដែលយើងចង់ព្យាករណ៍។

²²Mark L. Berenson, David M.Levine, Timothy C. Krehbiel, 2012, Basic Statistics: Concepts and Application, 12th edition, page 684
²³A. Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2th edition, page 272-273

ជំហានដំបូងក្នុងការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល Autoregressive គឺត្រូវគណនាកត្តាម៉ូ PACF តាមកម្មវិធី Software ដូចជា Minitab ហើយសំណុំនៃកត្តាម៉ូ PACF គឺនៅរវាងតែ -1 និង +1 តែប៉ុណ្ណោះ។ ជំហានទីពីរ គឺត្រូវយកកត្តាម៉ូ PACF ដែលបានមកពីការគណនាតាម Software ទៅធៀបនឹង pattern នៃ PACF ដែលបានបង្ហាញដូចក្នុងរូបភាពទី១.៩ ខាងក្រោម៖

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



*** ជាកំណត់សម្គាល់ គួរបញ្ជាក់ផងដែរថា ម៉ូដែល AR ត្រូវបានប្រើក្នុងការព្យាករណ៍នៅពេលលំនាំទិន្នន័យ (Data pattern) របស់ទិន្នន័យ មានមេគុណ Autocorrelation Coefficient ខិតទៅរកសូន្យបន្តិចម្តងៗ និងតម្លៃមេគុណ Partial Autocorrelation Function (PACF) ធំហើយយូរទៅៗកាន់តែតូចទៅខិតទៅរកសូន្យ។

យោងតាមរូបភាពទី១.៨ (a) និង(b) ដែលបង្ហាញពី pattern នៃ Autocorrelation Function និង Partial Autocorrelation Function សម្រាប់ **AR(1)** និង រូបភាពទី១.៩ (c) និង(d) ដែលបង្ហាញពី pattern

នៃ Autocorrelation Function និង Partial Autocorrelation Function សម្រាប់ **AR(2)** យើងសង្កេតឃើញថា pattern នៃ៖

- **AR (1)** មានមេគុណ ACF ជាដំបូងមានតម្លៃធំតែយូរៗទៅមានតម្លៃតូចខិតទៅសូន្យបន្តិចម្តងៗ ចំណែកឯមេគុណ PACF មានតម្លៃធំនៅ time lag ទី១ ហើយធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្ទាប់ពី time lag ទី១។
- **AR (2)** មានមេគុណ ACF ជាដំបូងមានតម្លៃធំតែយូរៗទៅមានតម្លៃតូចខិតទៅសូន្យបន្តិចម្តងៗ ចំណែកឯមេគុណ PACF ធ្លាក់ចុះដល់សូន្យបន្ទាប់ពី time lag ទី២។
- ជាកំណត់សម្គាល់ pattern ដែលមានទម្រង់បែបនេះនឹងបន្តទៅម៉ូដែល AR លំដាប់ទី p , AR (p) តទៅទៀត

ហេតុដូច្នេះហើយ AR (1) ត្រូវបានប្រើនៅពេល PACF មានតម្លៃខ្ពស់ជាងគេនៅ time lag ទីមួយ បន្ទាប់ពី time lag ទី១ PACF ធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្តិចម្តងៗដូចក្នុងរូបភាពទី១.៨ (a) និង(b)។ AR (2) ត្រូវបានប្រើនៅពេលមេគុណ PACF ធ្លាក់ចុះទៅរកសូន្យបន្ទាប់ពី time lag ទី២ ដូចក្នុងរូបភាពទី១.៨ (c) និង (d)²⁴។

១.៤.៤.២ ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង (Checking Residual Requirements)

ដើម្បីអាចយកម៉ូដែល AR(1) ទៅព្យាករណ៍ពីការលក់ទៅអនាគតតម្រូវឱ្យមានការត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង។ ការត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀងមានសារៈសំខាន់ខ្លាំងដើម្បីឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ដឹងថាម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍នោះបានប្រើប្រាស់ព័ត៌មានដែលមាននៅក្នុងទិន្នន័យបានគ្រប់គ្រាន់ឬទេ។ ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលល្អអាចព្យាករណ៍ទៅអនាគតបានល្អនឹងផ្តល់នូវភាពលម្អៀង (Residuals) បំពេញលក្ខខណ្ឌទាំង ៣ រួមមាន៖

១. ភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពណរម៉ាល់ (Normal)
២. ភាពលម្អៀង (Residuals) មានវារ្យង់មានតម្លៃថេរស្មើគ្នា ដែលត្រូវបានគេកំណត់ថាជា Homoscedasticity
៣. ភាពលម្អៀង (Residuals) ពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំគឺមានភាពឯករាជ្យ (Independent)

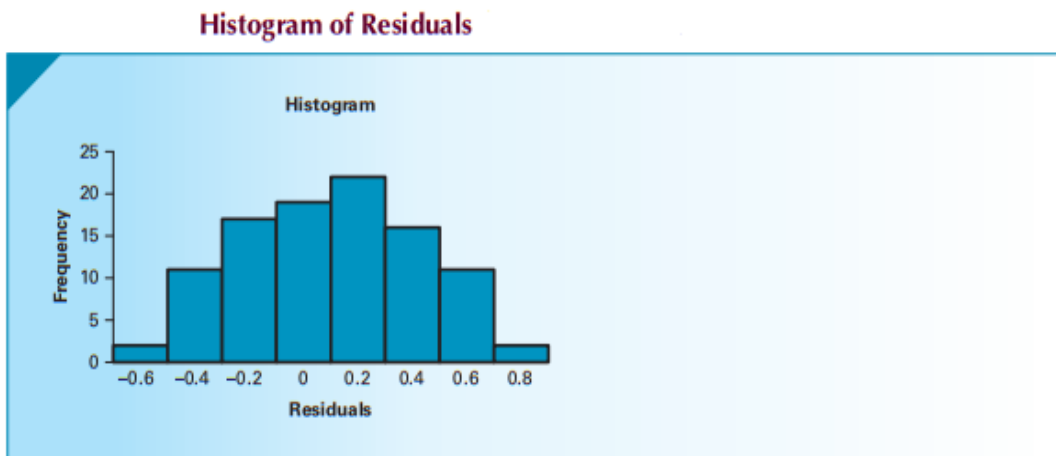
វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌទាំងបីខាងលើនេះ មានដូចទៅ៖

²⁴ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 356-360

- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យភាពណរម៉ាល់ (Normality) នៃភាពលម្អៀង (Residuals) គឺតាមវិធីសង់អ៊ីស្តូក្រាម (Histogram)។
- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យថាតើ ភាពលម្អៀង (Residuals) មានរ៉ាវរង់ថេរស្មើគ្នាទេ (Homoscedasticity) គឺយើងត្រូវសង់ដ្យាក្រាមពង្រាយ (Scatter Diagram) ដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យតម្លៃព្យាករណ៍នៃ y ដែលកំណត់ថាជា (y) និងអ័ក្សអរដោនេតាងឱ្យភាពលម្អៀង (Residuals)។
- វិធីសាស្ត្រដើម្បីធ្វើតេស្តត្រួតពិនិត្យថាតើ ភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យទេ គឺតាមការសង់ក្រាបបន្ទាត់ (line graph) ដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យពេល (Time period) អ័ក្សអរដោនេតាងឱ្យភាពលម្អៀង (Residuals)។

ក្នុងរូបភាពទី ១.៩ រហូតដល់ ១.១១ ខាងក្រោមជាឧទាហរណ៍មួយដែលបង្ហាញពី ភាពលម្អៀង (Residuals) បំពេញគ្រប់លក្ខខណ្ឌចាំបាច់ទាំងបី។ រូបភាពទី ១.៩ បង្ហាញថាភាពលម្អៀង (Residuals)មានភាពណរម៉ាល់។ រូបភាពទី ១.១០ ចង្អុលបង្ហាញថាភាពលម្អៀង (Residuals) ជា Homoscedasticity និងរូបភាពទី ១.១១ បង្ហាញភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ²⁵។

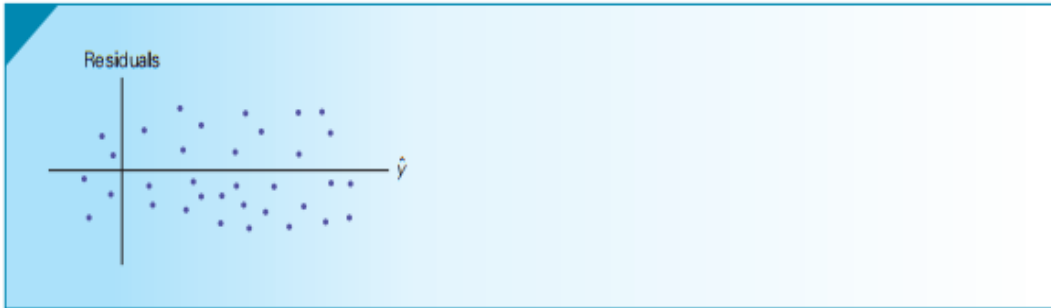
រូបភាពទី១.៩៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃ Residual ដែលមានភាពណរម៉ាល់



²⁵ Gerald Keller, 2014, Statistics for Management and Economics, page 668-670

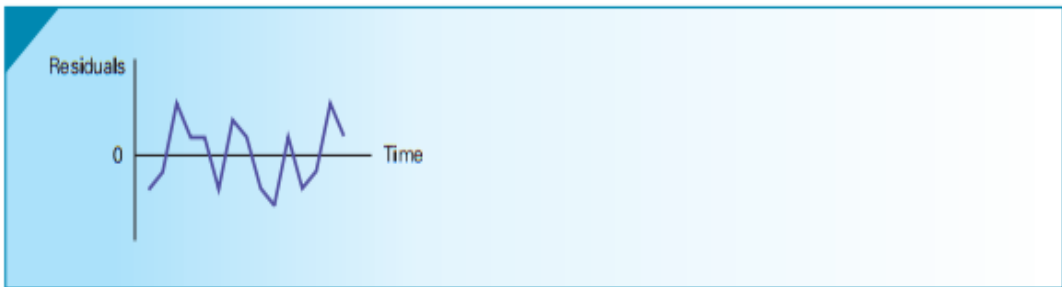
រូបភាពទី១.១០៖ ក្រាបបង្ហាញថាភាពលម្អៀង (Residuals) ជាHomoscedasticity

Plot of Residuals Depicting Homoscedasticity



រូបភាពទី១.១១៖ ក្រាបបង្ហាញពីភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ

Plot of Residuals versus Time Indicating Independence



១.៩ វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍

ជាការពិតណាស់ មិនមានការព្យាករណ៍ណាដែលល្អសុក្រិតតទៅនោះទេ។ ជាក់ស្តែងម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យគឺតែងមានភាពលម្អៀងក្នុងការព្យាករណ៍។ ដូច្នោះការគណនាលម្អៀង (error ឬ residual) ក្នុងការព្យាករណ៍មានសារៈសំខាន់ណាស់ ដើម្បីអាចឱ្យអ្នកព្យាករណ៍អាចដឹងបានថាគេអាចពឹងផ្អែកលើម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ដែលយើងបានជ្រើសរើសបានដល់កម្រិតណា ហើយឱ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបានដល់កម្រិតណា។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ នៅពេលមានវិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍លើសពីមួយដែលអាចយកមកព្យាករណ៍សម្រាប់ប្រភេទទិន្នន័យផ្សេងៗគ្នាដូចជា ទិន្នន័យជា Trend ជាដើម ការវាស់វែងពីភាពលម្អៀងគឺមានភាពចាំបាច់ ដើម្បីឱ្យអ្នកព្យាករណ៍ជ្រើសរើសរវាងម៉ូដែលជាច្រើនទាំងនោះថាតើម៉ូដែលណាឱ្យលទ្ធផលការព្យាករណ៍ ត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបានជាងគេ។

គេអាចវាស់វែងលម្អៀងសម្រាប់ពេលនៃការព្យាករណ៍នីមួយៗដោយប្រើប្រាស់រូបមន្ត៖

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \tag{1.21}$$

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

ដើម្បីវាស់វែងភាពលម្អៀងនៅក្នុងការព្យាករណ៍ដែលមានការព្យាករណ៍រហូតដល់ n តម្លៃព្យាករណ៍ វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងជាច្រើនត្រូវបានបង្កើតឡើងសម្រាប់យកទៅវាស់វែងភាពលម្អៀងនៃការព្យាករណ៍របស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍នានា។ វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងទាំងនោះដូចជា Mean Absolute Deviation (MAD), Mean squared error (MSE), Square Root of the MSE (RMSE), Mean Percentage Error (MPE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់ដូចតទៅ៖

- ដើម្បីប្រៀបធៀបភាពត្រឹមត្រូវរវាងម៉ូដែលព្យាករណ៍ពីរ ឬច្រើនផ្សេងគ្នា
- ដើម្បីវាស់វែងភាពដែលអាចទុកចិត្តបាននៃការព្យាករណ៍
- ដើម្បីកំណត់រកម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលល្អប្រសើរបំផុត។

ជាកំណត់សម្គាល់ នៅពេលការគណនាភាពលម្អៀងតាមវិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងបង្ហាញថាតម្លៃស្មើខុសពីសូន្យ នេះបញ្ជាក់ថាការព្យាករណ៍មានភាពលម្អៀង។ ជាការពិត ម៉ូដែលព្យាករណ៍ល្អ ជាម៉ូដែលផ្តល់ការព្យាករណ៍មានភាពលម្អៀងមានតម្លៃតូច។ ដូច្នេះយ៉ាងណាមិញ ម៉ូដែលនៃព្យាករណ៍ដែលល្អប្រសើរជាងគេក្នុងចំណោមម៉ូដែលជាច្រើនជាម៉ូដែលមានភាពលម្អៀងតូច²⁶។

១.៩.១ Mean Absolute Deviation (MAD)

វិធីសាស្ត្រមួយនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍គឺ Mean Absolute Deviation (MAD)។ វិធីសាស្ត្រ Mean Absolute Deviation (MAD) វាស់ភាពត្រឹមត្រូវនៃការព្យាករណ៍ដោយប្រើមធ្យមនៃតម្លៃដាច់ខាតរបស់ភាពលម្អៀង។ រូបមន្តរបស់ MAD គឺបង្ហាញក្នុងរូបមន្ត (1.26) ²⁷៖

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} \tag{1.22}$$

²⁶ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 35-41

²⁷ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 36

១.៩.២ Mean Squared Error (MSE)

វិធីសាស្ត្រមួយទៀតដើម្បីវាស់ពីភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍គឺ Mean Squared Error (MSE)¹ Mean squared error (MSE) គឺជាវិធីសាស្ត្រវាស់វែងពីភាពលម្អៀងដោយយកភាពលម្អៀងនីមួយៗទៅលើជាការ ហើយបូកការនៃភាពលម្អៀងទាំងនោះរួចចែកនឹងចំនួននៃតម្លៃភាពលម្អៀង។

រូបមន្តរបស់ MSE គឺ²⁸ ៖

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t^2)}{n} \tag{1.23}$$

១.៩.៣ Square Root of the MSE (RMSE)

Square Root of the MSE (RMSE) ក៏ត្រូវបានប្រើប្រាស់ដើម្បីវាស់ពីភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍មួយ ដោយប្រើប្រាស់ការនៃ MSE។

រូបមន្តរបស់ RMSE គឺ²⁹ ៖

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} \tag{1.24}$$

១.៩.៤ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

អ្នកព្យាករណ៍អាចពឹងផ្អែកលើ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ដើម្បីវាយតម្លៃទៅលើភាពត្រឹមត្រូវនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍។ វិធីសាស្ត្រនេះគឺស្រដៀងគ្នាទៅនឹងវិធីសាស្ត្រ MAD ប៉ុន្តែវិធីសាស្ត្រនេះបង្ហាញពីតម្លៃនៃភាពលម្អៀងជាភាគរយ។

រូបមន្តរបស់ MAPE គឺ ³⁰ ៖

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{(|e_t| / Y_t)}{n} \tag{1.25}$$

²⁸ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting. 9th edition, page 36

²⁹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 37

³⁰ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 37

១.៩.៥ Mean Percentage Error (MPE)

Mean Percentage Error (MPE) ជាវិធីសាស្ត្រមួយទៀតនៃការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍។ វិធីសាស្ត្រ គឺគណនាដោយរកតម្លៃភាពលម្អៀងតាមគ្រានីមួយៗ ហើយយកទៅធ្វើផលចែកទៅនឹងតម្លៃជាក់តម្លៃស្តង់តាមគ្រានីមួយៗនោះ បន្ទាប់មករកមធ្យមគិតជាភាគរយនៃតម្លៃដែលបានគណនា

រូបមន្តរបស់MPE គឺ ³¹ ៖

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t/Y_t)}{n} \tag{1.26}$$

១.១០ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមបរិមាណវិស័យ Time Series Forecasting Models មានជាច្រើនប្រភេទ មិនតែប៉ុណ្ណោះចំពោះទិន្នន័យជា Trend មានម៉ូដែលជាច្រើនរួមមានម៉ូដែល Naive Models, Double Moving Average, Exponential Smoothing, និង Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1) ជាដើម។ អ្នកព្យាករណ៍មានជម្រើសនៃម៉ូដែលជាច្រើនដែលត្រូវពិចារណាជ្រើសរើសថាមួយណាសមស្រប នៅក្នុងធ្វើការសិក្សាព្យាករណ៍។ ហេតុដូច្នេះហើយ នៅក្នុងការព្យាករណ៍ទៅអនាគតសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវក៏ដូចជាប្រតិបត្តិការអាជីវកម្ម ការជ្រើសរើសម៉ូដែលដែលសមស្របចំពោះទិន្នន័យដែលនឹងត្រូវយកមកព្យាករណ៍មានសារៈសំខាន់ណាស់។ ដើម្បីជ្រើសរើសម៉ូដែលសមស្របផ្តល់លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវ គឺត្រូវ អនុវត្តដូចខាងក្រោម ៖

១. កំណត់ពីគោលបំណងនៃការព្យាករណ៍ឱ្យបានច្បាស់លាស់។
២. ប្រមូលទិន្នន័យដែលត្រឹមត្រូវ សុក្រិត និងមានប្រភពអាចជឿទុកចិត្តបាន។
៣. វិភាគទិន្នន័យ។
៤. កំណត់ពីប្រភេទនៃទិន្នន័យ។
៥. កំណត់ពីរយៈពេលដែលនឹងត្រូវព្យាករណ៍ (ការព្យាករណ៍រយៈពេលខ្លី មធ្យម ឬ ការព្យាករណ៍រយៈពេលវែង។
៦. កំណត់ និងវិភាគពីប្រភេទម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍។
៧. ជ្រើសរើសម៉ូដែលណាដែលពាក់ព័ន្ធ ហើយសមស្របនឹងប្រភេទទិន្នន័យ។

³¹ John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, page 37

- ៨. ធ្វើតេស្តសាកល្បងការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលដែលសមស្របទៅនឹងប្រភេទទិន្នន័យដែលយើងបានជ្រើសរើសទាំងនោះ។
- ៩. វាយតម្លៃម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍តាមការកំណត់ពីកម្រិតនៃភាពលម្អៀងរបស់ម៉ូដែលនីមួយៗដោយប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀង។
- ១០. ជាជំហានចុងក្រោយ គឺធ្វើការសំរេចចិត្តជ្រើសរើសយកម៉ូដែលដែលល្អប្រសើរបំផុតក្នុងចំណោមម៉ូដែលទាំងនោះដើម្បីយកមកធ្វើការព្យាករណ៍ពីអនាគត ដោយធ្វើការប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែលនីមួយៗដែលបានគណនារួច ហើយផ្អែកទៅតាមការប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនោះ ជ្រើសយកម៉ូដែលមានភាពលម្អៀងតូចជាងគេដែលនេះជាម៉ូដែលល្អប្រសើរបំផុតសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍³²។

³² J. Holton Wilon and Barry Keating, 2009, 6th edition, page 56-59

ជំពូកទី២

ស្ថានភាពទូទៅនៃ

ក្រុមហ៊ុន Apple. Inc

ជំពូកទី ២

ស្ថានភាពទូទៅនៃក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ជាសាជីវកម្មពហុជាតិអាមេរិកផលិតគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច ដែលធំជាងគេមួយនៅលើពិភពលោកក្នុងវិស័យបច្ចេកវិទ្យា³³។ ចាប់តាំងពីការបង្កើតឡើងនៅឆ្នាំ 1976 មកដល់បច្ចុប្បន្ននេះ ក្រុមហ៊ុននេះតែងតែធ្វើការបោះជំហានទៅមុខរហូត និងវិវត្តជាលំដាប់។ ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ផលិត និងលក់គ្រឿងអេឡិចត្រូនិច ឧបករណ៍ផ្នែករឹង (Hardware) កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Software) និងកុំព្យូទ័រដែលមានគុណភាពខ្ពស់ស្រប និងតាមភាពស៊ីលីយ៉ាមរបស់មនុស្សគ្រប់វ័យ។ ឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិច ផ្នែករឹង (Hardware) ដែលល្បីល្បាញរបស់ក្រុមហ៊ុនមានដូចជា កុំព្យូទ័រ Macintosh iPod iPhone កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Software) ដូចជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការ Mac OS X iTunes និងកម្មវិធីច្នៃប្រឌិតទំនើបដូចជា iWork ដែលឈានមុខក្នុងវិស័យទូរស័ព្ទ និងកុំព្យូទ័រ។ មូលហេតុដ៏ចម្បងនៃភាពជោគជ័យ និងភាពល្បីល្បាញរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. គឺនវានុវត្តភាព។ ចាប់តាំងពីការកើតដំបូងជាក្រុមហ៊ុនផលិតឧបករណ៍ផ្នែករឹង (Hardware) និងកម្មវិធីអនុវត្ត (Software) របស់កុំព្យូទ័រ ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. បានឈានចូលមកផលិតឧបករណ៍បច្ចេកវិទ្យាផ្សេងៗជាច្រើន និងបានបង្កើតហាងលក់រាយនៅជាច្រើនប្រទេសក៏ដូចជាហាង Online និង iTunes Store ដើម្បីផ្តល់ឱ្យអតិថិជននូវសេវាកម្មក្នុងការទិញកាន់តែល្អប្រសើរ។ ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ក៏ត្រូវបានគេទទួលស្គាល់ថាជាក្រុមហ៊ុនដែលទទួលបានជោគជ័យបំផុតនៅលើពិភពលោកផលដែរ³⁴។

២.១ ប្រវត្តិរបស់ Apple Inc.

Apple Inc. ត្រូវបានបង្កើតឡើងនៅថ្ងៃទី 1 ខែ មេសា ឆ្នាំ ១៩៧៦ ដោយលោក Steve Jobs និង Steve Wozniak នៅ Los Altos រដ្ឋ California ។ ដំបូងឡើយ Apple Inc. ត្រូវបានគេស្គាល់ថាជា Apple Computers Inc. ជាក្រុមហ៊ុនផលិតកុំព្យូទ័រយូដេ និងកុំព្យូទ័រប្រើតាមការិយាល័យតូចមួយ។ នៅពេលបង្កើតដំបូង ក្រុមហ៊ុននេះក៏មានសហស្ថាបនិកម្នាក់ទៀត គឺលោក Ronald Wayne ។ លោក Steve Jobs បាននាំលោក Wayne មកក្នុងក្រុមហ៊ុនក្នុងគោលបំណងដើម្បីឱ្យលោកជួយផ្តល់នូវការណែនាំក្នុងការធ្វើជំនួញដល់ស្ថានិករវ័យក្មេងទាំងពីរ។ លោក Wayne គឺជាអ្នកគូរស្លាកសញ្ញាដំបូងបង្អស់របស់ Apple ដោយផ្ទាល់ដៃ។ ផលិតផលដំបូងដែលសហស្ថាបនិកទាំងបី Steve Jobs, Steve Wozniak, និង Ronald Wayne គឺ Apple I កុំព្យូទ័រសម្រាប់តុការិយាល័យទំនើបមួយដែលខុសប្លែកពីកុំព្យូទ័រផ្សេងៗនៅសម័យនោះ។ Apple I

³³ Pranay Patel, 2020, *Leadership and Innovation at Apple Inc*, page 1-5

³⁴ <https://www.thoughtco.com/the-history-of-apple-computers-1991454> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២២ ឧសភា ២០២០)

បានដាក់ចេញលក់នៅលើទីផ្សារនៅខែ តុលា ឆ្នាំ ១៩៧៦ ក្នុងតម្លៃ 666.66 ដុល្លារសហរដ្ឋអាមេរិក (បើធៀបនឹងតម្លៃឆ្នាំ ២០១៩ តម្រូវតាមអតិផរណា ត្រូវនឹង 2, 995 ដុល្លារសហរដ្ឋអាមេរិក)។ Steve Wozniak ជាអ្នកបង្កើត រចនា និងផលិតគ្រប់យ៉ាងដោយផ្ទាល់ដៃនូវម៉ាស៊ីនកុំព្យូទ័រ Apple I នេះ។ បន្ទាប់ពីការដាក់លក់ចេញ Apple I មួយរយៈពេលក្រោយមក លោក Wayne បានសម្រេចចិត្តចាកចេញពី Apple តាំងពីមុនពេល Apple បានចូលជាក្រុមហ៊ុនជាផ្លូវការ ដោយយកតែមូលប្បទានបត្រ \$800 (ដែលមានតម្លៃដល់ទៅ \$72 ពាន់លានដុល្លារ៤០ឆ្នាំក្រោយ) សំរាប់ចំណែកភាគហ៊ុនរបស់លោកនៅក្នុងក្រុមហ៊ុន។ ខណៈពេលដែល Steve Wozniak ធ្វើការផលិតកុំព្យូទ័រសំរាប់ក្រុមហ៊ុន Steve Jobs ជាអ្នកទទួលខុសត្រូវកិច្ចការខាងជំនួញដោយព្យាយាមបញ្ចុះបញ្ចូលអ្នកវិនិយោគឱ្យជឿថាទីផ្សារកុំព្យូទ័រយូរដៃគឺនឹងមានការត្រូវការផ្ទុះឡើងខ្លាំង។ ជាទីបំផុត លោកបាននាំ Mike Markkula មកវិនិយោគក្នុងក្រុមហ៊ុនដល់ទៅ 250,000 ដុល្លារសហរដ្ឋអាមេរិក ហើយមកធ្វើជាបុគ្គលិកទីបី នៅ Apple ជាមួយនឹងភាគហ៊ុនមួយភាគបីក្នុងក្រុមហ៊ុន។ Apple Computers បានចូលជាក្រុមហ៊ុនជាផ្លូវការនៅថ្ងៃទី ៣ ខែ មករា ឆ្នាំ ១៩៧៧។ នៅឆ្នាំ ១៩៧៧ នេះ Apple បានក៏បានដាក់ចេញកុំព្យូទ័រដែលមានគុណភាព និងការរចនាកាន់តែល្អប្រសើរ Apple II ដែលបានបង្កើតដោយ Steve Wozniak។ Apple II បានដាក់បង្ហាញជាលើកដំបូងនៅថ្ងៃទី ១៦ ខែមេសា ឆ្នាំ១៩៧៧ នៅឯ West Coast Computer Faire លើកទីមួយ។ Apple II បានចេញលក់នៅលើទីផ្សារហើយទទួលបានការគាំទ្រយ៉ាងខ្លាំងពីមហាជនជាច្រើន ហើយជាម៉ាស៊ីនកុំព្យូទ័រដំបូងមួយដែលទទួលបានភាពជោគជ័យខ្លាំងនៅឆ្នាំនោះធ្វើឱ្យពិភពលោកភ្ញាក់ផ្អើលយ៉ាងខ្លាំង។ ភាពជោគជ័យពីការបង្កើត Apple II បានធ្វើឱ្យក្រុមហ៊ុន Apple ក្លាយទៅជាក្រុមហ៊ុនដែលរកបានប្រាក់ចំណេញច្រើន និងទទួលបានកេរ្តិ៍ឈ្មោះល្បីក្នុងរង្វង់ឧស្សាហកម្មកុំព្យូទ័រ។ នៅឆ្នាំ ១៩៧៨ ក្រុមហ៊ុន Apple ក៏មានការិយាល័យ មាននិយោជិក និងសង្វាក់ផលិតកម្ម Apple II ។ ក្រុមហ៊ុនទទួលបានជោគជ័យកាន់តែខ្លាំង ក្នុងអំឡុងពេលតែបីឆ្នាំ ពីខែកញ្ញា ១៩៧៧ ដល់ឆ្នាំ ១៩៨០ ការលក់កើនពី \$775,000 ដល់ \$180 លាន អត្រាកំណើនប្រចាំឆ្នាំដល់ទៅ 533%។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ Apple ទទួលបានប្រាក់ចំណូលខ្ពស់ជាង ៤ពាន់លានដុល្លារ ពីការច្នៃប្រឌិត និងចែកចាយកុំព្យូទ័រ Apple I និង Apple II ហើយបានធ្វើឱ្យ Steve Jobs សម្រេចជោគជ័យក្នុងវ័យទើបតែ ៣០ ឆ្នាំ។ នៅឆ្នាំ ១៩៨០ Apple បានដាក់ចេញ Apple III ប៉ុន្តែផលិតផលកុំព្យូទ័រដ៏ជោគជ័យបំផុតរបស់ក្រុមហ៊ុនមិនមែន Apple III តែជា Macintosh ដែលបានបង្ហាញនៅឆ្នាំ ១៩៨៤។ Macintosh ត្រូវបានប្រកាសចេញលក់តាមរយៈការផ្សាយពាណិជ្ជកម្មដែលធ្វើឱ្យទទួលបានភាពល្បីល្បាញជាតំណាងឱ្យភាពជោគជ័យរបស់ Apple នោះគឺ ពាណិជ្ជកម្ម “1984” ដែល

ចំណាយអស់ដល់ទៅ 1.5 លានដុល្លារ³⁵។ មិនយូរប៉ុន្មាននៅក្នុងក្រុមហ៊ុន Apple បានជួបប្រទះនឹងការប្រកួតប្រជែងអំណាចក្នុងក្រុមហ៊ុន ហើយធ្វើឱ្យមានការចាកចេញរបស់ Steve Jobs និងនាយកប្រតិបត្តិមួយចំនួន។ ការចាកចេញរបស់អ្នកដឹកនាំក្រុមហ៊ុន Steve Jobs រួមបញ្ចូលនឹងការមិនអាចបំពេញការបញ្ជាទិញទៅតាមភាពជោគជ័យរបស់ក្រុមហ៊ុន បានធ្វើឱ្យក្រុមហ៊ុនជួបប្រទះការខាតបង់ប្រាក់ចំណូលបណ្តោះអាសន្ន។ នៅឆ្នាំ ១៩៩៧ Jobs បានត្រលប់មក Apple វិញជាទីប្រឹក្សានៅពេល Apple បានទិញក្រុមហ៊ុនថ្មីរបស់គាត់ NeXT Inc. ។ បន្ទាប់មក Steve Jobs ក៏បានក្លាយជានាយកប្រតិបត្តិនៃ Apple ហើយបានបង្ហាញផលិតថ្មីរបស់ Apple គឺ iMac ដែលលក់បាន 800,000 ឯកតានៅឆ្នាំ ១៩៩៨ ។ ចាប់តាំងពីពេលនោះមក Apple ប្រតិបត្តិការបានយ៉ាងល្អប្រសើរ។ លោក Jobs និង Apple ចាប់ផ្តើមផលិតនូវផលិតថ្មី និងជឿនលឿនម្តងមួយៗ។ Apple បានបើកហាងលក់រាយដំបូងរបស់ខ្លួននៅខែ ឧសភា ឆ្នាំ ២០០១ នៅ Virginia និង California។ ក្រុមហ៊ុន Apple បានផលិតផលិតផលដែលមានឥទ្ធិពលធំធេងពីរនៅទសវត្សឆ្នាំ ២០០០ ចាប់ផ្តើមពី iPod បានបង្ហាញជាសាធារណៈលើកដំបូងនៅឆ្នាំ ២០០១។ iPod បានយកឈ្នះលើ MP3 players ផ្សេងៗ ហើយកែប្រែរបៀបស្តាប់ចម្រៀងរបស់មនុស្សនៅលើពិភពលោក។ នៅឆ្នាំ ២០០៣ Apple បានបង្កើត iTunes Store ផ្តល់សេវាកម្មដោយឡែកចម្រៀងនៅលើអ៊ីនធឺណែតក្នុងតម្លៃតែ \$0.99 ក្នុងមួយទំព័រ។ iTunes Store បានក្លាយជាអ្នកនាំមុខក្នុងទីផ្សារសេវាកម្មចម្រៀងលើបណ្តាញអ៊ីនធឺណែត (online music services) យ៉ាងឆាប់រហ័ស ដែលមានការដោនឡូតរហូតដល់ទៅ ៥ពាន់លានត្រឹមពាក់កណ្តាលឆ្នាំ ២០០៨។ បើទោះជាយ៉ាងនេះក៏ដោយ ជ័យជំនះដ៏ធំបំផុតតែមួយគត់របស់ Apple និងពិភពបច្ចេកវិទ្យានៃពិភពលោកទាំងមូលនៅទសវត្សឆ្នាំ ២០០០ គឺការបង្ហាញទូរស័ព្ទដំបូងបង្អស់របស់ក្រុមហ៊ុនគឺ iPhone នៅឆ្នាំ ២០០៧ ។ នៅពេល iPhone បានដាក់ចេញលក់ជាសាធារណៈ អតិថិជនជាច្រើនឈរតម្រង់ជូរនៅខាងក្រៅហាងនៅសហរដ្ឋអាមេរិកដើម្បីបានទូរស័ព្ទ iPhone មកក្នុងដៃរបស់ពួកគេ។ iPhone ជាទូរស័ព្ទដែលលក់បានរហូតដល់លើសពី ៦ លានឯកតា។

នៅខែ មករា ឆ្នាំ ២០០៧ Steve Jobs បានប្រកាសថា Apple នឹងបោះបង់ពាក្យ “Computer” ពីឈ្មោះរបស់ខ្លួន ប្រែទៅជា “Apple Inc.” ដើម្បីឆ្លុះបញ្ចាំងពីយុទ្ធសាស្ត្រកែប្រែរបស់ក្រុមហ៊ុនដែលពង្រីកទៅក្នុងទីផ្សារគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច។ ការរីកចម្រើនរបស់ក្រុមហ៊ុនក្រោមការគ្រប់គ្រងរបស់ Jobs បានធ្វើឱ្យលោកទទួលបានចំណាត់ថ្នាក់ជានាយកប្រតិបត្តិលេខមួយរហូតដោយសារតែតម្លៃដែលលោកបានបន្ថែមទៅលើក្រុមហ៊ុន

³⁵ <https://www.businessinsider.com/history-of-apple-in-photos-2015-8> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២២ ឧសភា ២០២០)

Apple តាមរយៈការរកឃើញនូវផលិតផលថ្មីៗទាំងនេះនៅពេលនោះ។ Apple Inc. ក៏ត្រូវបានគេចាត់ទុកថាជាក្រុមហ៊ុនល្អបំផុតលើលោកដោយទស្សនាវដ្តីជាច្រើន³⁶។ បន្ទាប់ពីនោះ Apple បានបន្តផលិតជាង ១៧ ម៉ូដែល ក្រោមការគ្រប់គ្រងរបស់ Tim Cook ដែលបានបន្តតំណែងជានាយកប្រតិបត្តិបន្ទាប់ពីមរណភាពរបស់លោក Steve Jobs នៅឆ្នាំ២០១១។ ពីឆ្នាំ ២០១១ ដល់ឆ្នាំ ២០១២ ក្រុមហ៊ុន Apple បានចេញលក់ទូរស័ព្ទ iPhone 4S និង iPhone 5 ដែលមានម៉ាស៊ីនថតកាន់តែល្អប្រសើរជាងមុន មានជំនួយការវ៉យស្តាតហៅថា Siri និង ទិន្នន័យ cloud-sourced ជាមួយ iCloud។ បន្ថែមពីនេះ Apple បានចេញលក់ iPad ជំនាន់ទីបី និងទីបួនដែលមានអេក្រង់ប្រភេទ Retina និង iPad Mini ដែលមានអេក្រង់ 7.9 inch ខុសពី iPad ដែលមានអេក្រង់ 9.7 inch។ ការដាក់ចេញលក់ផលិតផលថ្មីទាំងនេះរបស់ Apple សុទ្ធតែទទួលបានជោគជ័យ។ ការចេញលក់ iPhone 5 នៅថ្ងៃទី ២១ ខែកញ្ញា ឆ្នាំ២០១២ បានក្លាយជាការដាក់ផលិតផលទូរស័ព្ទថ្មីលើទីផ្សារជាមួយនឹងការបញ្ជាទិញទុកជាមុនជាង ២លាន និងការលក់ iPads ដល់ទៅ ៣ លាន ក្នុងពេលតែ ៣ ថ្ងៃ បន្ទាប់ពីការដាក់ចេញលក់ iPad Mini និង iPad ជំនាន់ទី៤។ នៅឆ្នាំនេះផងដែរ Apple ក៏បានចេញលក់ MacBook Pro ទំហំ 13 inch ជំនាន់ទី ៣ ជាមួយអេក្រង់ Retina កុំព្យូទ័រ iMac និង Mac Mini ជំនាន់ថ្មីផងដែរ³⁷។

នៅខែ មីនា ឆ្នាំ ២០១៣ ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. បានពាក្យស្នើសុំប៉ាតង់សំរាប់បច្ចេកវិទ្យា Augmented Reality (AR) ដែលអាចរកអត្តសញ្ញាណវត្ថុនៅក្នុងការមើលផ្សាយផ្ទាល់ (Live Video Stream) និង អាចបង្ហាញព័ត៌មានឆ្លើយតបទៅនឹងវត្ថុទាំងនោះ តាមរយៈស្រទាប់ព័ត៌មានបង្កើតដោយកុំព្យូទ័រនៅលើរូបភាពនៃពិភពពិត³⁸។ នៅថ្ងៃទី ២ ខែតុលា ឆ្នាំ ២០១៣ Apple ក៏បានជ្រើសរើសនិយោជិកមានឋានៈខ្ពស់ៗដូចជាលោក Paul Deneve ជាប្រធាន និងនាយកប្រតិបត្តិនៅក្រុមហ៊ុន Yves Saint Laurent ជាអនុប្រធានម្នាក់ដែលរាយការណ៍ផ្ទាល់ទៅ Tim Cook³⁹។ នៅពាក់កណ្តាលឆ្នាំ ២០១៣ Apple ក៏បានប្រកាសថានាយកប្រតិបត្តិក្រុមហ៊ុន Burberry លោកស្រី Angela Ahrendts នឹងក្លាយជាអនុប្រធានជាន់ខ្ពស់នៅឯក្រុមហ៊ុន Apple ចាប់ពីពាក់កណ្តាលឆ្នាំ ២០១៤។ ក្រោយពីលោកស្រី Ahrendts បានចូលមកកាន់តំណែងនៅ Apple

³⁶ Micah Siegal and Fred Gibbons, 2009, *Apple Inc. and the EBook Reader*

³⁷ Stanko A, (2005), *The history of Apple Company, page 1-4*

³⁸ <https://appleinsider.com/articles/13/03/19/apples-interactive-augmented-reality-system-identifies-real-world-objects-allows-screen-sharing> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

³⁹ <https://www.reuters.com/article/us-apple-hire/apple-hires-former-yves-saint-laurent-ceo-for-special-projects-idUSBRE9611BP20130702> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

ការលក់បានកើនឡើងដល់ប្រមាណជា ៣.២ ពាន់ដុល្លារ មិនតែប៉ុណ្ណោះភាគហ៊ុនរបស់ក្រុមហ៊ុនបានកើនឡើងជាងបីដង⁴⁰។

នៅឆ្នាំ២០១៤ ក្នុងត្រីមាសទី១ ក្រុមហ៊ុន Apple ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple បានក្លាយជាកំណត់ត្រាប្រចាំត្រីមាស ដោយក្រុមហ៊ុនលក់បាន iPhones ចំនួន ៥១ លានគ្រឿង និង iPad ចំនួន ២៦ លានគ្រឿង។ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ផលិតផលកុំព្យូទ័រ Mac របស់ក្រុមហ៊ុនក៏មានការកើនឡើងដ៏គួរឱ្យកត់សម្គាល់ផងដែរ។ ដោយមានការរីកចម្រើនជាបន្តបន្ទាប់ នៅខែឧសភា ក្រុមហ៊ុន Apple បានទិញយកក្រុមហ៊ុន Beats Music និង Beats Electronics របស់សហស្ថាបនិក Dr. Dre និង Jimmy Iovine ក្នុងតម្លៃ ៣ ពាន់លានដុល្លារ⁴¹។ ចាប់ពីតាំងឆ្នាំ ២០១៣ រហូតមកដល់ឆ្នាំ ២០១៨ ក្រុមហ៊ុនទទួលបានភាពជោគជ័យយ៉ាងខ្លាំងដោយក្រុមហ៊ុន Apple បានឈរនៅលំដាប់កំពូលនៃរបាយការណ៍ប្រចាំឆ្នាំ Best Global Brands នៃ Interbrand ទាំងអំឡុងពេល ៦ ឆ្នាំ⁴²។

នៅខែមករា ២០១៦ ក្រុមហ៊ុន Apple បានប្រកាសថាផលិតផលរបស់ក្រុមហ៊ុន ១ ពាន់លានកំពុងតែត្រូវបានប្រើប្រាស់ទូទាំងពិភពលោក។ នេះជាលើកទីមួយ ដែល Apple បានបង្ហាញពីចំនួនផលិតផលរបស់ Apple ដែលកំពុងត្រូវបានប្រើប្រាស់ ទិន្នន័យគឺមិនធ្លាប់បានលាតត្រដាងដល់សាធារណៈពីមុនមកទេ⁴³។ គួរឱ្យកត់សម្គាល់ផងដែរ នៅចុងឆ្នាំ ២០១៦ ក្រុមហ៊ុន Apple បានរាយការណ៍ពីការធ្លាក់ចុះនៃការលក់និងប្រាក់ចំណេញប្រចាំឆ្នាំ ជាលើកដំបូងក្នុងរយៈពេល ១៥ ឆ្នាំចាប់តាំងពីឆ្នាំ ២០០១។ ចំណូលក្រុមហ៊ុនបានថយចុះពី 244.7 ពាន់លានដុល្លារនៅឆ្នាំ ២០១៥ មក 217 ពាន់លានដុល្លារ ដែលជាការធ្លាក់ចុះ ៨ ភាគរយ។ មូលហេតុចម្បងនៃការថយចុះនេះ គឺបណ្តាលមកពីការធ្លាក់ចុះនៃការលក់របស់ផលិតផលសំខាន់ជាងគេរបស់ Apple គឺ iPhone⁴⁴។ នៅឆ្នាំ ២០១៧ Apple បានបន្តពង្រីកការឈានចូលទៅក្នុងទីផ្សារផលិតផលគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច ដោយបានផលិតផលថ្មីមួយ គឺឧបករណ៍បំពងសំឡេងដែលមានភាពស្អាតវៃដំបូងគេរបស់ក្រុមហ៊ុនហៅថា HomePod ។ នៅឆ្នាំ ២០១៨ ក្រុមហ៊ុន Apple បានក្លាយជាក្រុមហ៊ុនអាមេរិកដំបូងគេដែលមាន

⁴⁰ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-10-15/burberry-says-bailey-to-become-ceo-as-ahrendts-leaves-for-apple>(ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

⁴¹ Apple (2014), *Press Release: Apple to Acquire Beats Music & Beats Electronic*

⁴² <https://www.appleworld.today/blog/2018/10/4/apple-tops-the-best-global-brands-report-for-the-sixth-consecutive-time> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៩ មិថុនា ២០២០)

⁴³ <https://www.businessinsider.com/apple-1-billion-active-devices-2016-1> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៩ មិថុនា ២០២០)

⁴⁴ <https://www.theguardian.com/technology/2016/oct/25/apple-profits-sales-decline-2016-iphone-7> (ថ្ងៃទី ៩ មិថុនា ២០២០)

តម្លៃ ១ ទ្រីលានដុល្លារ (\$1 trillion)⁴⁵។ នៅឆ្នាំ ២០១៩ ផ្អែកតាមទិន្នន័យថ្មីរបស់ Garner បានបង្ហាញថាការលក់ iPhone របស់ Apple បានធ្លាក់ចុះយ៉ាងខ្លាំងបំផុតក្នុងរយៈពេលបីឆ្នាំ ដែលបណ្តាលមកពីការបដិសេធរបស់ Apple ក្នុងការ ផលិត iPhone ដែលមានតម្លៃទាបសម្រាប់អតិថិជនប្រើប្រាស់នៅប្រទេសចិន ឥណ្ឌា និងបណ្តាទីផ្សារកំពុងងើបឡើង (emerging markets) ផ្សេងៗទៀត⁴⁶។ ប៉ុន្តែទោះជាយ៉ាងនេះក្តី ក្នុងឆ្នាំ ២០១៩ ក្រុមហ៊ុនក៏នៅតែមានសក្តានុពលវិវត្តទៅមុខ ដែលបានបង្ហាញតាមរយៈការទិញយកក្រុមហ៊ុនជាង ២០ ទៅ ២៥ ក្រុមហ៊ុន ដើម្បីបន្ថែមបច្ចេកវិទ្យាថ្មីៗទៅក្នុងផលិតផលរបស់ Apple។ នៅឆ្នាំ ២០២០ ក្រុមហ៊ុនបានក្លាយជាក្រុមហ៊ុនសាធារណៈដែលមានតម្លៃបំផុតលើពិភពលោក ដែលមានមូលធនភារៈបន្ថែមកម្មវិធីផ្សារដល់ទៅ ១.៨១៧ ទ្រីលានដុល្លារអាមេរិក (\$1.817 trillion)⁴⁷។

២.២ ចក្ខុវិស័យ និងបេសកកម្ម

២.២.១ ចក្ខុវិស័យ

ចក្ខុវិស័យរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. គឺ៖ “Apple គឺប្តេជ្ញានឹងនាំមកនូវបទពិសោធន៍កុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួនល្អបំផុតដល់សិស្ស អ្នកអប់រំ អ្នកមានវិជ្ជាជីវៈប្រកបដោយភាពច្នៃប្រឌិត និងអតិថិជនប្រើប្រាស់នៅជុំវិញពិភពលោកតាមរយៈផលិតផលគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច ផ្នែករឹង (Hardware) កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Software) ដែលមានបច្ចេកវិទ្យាថ្មីជឿនលឿន រួមជាមួយនឹងការផ្តល់នូវសេវាកម្មអ៊ិនធឺណេត”⁴⁸។

នៅឆ្នាំ២០០៩ នាយកប្រតិបត្តិរបស់ Apple Inc. លោក Tim Cook ក៏បានកំណត់បញ្ជាក់ចក្ខុវិស័យនាពេលបច្ចុប្បន្នរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដោយលោកបានមានប្រសាសន៍ថា៖

- យើងជឿជាក់ថាយើងគឺនៅលើផ្ទៃនៃផែនដី ដើម្បីផលិតនូវផលិតផលដែលល្អអស្ចារ្យ ហើយនិង មិនផ្លាស់ប្តូរ។
- យើងតែងតែផ្តោតសំខាន់ជានិច្ចទៅលើនវានុវត្តភាព។
- យើងជឿជាក់លើអ្វីដែលសាមញ្ញ មិនមែនភាពស្មុគស្មាញ។

⁴⁵ <https://www.cnbc.com/2019/09/11/apple-touches-1-trillion-market-cap-again-after-iphone-launch.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី ថ្ងៃទី១៦ មិថុនា ២០២០)

⁴⁶ <https://www.forbes.com/sites/niallmcCarthy/2016/10/26/apple-has-experienced-its-first-annual-decline-in-revenue-since-2001-infographic/#2c997fa81d48> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៥ កក្កដា ២០២០)

⁴⁷ <https://emirati.news/apple-leads-saudi-aramco-as-worlds-most-valuable-company/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១ សីហា ២០២០)

⁴⁸ Katherine Johnson, et al., 2012, *The Innovative Success that is Apple Inc.*, page 3

- យើងជឿថាយើងត្រូវធ្វើជាម្ចាស់ និងគ្រប់គ្រងលើបច្ចេកវិទ្យាចម្បងដែលនៅពីក្រោយផលិតផលដែលយើងបានផលិត។
- យើងចូលរួមតែនៅក្នុងទីផ្សារណា ដែលយើងអាចធ្វើការចូលរួមចំណែកខ្លាំងនាំឱ្យមានភាពជោគជ័យ។
- យើងជឿជាក់លើការនិយាយបដិសេធថាទេចំពោះគម្រោងរាប់ពាន់ ដើម្បីឱ្យយើងអាចផ្តោតសំខាន់លើគម្រោងភាគតិច ដែលពិតជាមានសារៈសំខាន់ និងមានអត្ថន័យចំពោះយើង។
- យើងជឿជាក់លើកិច្ចសហការដែលស៊ីជម្រៅ និងការសហការឆ្លងក្រុម ដែលអាចឱ្យយើងបង្កើតថ្មីក្នុងវិធីដែលអ្នកដទៃមិនអាចធ្វើបាន។
- យើងមិនទទួលយកនូវអ្វីដែលមិនដល់ភាពល្អប្រសើរខ្លាំងពីក្នុងក្រុមទាំងអស់នៅក្នុងក្រុមហ៊ុន ហើយយើងមានភាពស្មោះត្រង់ចំពោះខ្លួនឯងហ៊ានទទួលសារភាពនៅពេលយើងធ្វើខុស ព្រមទាំងមានភាពក្លាហានក្នុងការធ្វើការផ្លាស់ប្តូរកែប្រែ។ ហើយខ្ញុំគិតថាមិនថានរណានៅក្នុងការងារណានោះទេ គុណតម្លៃទាំងនោះត្រូវបានបង្កប់យ៉ាងខ្លាំងនៅក្នុងក្រុមហ៊ុននេះដែល Apple នឹងធ្វើបានល្អបំផុត⁴⁹។

២.២.២ បេសកកម្ម

ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានបេសកកម្មដូចតទៅ៖

“ក្រុមហ៊ុន Apple បានរចនា Macs ដែលជាកុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួនល្អបំផុតនៅលើពិភពលោកស្របគ្នាជាមួយនឹងប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការ OS X, iLife, iWork និងកម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Software) ដ៏ជំនាញ។ Apple នាំមុខខាងបដិវត្តតន្ត្រីឌីជីថល (digital music) តាមរយៈ iPods និង ហាងលក់ទិញតាមប្រព័ន្ធអ៊ីនធឺណិត iTunes online store របស់ក្រុមហ៊ុន។ Apple បានបង្កើតកែច្នៃឡើងវិញនូវទូរស័ព្ទចល័តជាមួយនឹងបដិវត្ត iPhone និង App Store របស់ក្រុមហ៊ុន ហើយកំពុងតែកំណត់អនាគតនៃប្រព័ន្ធផ្សព្វផ្សាយចល័តនិងឧបករណ៍ Computing Devices ជាមួយនឹង iPad⁵⁰។

Apple ក៏បានបញ្ជាក់ពីបេសកកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុននៅលើសេចក្តីប្រកាសព័ត៌មានរបស់ក្រុមហ៊ុនថា "Apple បានធ្វើបដិវត្តបច្ចេកវិទ្យាផ្ទាល់ខ្លួនជាមួយនឹងការដាក់ចេញនូវ Macintosh ក្នុងឆ្នាំ ១៩៨៤។ សព្វថ្ងៃនេះ Apple នាំមុខពិភពលោកក្នុងការច្នៃប្រឌិតថ្មីជាមួយ iPhone, iPad, Mac, Apple Watch និង Apple

⁴⁹ <https://www.thebalanceeveryday.com/apple-mission-statement-4068547> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២០ មិថុនា ២០២០)
⁵⁰ <https://www.businessinsider.com/apples-new-mission-statement-2013-8> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២១ មិថុនា ២០២០)

TV ។ ប្រព័ន្ធវេទិកាកម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (Software Platforms) ទាំងបួនរបស់ Apple ដូចជា iOS, macOS និង tvOS បានផ្តល់នូវបទពិសោធន៍យ៉ាងរលូនតាមឧបករណ៍ Apple ទាំងអស់ និង លើកកម្ពស់មនុស្សទូទៅជាមួយនឹងសេវាកម្មឈានមុខគេរួមមាន App Store, Apple Music, Apple Pay និង Cloud។ និយោជិកជាង ១០ ម៉ឺននាក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple គឺប្តេជ្ញាផលិតនូវផលិតផលល្អបំផុតនៅលើពិភពលោក និងដើម្បីធ្វើឱ្យពិភពលោកប្រសើរជាងអ្វីដែលយើងបានរកឃើញ" ⁵¹។

២.៣ យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅ

ក្រុមហ៊ុន Apple បានកំណត់យុទ្ធសាស្ត្រ និងគោលដៅរបស់ក្នុងរបាយការណ៍ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុនដូចខាងក្រោម⁵²៖

“ ក្រុមហ៊ុនប្តេជ្ញានឹងនាំយកបទពិសោធន៍អ្នកប្រើប្រាស់ល្អបំផុតដល់អតិថិជនរបស់ខ្លួនតាមរយៈផលិតផល ផ្នែករឹង (hardware) កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (software) និងសេវាកម្មដ៏ជឿនលឿន។ យុទ្ធសាស្ត្រអាជីវកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន បានបង្កើននូវសមត្ថភាពពិសេសរបស់ Apple ក្នុងការរចនា និងបង្កើតប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់កុំព្យូទ័រ ផ្នែករឹង (hardware) កម្មវិធីអនុវត្តរបស់កុំព្យូទ័រ (software) កម្មវិធីកុំព្យូទ័រ (application software) និងសេវាកម្ម ដើម្បីផ្តល់ឱ្យអតិថិជនរបស់ក្រុមហ៊ុននូវផលិតផលថ្មី និងដំណោះស្រាយដែលងាយស្រួលប្រើ និងមានការរចនាប្រកបដោយភាពច្នៃប្រឌិត។ ក្រុមហ៊ុន Apple ជឿជាក់លើការវិនិយោគដែលបន្តជាប់ជានិច្ចទៅលើការស្រាវជ្រាវ និងអភិវឌ្ឍន៍ (R&D) ហើយការស្វែងយល់ទីផ្សារ និងការផ្សាយពាណិជ្ជកម្ម គឺមានសារៈសំខាន់យ៉ាងខ្លាំងចំពោះការអភិវឌ្ឍ និងការលក់នូវផលិតផល និងបច្ចេកវិទ្យាច្នៃប្រឌិតថ្មី។ ជាផ្នែកមួយនៃយុទ្ធសាស្ត្ររបស់ក្រុមហ៊ុន ក្រុមហ៊ុន Apple បានបន្តពង្រីក platform របស់ក្រុមហ៊ុនសម្រាប់ការរក និងការចែកចាយមាតិកាខ្លីដីថល (digital content) និងកម្មវិធីរបស់ភាគីទីបី តាមរយៈ iTunes Store ។ ជាផ្នែកមួយនៃ iTunes Store របស់ក្រុមហ៊ុន, App Store និង iBook Store អាចឱ្យអតិថិជនរក និងដោនឡូត (download) កម្មវិធី និងសៀវភៅតាមរយៈ កុំព្យូទ័រ Mac ឬកុំព្យូទ័រដែលប្រើប្រព័ន្ធ Window ឬក៏តាមរយៈ ឧបករណ៍ iOS ដូចជា iPhone, iPad និង iPod touch។ នៅខែមករាឆ្នាំ ២០១១ ក្រុមហ៊ុនបានបើកដំណើរការ Mac App Store ដើម្បីឱ្យ

⁵¹ <https://www.thebalanceeveryday.com/apple-mission-statement-4068547> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២១ មិថុនា ២០២០)

⁵² Katherine Johnson, Yang Li, Hang Phan, Jason Singer, Hoang Trinh, 2012, *The Innovative Success that is Apple Inc.*, page 3-4

អតិថិជនអាចរក ដោនឡូត (download) និងតម្លើងដោយងាយនូវកម្មវិធីសំរាប់កុំព្យូទ័រ Mac របស់ពួកគេ ។ ក្រុមហ៊ុនក៏គាំទ្រនូវសហគមន៍សម្រាប់ការអភិវឌ្ឍកម្មវិធីអនុសររបស់កុំព្យូទ័រ (software) ផ្នែករឹង (hardware) របស់ភាគីទីបី ព្រមទាំងមាតិកាឌីជីថល (digital content) ដែលបំពេញបន្ថែមទៅលើការផ្តល់ជូនរបស់ក្រុមហ៊ុន។ យុទ្ធសាស្ត្ររបស់ក្រុមហ៊ុន ក៏មានការ ពង្រីកបណ្តាញចែកចាយរបស់ខ្លួនដើម្បីអាចទៅដល់អតិថិជនបានកាន់តែច្រើនដោយមាន ប្រសិទ្ធភាពព្រមទាំងផ្តល់ឱ្យពួកគេនូវការលក់មួយដែលមានគុណភាពខ្ពស់ ជាមួយនឹងបទ ពិសោធន៍បម្រើបន្ថែមក្រោយពេលផលិតផលបានលក់ហើយ (post-sales support experience) ។

២.៤ ទីតាំងរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានទីស្នាក់ការកណ្តាលមានទីតាំងនៅ 1 Apple Park Way Cupertino រដ្ឋកាលីហ្វ័រញ៉ា សហរដ្ឋអាមេរិក⁵³។

២.៥ រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

រូបសញ្ញា និងអត្ថន័យនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានដូចខាងក្រោម៖

២.៥.១ រូបសញ្ញា

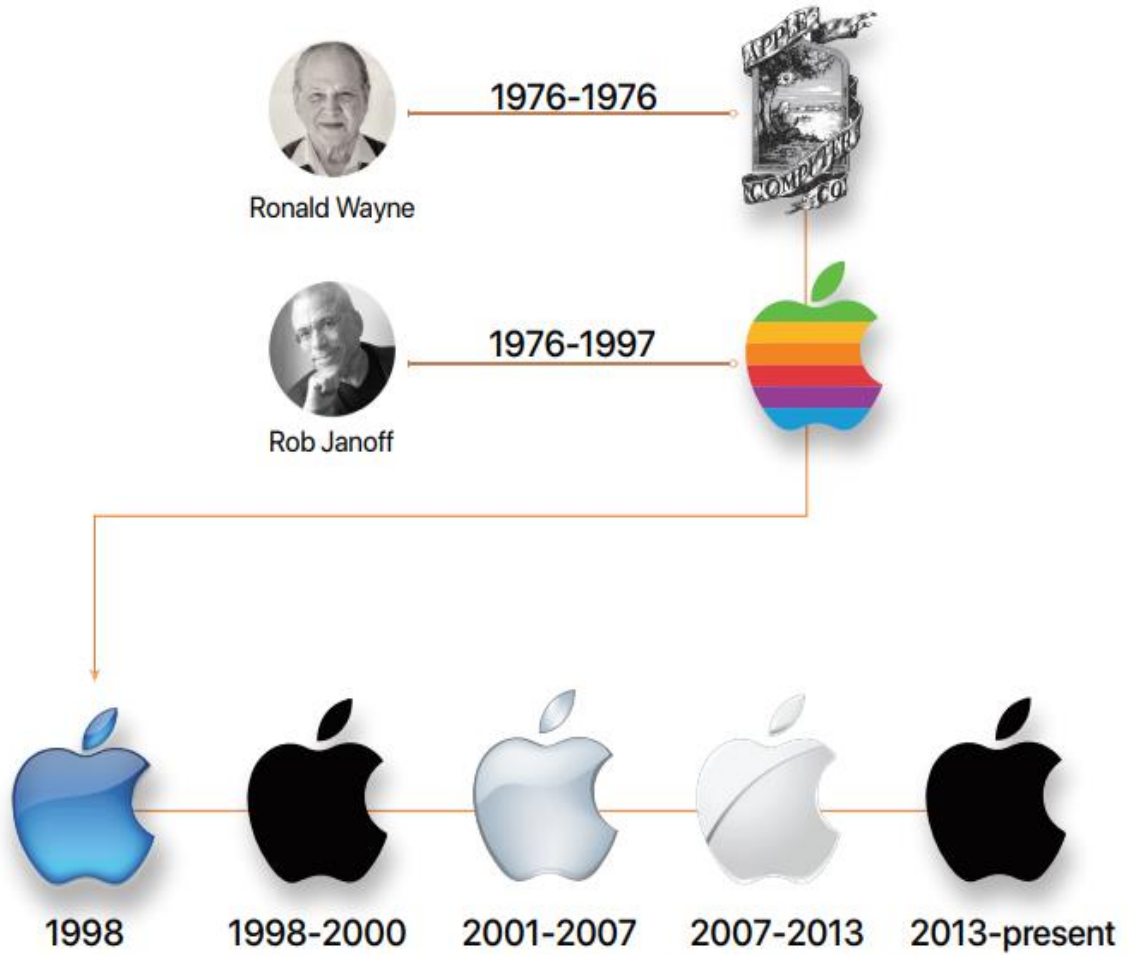
រូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ជារូបសញ្ញាមួយដែលត្រូវបានគេស្គាល់ទូទាំងពិភពលោក ហើយជា តំណាងឱ្យក្រុមហ៊ុនដែលមានតម្លៃជាងគេលើពិភពលោក ប៉ុន្តែរូបសញ្ញានេះមិនបានរក្សាវិចិត្រកម្មរូបសញ្ញាដូច ទៅនឹងកាលពីក្រុមហ៊ុនបានបង្កើតដំបូងនៅឆ្នាំ ១៩៧៦។ វិចិត្រកម្មរូបសញ្ញានេះបានឆ្លងកាត់ការច្រើននៅក្នុង រយៈពេលនៃការវិវត្តរបស់ក្រុមហ៊ុនពីឆ្នាំ ១៩៧៦ មកដល់បច្ចុប្បន្នពី វិចិត្រកម្ម Newton នៅសតវត្សទី ១៩ មក ដល់វិចិត្រកម្មទំនើបហើយមានភាពសាមញ្ញនៅសតវត្សទី២០ (រូបភាពទី.២.១ ប្រវត្តិនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple)។

បច្ចុប្បន្នរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានរាងជារូបផ្លែប៉ោមត្រូវបានខាំមួយចំណិត⁵⁴ ដូចបាន បង្ហាញក្នុងរូបភាពខាងក្រោម (រូបភាពទី ២.២)។

⁵³ <https://www.apple.com/contact/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៤ មិថុនា ២០២០)

⁵⁴ Behrad Rezei, 2017, *The Wishing Apple*, page 1-4

រូបភាពទី២.១៖ ការវិវត្តនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.



រូបភាពទី២.២៖ រូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.



២.៥.២ អត្ថន័យនៃរូបសញ្ញា

យោងតាមលោក Rob Janoff ដែលជាអ្នករចនារូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ហេតុផលនៃការរចនារូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ជារូបផ្លែប៉ោមត្រូវបានខាំមួយចំណិតគឺដើម្បីចែកឱ្យដាច់ពីគ្នារវាងផ្លែប៉ោមនិងផ្លែឆឺរី។ ផ្លែប៉ោមត្រូវបានខាំមួយចំណិត នឹងនៅតែជាផ្លែប៉ោម បើទោះបីជាទំហំត្រូវបានធ្វើឱ្យតូចខ្លាំងក៏ដោយ ខណៈពេលដែលផ្លែប៉ោមពេញមួយនឹងហាក់ដូចជា ផ្លែឆឺរីបើទំហំរបស់វាមានទំហំតូច។

លោក Jean Louis Gassée ដែលជានាយកប្រតិបត្តិនៃក្រុមហ៊ុន Apple Computer ពីឆ្នាំ១៩៨១ ដល់ ១៩៩០ បានពិបាកក្នុងការអត្ថន័យនៃរូបសញ្ញាបច្ចុប្បន្នរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ថា " អាថ៌កំបាំងដ៏ជ្រៅមួយចំពោះរូបខ្ញុំ គឺរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុនជា **និមិត្តសញ្ញានៃការឈ្នក់នឹងអ្វីមួយ និងចំណេះដឹង**ដែលត្រូវបានខាំ ហើយដោយពណ៌នៃឥន្ទនូនៅក្នុងលំដាប់ដែលមិនត្រឹមត្រូវ។ អ្នកមិនអាចប្រាថ្នានូវនិមិត្តសញ្ញាដែលសមស្របជាងនេះទៀតទេ៖ ការឈ្នក់នឹងអ្វីមួយ ចំណេះដឹង សង្ឃឹម និងភាពអនាធិបតេយ្យ" (*"One of the deep mysteries to me is our logo, the symbol of lust and knowledge, bitten into, all crossed with the colors of the rainbow in the wrong order. You couldn't dream of a more appropriate logo: lust, knowledge, hope, and anarchy"*)។ អត្ថន័យនៃរូបសញ្ញារបស់ក្រុមហ៊ុន Apple តំណាងឱ្យការប្រើប្រាស់កុំព្យូទ័ររបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដើម្បីទទួលបានចំណេះដឹង និងដើម្បីធ្វើឱ្យមានការយល់កាន់តែច្បាស់លាស់សម្រាប់មនុស្សជាតិ⁵⁵។

២.៦ បេសសម្ព័ន្ធជាត់តាំងអាជីវកម្ម

ក្រុមហ៊ុនចាត់ចែងការគ្រប់គ្រងអាជីវកម្មទៅភូមិសាស្ត្រ។ ផ្នែកប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មដែលអាចរាយការណ៍បាន (reportable operating segments) របស់ក្រុមហ៊ុនរួមមាន អាមេរិក អឺរ៉ុប ចិន (Greater China) ជប៉ុន និងតំបន់អាស៊ីប៉ាស៊ីហ្វិក។ ចំណែកទីផ្សារអាមេរិកមានអាមេរិកខាងជើង និងអាមេរិកខាងត្បូង។ ចំណែកទីផ្សារអឺរ៉ុប រួមមានបណ្តាប្រទេសនៅអឺរ៉ុប ព្រមទាំង ឥណ្ឌា តំបន់ មជ្ឈិមបូព៌ា និងអាហ្វ្រិក។ ចំណែកទីផ្សារចិន (Greater America) មានប្រទេសចិន ហុងកុង និងតៃវ៉ាន់។ ចំណែកទីផ្សារផ្សេងៗនៃតំបន់អាស៊ីប៉ាស៊ីហ្វិក រួមមានអូស្ត្រាលី និងបណ្តាប្រទេសអាស៊ីនានាតែមិនរាប់បញ្ចូលចិន (Greater China) និងជប៉ុន។ ទោះបីជា ផ្នែកប្រតិបត្តិការអាជីវកម្មដែលអាចរាយការណ៍បាន (reportable operating segments) របស់ក្រុមហ៊ុន Apple ផ្តល់ផលិតផល និងសេវាកម្មស្រដៀងគ្នា ប៉ុន្តែក្រុមហ៊ុន Apple គ្រប់គ្រងផ្នែកនីមួយៗដាច់ដោយឡែកពីគ្នាដើម្បីសម្របតាមទីតាំងរបស់អតិថិជនប្រើប្រាស់ ដៃគូរចកចាយ ព្រមទាំងសក្តានុពលនៃទីផ្សារដែលមានលក្ខណៈពិសេសតាមតំបន់ភូមិសាស្ត្រនីមួយៗ។

⁵⁵ https://www.creativebits.org/interview/interview_rob_janoff_designer_apple_logo/ (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៤ មិថុនា ២០២០)

តារាងទី២.១ : Net Sales by Reportable Segments For 2019, 2018, 2017 (in millions U.S dollars)

	2019	Change	2018	Change	2017
Net sales by reportable segment:					
Americas	\$ 116,914	4 %	\$ 112,093	16%	\$ 96,600
Europe	60,288	(3)%	62,420	14%	54,938
Greater China	43,678	(16)%	51,942	16%	44,764
Japan	21,506	(1)%	21,733	23%	17,733
Rest of Asia Pacific	17,788	2 %	17,407	15%	15,199
Total net sales	\$ 260,174	(2)%	\$ 265,595	16%	\$ 229,234

ប្រភព៖ Annual 10-K Report 2019, Apple Inc.

២.៧ ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ Apple Inc.

ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. រចនា ផលិត និងលក់នូវទូរស័ព្ទឆ្លាតវៃ កុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួន tablet ឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច (Accessories) និងសេវាកម្មដែលពាក់ព័ន្ធផ្សេងៗ⁵⁶។

ផលិតផល និងសេវាកម្មរបស់ក្រុមហ៊ុន មានដូចខាងក្រោម៖

២.៧.១ ផលិតផល

- *iPhone* គឺជាក្រុមផលិតផលនៃទូរស័ព្ទឆ្លាតវៃរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលដំណើរផ្នែកលើប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។
- *iPad* គឺជាក្រុមផលិតផលនៃ tablets របស់ក្រុមហ៊ុន ដែលមានពហុមុខងារ ហើយដំណើរការដោយប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។
- *Mac* គឺជាក្រុមផលិតផលនៃកុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួនរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ដែលដំណើរការដោយផ្អែកលើប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ iOS។
- *ឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច (Accessories)* រួមមានផលិតផលផ្សេងៗទៀតរបស់ Apple និងឧបករណ៍បន្ថែមនៃគ្រឿងអេឡិចត្រូនិច (Accessories) របស់ភាគីទីបីរបស់ Apple ដូចជា, ផលិតផលរបស់ Beats products, HomePod និង iPod។
- *Apple TV* ជាឧបករណ៍ភ្ជាប់ទៅនឹងទូរទស្សន៍សម្រាប់ឱ្យអតិថិជនទទួលបានមាតិកាឌីជីថល (digital content) ដោយផ្ទាល់ដើម្បីមើលវីដេអូមានភាពច្បាស់ មើលរូបថត និងស្តាប់តន្ត្រី ។
- *Apple Watch* ជានាឡិកាដៃឆ្លាតវៃ (smartwatch) ដែលអាចឱ្យអ្នកប្រើប្រាស់ប្រាស្រ័យទាក់ទងក្នុងវិធីថ្មីមួយពីឧបករណ៍អេឡិចត្រូនិចលើកែវរបស់ពួកគេនេះដូចជាការតាមដានសុខភាព និងការធ្វើ

⁵⁶ Apple Inc, 2019, *Annual Report 10-K*, page 1-2

លំហាត់ប្រាណតាមរយៈកម្មវិធីធ្វើសកម្មភាពនានា ព្រមទាំងមានរួមបញ្ចូល Siri និង Apple Pay សំរាប់អ្នកប្រើប្រាស់ផងដែរ។

- iPod ជាក្រុមផលិតផលនៃម៉ាស៊ីនចម្រៀង (portable music player) របស់ Apple ដូចជា iPod touch, iPod nano និង iPod shuffle។
- ប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការកុំព្យូទ័រ ដូចជា
 - iOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់ទូរស័ព្ទចល័ត
 - macOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់កុំព្យូទ័រ
 - watchOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការរបស់នាឡិកាដៃ Apple Watch
 - tvOS ជាប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការសំរាប់ Apple TV
- កម្មវិធីអនុវត្តសរសេរកុំព្យូទ័រ (Application Software) ដែលមាន iWork និងកម្មវិធីអនុវត្តសរសេរកុំព្យូទ័រ (software) ផ្សេងៗដូចជា Final Cut Pro, Logic Pro, និង FileMaker Pro។

២.៧.២ សេវាកម្ម

- ហាងមាតិកាខ្លីដីថល (Digital Content Stores) និងសេវាកម្ម Streaming Services៖ ក្រុមហ៊ុន Apple ធ្វើប្រតិបត្តិការនូវ platform ជាច្រើនរួមមាន App Store, Mac App Store, TV App Store និង Watch App Store ដែលអាចឱ្យអតិថិជនធ្វើការស្វែងរក និងដោនឡូត (download) កម្មវិធី (application) និងមាតិកាខ្លីដីថល (digital content) ដូចជា សៀវភៅ ចម្រៀង វីដេអូ (video)។
- AppleCare ដែលមាន AppleCare+ និង AppleCare Protection Plan ដែលជាសេវាកម្មគិតថ្លៃដើម្បីពង្រីកទៅលើការគ្របដណ្តប់ការផ្តល់ឱ្យរបស់ទូរស័ព្ទ (phone support) និងការជួសជុលផ្នែករឹង (hardware repairs)។
- iCloud ជាសេវាក្លោង (Cloud service) សំរាប់ផ្ទុកតួរតួរនៃ រូបភាព ប្រតិទិន ឯកសារផ្សេងៗថ្មីបានគ្រប់ពេល និងអាចរកបាននៅក្នុងឧបករណ៍ជាច្រើន។
- Apple Pay ជាសេវាកម្មទូទាត់ប្រាក់ដោយមិនប្រើប្រាក់សុទ្ធរបស់ (cashless payment service) របស់ Apple។
- សេវាកម្មផ្សេងទៀតដូចជា Apple Arcade ជាសេវាកម្ម game subscription ប័ណ្ណឥណទាន Apple Card និង Apple News+ ជាសេវាកម្ម subscription news និងសេវាកម្មទស្សនាវដ្តី⁵⁷។

⁵⁷ Apple (2019), Annual 10-K Report, page 9-10

ជំពូកទី៣

ម៉ូដែលព្យាបាលនៃ

ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន

Apple Inc.

ជំពូកទី៣

ម៉ូដែលព្យាករណ៍នៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

បន្ទាប់ពីបានសិក្សាស្រាវជ្រាវពីស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. រួចមក ក្នុងជំពូកទី៣ នេះ គឺជាការបង្ហាញពីលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ក្នុងរយៈពេល ២០ឆ្នាំ កន្លងមកនេះដោយប្រើប្រាស់ម៉ូដែលព្យាករណ៍បែបបរិមាណវិស័យ។ នៅក្នុងការព្យាករណ៍នេះ ចាំបាច់ត្រូវមាន ទិន្នន័យពីការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ រហូតដល់ឆ្នាំ ២០១៩ ដែលបង្ហាញតាមតារាង ការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ការបកស្រាយ ពិពណ៌នា និង ទិន្នន័យតាមក្រាបបន្ទាត់ ការវិភាគទិន្នន័យតាមរង្វាស់ស្ថិតិពណ៌នា និងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យា សម្រាប់ព្យាករណ៍ការលក់។ លើសពីនេះទៅទៀត យើងប្រើតេស្តមួយចំនួន ដើម្បីឲ្យដឹងថាតើម៉ូដែលមួយណា មួយមានភាពប្រសើរជាងគេក្នុងការព្យាករណ៍ការលក់របស់ក្រុមហ៊ុននេះ។

៣.១ ជំហានក្នុងការប្រើប្រាស់ម៉ូដែលគណិតវិទ្យាដើម្បីព្យាករណ៍

ទិន្នន័យការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ដែលយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការពណ៌នា វិភាគ និងការអនុវត្តម៉ូដែលនោះ គឺមានរយៈពេល២០ឆ្នាំ ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ឆ្នាំ ២០១៩។ នៅពេលដែលគេជ្រើស រើសយកវិធីសាស្ត្របរិមាណវិស័យ ចាំបាច់ត្រូវ៖

- ប្រមូលទិន្នន័យ
- កំណត់ប្រភេទទិន្នន័យ
- ធ្វើការព្យាករណ៍តាមប្រភេទម៉ូដែល
- ធ្វើតេស្តទៅលើភាពលម្អៀង
- ជំហានចុងក្រោយ គឺសំរេចចិត្តជ្រើសរើសយកម៉ូដែលល្អប្រសើររំលឹកដើម្បីយកមកធ្វើការ ព្យាករណ៍ពីអនាគត ដោយធ្វើការប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែលនីមួយៗដែលបាន គណនារួច ហើយផ្អែកទៅតាមការប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនោះ ជ្រើសយកម៉ូដែលមានភាព លម្អៀងតូចជាងគេដែលនេះជាម៉ូដែលល្អប្រសើររំលឹកសម្រាប់ធ្វើការព្យាករណ៍។

៣.២. ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc.

ទិន្នន័យការលក់ដែលយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការបកស្រាយ និងអនុវត្តម៉ូដែលនោះគឺ Time Series data ដែលជាការប្រមូលទិន្នន័យពីក្រុមហ៊ុនតែមួយ តែជាទិន្នន័យច្រើនឆ្នាំដែលមានរយៈពេល២០ឆ្នាំ ពីឆ្នាំ 2000 ដល់ 2019 ដូចខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៖ Net Sales របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ពីឆ្នាំ ២០០០ រហូតដល់ ២០១៩

Year	Net Sales (in millions USD)
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

ប្រភព៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. (មើលក្នុងឧបសម្ព័ន្ធទី១ រហូតដល់ទី ៧)

៣.៣ ប្រភេទទិន្នន័យ ការពណ៌នា និងការវិភាគទិន្នន័យ

៣.៣.១ ប្រភេទទិន្នន័យ

ដើម្បីអាចសន្និដ្ឋានបានថាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ដែលយកមកព្យាករណ៍ជាទិន្នន័យប្រភេទណាមួយ យើងត្រូវធ្វើការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Coefficient ឬ ACF ហើយវិភាគទៅលើ ACF។

ការគណនាមេគុណទំនាក់ទំនង ACF ដោយផ្អែកលើរូបមន្ត៖

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

ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. មានតម្លៃមេគុណទំនាក់ទំនង ACF និងក្រាប Autocorrelation Function (ACF) ដូចខាងក្រោម៖

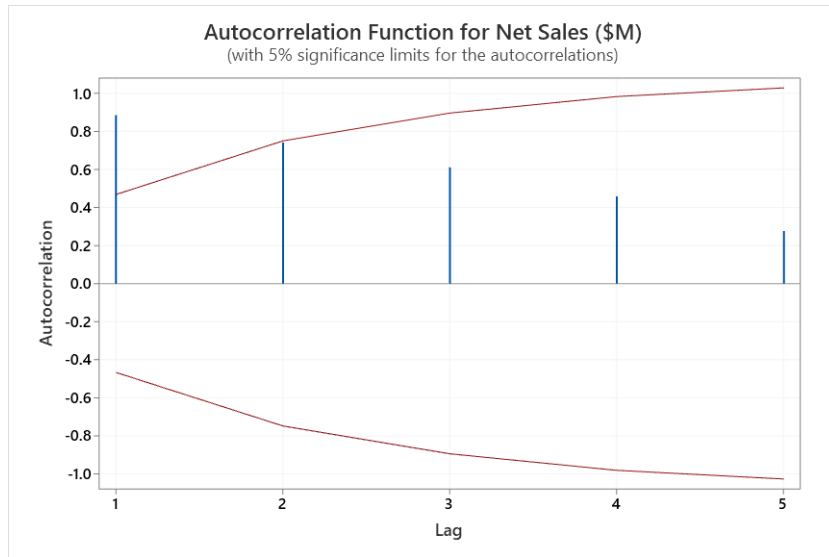
តារាងទី៣.២៖ មេគុណទំនាក់ទំនង Autocorrelation Function សម្រាប់ការលក់របស់ Apple Inc.

Autocorrelations

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.884405	3.96	18.11
2	0.741354	2.07	31.55
3	0.610195	1.43	41.19
4	0.457571	0.97	46.94
5	0.275559	0.56	49.17

ប្រភព៖ Minitab Output

រូបភាពទី៣.១៖ ក្រាបបង្ហាញពីទំនាក់ទំនងការលក់របស់ Apple Inc. (Autocorrelation Function)



ប្រភព៖ Minitab Output

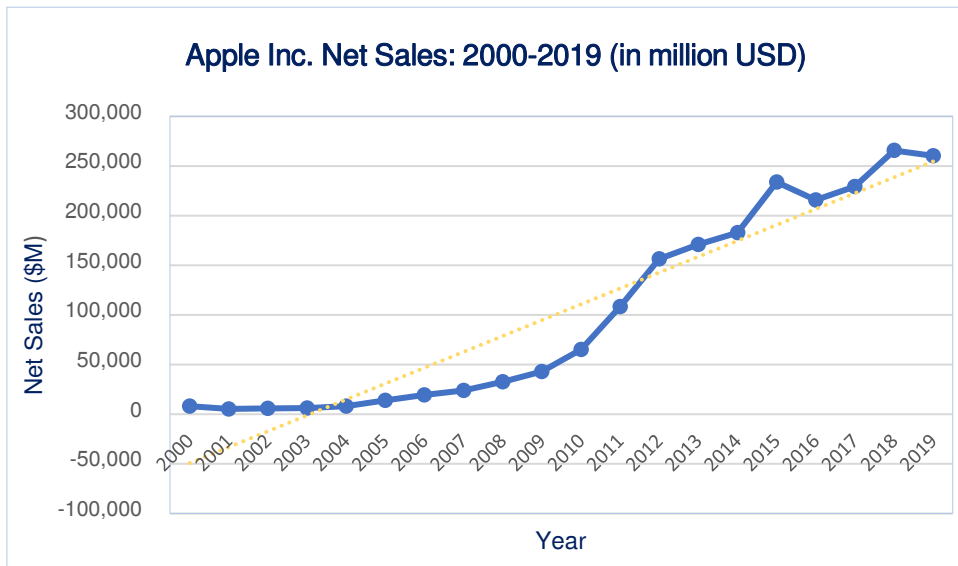
យោងតាមតារាងទី ៣.២ និង ក្រាបទី ៣.១ ដោយមេគុណទំនាក់ទំនង ACF នៅ lag 1 ធំហើយនៅ lag បន្តបន្ទាប់កាន់តែតូចទៅៗ នាំឱ្យយើងសន្និដ្ឋានបានថា ទិន្នន័យពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ជា Trend ។

៣.៣.២ ការពណ៌នាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ដោយប្រើក្រាម

បន្ទាប់ពីបានពិនិត្យមើលទិន្នន័យពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. និងកំណត់បានពី ទិន្នន័យនៃការលក់នេះជាប្រភេទ Trend យើងខ្ញុំបានយកទិន្នន័យទៅសង់ជាក្រាបបន្ទាត់ដើម្បីកំណត់ឱ្យឃើញ ថាទិន្នន័យជា Trend នេះមានលំនាំ (pattern) កើន (upward pattern) ឬ ចុះ (downward pattern) ហើយ បានរូបដូចខាងក្រោម (ក្រាបទី៣.២) ៖

- ក្រាបបន្ទាត់

រូបភាពទី៣.២៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០១៩



ប្រភព៖ Excel Output

តាមក្រាប (រូបភាពទី ៣.១) យើងឃើញថា ចាប់តាំងពីឆ្នាំ 2001 រហូតដល់ឆ្នាំ 2015 ប្រាក់ចំណូលនៃការលក់របស់ ក្រុមហ៊ុន Apple.Inc មានការកើនឡើងពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំ រហូតដល់បានឈានដល់កម្រិតកំពូលនៅឆ្នាំ 2015 បន្ទាប់មកបានធ្លាក់ចុះម្តងទៀតនៅឆ្នាំ 2016។ ការកើនឡើងប្រាក់ចំណូលខ្លាំងនៅឆ្នាំ 2014 និង 2015 នោះគឺបានមក ដោយសារការលក់ចេញនូវផលិតផលទូរស័ព្ទ Iphone ម៉ូដែលថ្មីជំនាន់ទី 6 គឺ Iphone 6, Iphone 6plus នៅឆ្នាំ 2014, Iphone 6s និង Iphone 6s plus ក្នុងឆ្នាំ 2015។ ប៉ុន្តែ ដោយឡែកនៅឆ្នាំ 2016 ប្រាក់ចំណូលរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple.Inc បានធ្លាក់ចុះបន្តិចព្រោះតែការថយចុះបរិមាណលក់នៃទូរស័ព្ទ Iphone និងការចុះខ្សោយនៃរូបិយប័ណ្ណបរទេស (Pratap, 2019)។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ក្រុមហ៊ុន Apple.Inc នៅតែអាចធ្វើឲ្យប្រាក់ចំណូលរបស់លក្ខណៈក្រុមហ៊ុនងើបឡើងមកវិញនៅឆ្នាំបន្ទាប់ គឺឆ្នាំ 2017 រហូតដល់ 2018។ ចំពោះហេតុផលនៃភាពជោគជ័យឡើងវិញនេះ គឺដោយសារកំណើននៃការលក់ទូរស័ព្ទ iPhone ការរកលក់ម៉ូស៊ីហ្វូន និងការលក់កុំព្យូទ័រ Mac។

ផ្អែកទៅតាមក្រាបទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. (រូបភាពទី ៣.១) យើងសង្កេតឃើញថា ប្រភេទទិន្នន័យនេះជា Trend ដែលមានលំនាំ (Pattern) កើនឡើង (Upward Trend) ។

៣.៣.២ ការវិភាគទិន្នន័យនៃការលក់របស់ Apple ដោយប្រើស្ថិតិពណ៌នា

(Descriptive Statistical Analysis of Data)

តារាងខាងក្រោម (តារាងទី៣.៣) បង្ហាញពីទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមស្ថិតិពណ៌នា (descriptive data) ដែលរួមមាន៖

តារាងទី៣.៣៖ ទិន្នន័យនៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ Apple Inc. តាមស្ថិតិពណ៌នា (Descriptive Data)

រង្វាស់ស្ថិតិនៃទិន្នន័យ (Statistical Measures of Data)	ស្ថិតិ (លានដុល្លារអាមេរិក)
មធ្យម Mean	102712.70
មេដ្យាន Median	54065
ម៉ូតូ Mode	#N/A
ស្តង់ដារកំហុស Standard Error	22258.48
គំលាតគំរូ Standard Deviation	99542.95
វ៉ារ្យង់គំរូ Sample Variance	9908798441.69
វែង Range	260232
តំលៃអប្បបរមា Minimum	5363
តំលៃអតិបរមា Maximum	265595
រង្វាស់ Kurtosis	-1.54
ភាពជំរាល Skewness	0.48
ផលបូក Sum	2054254
ចំនួនទិន្នន័យ Count	20

ប្រភព៖ Excel Output (មើលឧបសម្ព័ន្ធទី៨)

យោងតាមតារាងខាងលើ (តារាងទី ៣.២) យើងឃើញថា៖

- ចាប់តាំងពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០១៩ ក្រុមហ៊ុន Apple មានការលក់ប្រចាំឆ្នាំបានតិចបំផុត 5363 លានដុល្លារអាមេរិក និងច្រើនបំផុតគឺ 265595 លានដុល្លារអាមេរិក។
- នៅក្នុងការលក់រយៈពេល២០ឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្រុមហ៊ុន Apple មានការលក់ជាមធ្យមប្រចាំឆ្នាំគឺ 102712.7 លានដុល្លារអាមេរិក។

- មេដ្យាននៃការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple គឺ 54065 លានដុល្លារអាមេរិក។
- រង់នៃសំនុំការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្នុងរយៈពេល២០ឆ្នាំគឺ 260232 លានដុល្លារអាមេរិក។
- រ៉ាងរង់នៃសំនុំការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្នុងរយៈពេល២០ឆ្នាំ គឺ 9908798441.69 លានដុល្លារអាមេរិក។
- គំលាតស្តង់ដារនៃសំនុំការលក់ប្រចាំឆ្នាំរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ក្នុងរយៈពេល២០ឆ្នាំ គឺ 99542.95 លានដុល្លារអាមេរិក។

៣.៤ ការអនុវត្តទិន្នន័យនៃការលក់របស់ Apple Inc. ជាមួយម៉ូដែលព្យាករណ៍

ដោយហេតុថា ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ពីឆ្នាំ ២០០០ ដល់ ២០១៩ ជា Trend ដូចនេះហើយម៉ូដែលដែលអាចយកប្រើប្រាស់ដើម្បីព្យាករណ៍រួមមាន៖

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

៣.៤.១ Absolute Change Model (ACM)

ម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលយើងខ្ញុំបានយកមកប្រើប្រាស់គឺ Absolute Change Model (ACM) ដែលជាម៉ូដែលរបស់ម៉ូដែល Naive។ តាមរយៈម៉ូដែលនេះ យើងគណនាទិន្នន័យនៃការលក់ក្នុងរយៈពេល ២០ឆ្នាំ របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមរូបមន្តខាងក្រោម

រូបមន្តរបស់ ACM៖

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

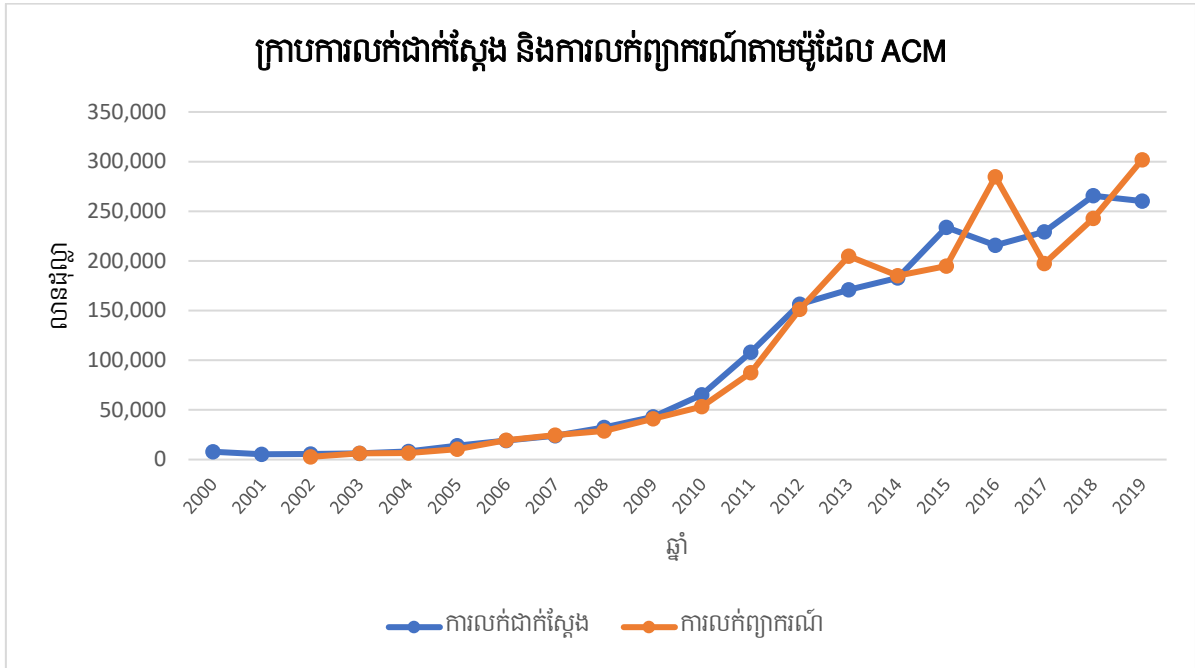
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល ACM បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល ACM

	Net Sales (\$M)	ACM					
Year	Y_t	\hat{Y}_{t+1}	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$	e_t/y_t
2000	7,983						
2001	5,363						
2002	5,742	2,743	2,999	8,994,001	2,999	0.52	0.52
2003	6,207	6,121	86	7,396	86	0.01	0.01
2004	8,279	6,672	1,607	2,582,449	1,607	0.19	0.19
2005	13,931	10,351	3,580	12,816,400	3,580	0.26	0.26
2006	19,315	19,583	-268	71,824	268	0.01	-0.01
2007	24,006	24,699	-693	480,249	693	0.03	-0.03
2008	32,479	28,697	3,782	14,303,524	3,782	0.12	0.12
2009	42,905	40,952	1,953	3,814,209	1,953	0.05	0.05
2010	65,225	53,331	11,894	141,467,236	11,894	0.18	0.18
2011	108,249	87,545	20,704	428,655,616	20,704	0.19	0.19
2012	156,508	151,273	5,235	27,405,225	5,235	0.03	0.03
2013	170,910	204,767	-33,857	1,146,296,449	33,857	0.20	-0.20
2014	182,795	185,312	-2,517	6,335,289	2,517	0.01	-0.01
2015	233,715	194,680	39,035	1,523,731,225	39,035	0.17	0.17
2016	215,639	284,635	-68,996	4,760,448,016	68,996	0.32	-0.32
2017	229,234	197,563	31,671	1,003,052,241	31,671	0.14	0.14
2018	265,595	242,829	22,766	518,290,756	22,766	0.09	0.09
2019	260,174	301,956	-41,782	1,745,735,524	41,782	0.16	-0.16
		Total	-2,801	11,344,487,629	293,425	2.68	1.21

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៣៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល ACM



ប្រភព៖ Excel Output

បន្ទាប់យើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាងគឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE ទៅការលក់ដែលបានព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល ACM។ តារាងខាងក្រោម (តារាងទី ៣.៥) បង្ហាញពីតម្លៃនៃភាពលម្អៀងក្នុងម៉ូដែល ACM តាមវិធីសាស្ត្រទាំង ៥ ។

តារាងទី៣.៥៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល ACM

Forecast Error Measures	
MSE	630,249,312.722
RMSE	25,104.767
MAD	16,301.389
MAPE	0.149
MPE	0.067

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.៥ ខាងលើដែលបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់លម្អៀងរបស់ម៉ូដែល ACM យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 630,249,312.722
- RMSE មានលម្អៀង 25,104.767
- MAD មានលម្អៀង 16,301.389
- MAPE មានលម្អៀង 0.149
- MPE មានលម្អៀង 0.067។

៣.៤.២ Relative Change Model (RCM)

ម៉ូដែលព្យាករណ៍មួយទៀតដែលបានយកមកប្រើប្រាស់នៅក្នុងម៉ូដែល Naive គឺ Relative Change Model (RCM) ។ តាមរយៈម៉ូដែលនេះ យើងគណនាទិន្នន័យនៃការលក់ក្នុងរយៈពេល ២០ឆ្នាំ របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមរូបមន្តខាងក្រោម។

រូបមន្តរបស់ RCM៖

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

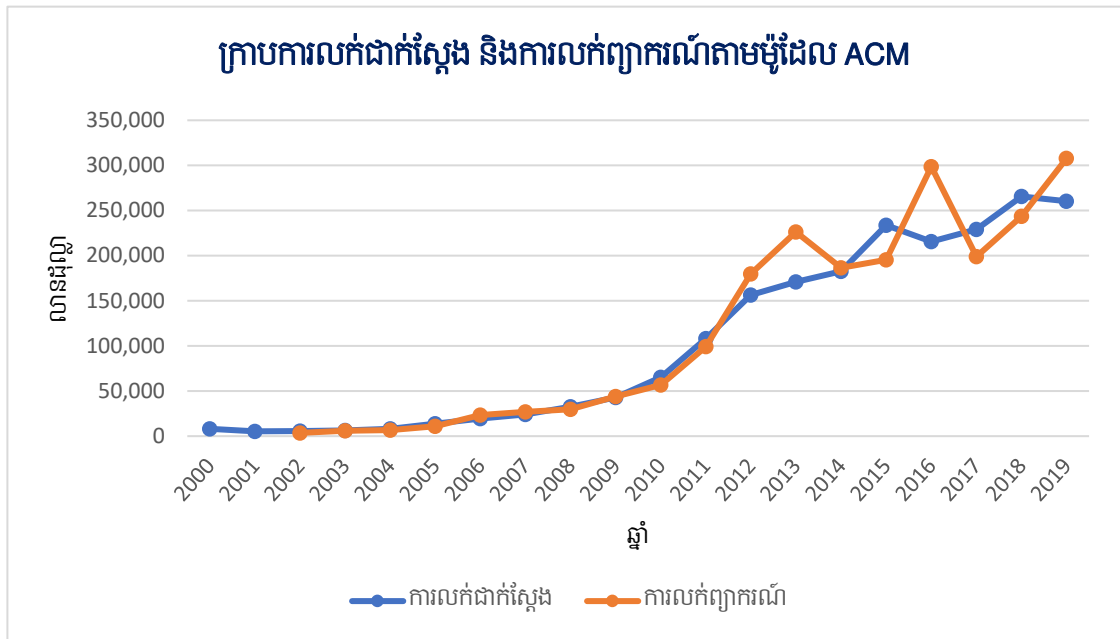
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល RCM បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៦៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល RCM

Year	Y_t	RCM					
		\hat{Y}_{t+1}	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$	e_t/y_t
2000	7,983						
2001	5,363						
2002	5,742	3,602.88	2,139.12	4,575,846.19	2,139.12	0.37	0.37
2003	6,207	6,147.78	59.22	3,506.57	59.22	0.01	0.01
2004	8,279	6,709.66	1,569.34	2,462,838.27	1,569.34	0.19	0.19
2005	13,931	11,042.67	2,888.33	8,342,461.07	2,888.33	0.21	0.21
2006	19,315	23,441.57	-4,126.57	17,028,582.93	4,126.57	0.21	-0.21
2007	24,006	26,779.79	-2,773.79	7,693,899.22	2,773.79	0.12	-0.12
2008	32,479	29,836.29	2,642.71	6,983,890.24	2,642.71	0.08	0.08
2009	42,905	43,942.57	-1,037.57	1,076,560.63	1,037.57	0.02	-0.02
2010	65,225	56,677.82	8,547.18	73,054,228.47	8,547.18	0.13	0.13
2011	108,249	99,156.29	9,092.71	82,677,374.06	9,092.71	0.08	0.08
2012	156,508	179,652.68	-23,144.68	535,676,175.40	23,144.68	0.15	-0.15
2013	170,910	226,281.57	-55,371.57	3,066,011,166.39	55,371.57	0.32	-0.32
2014	182,795	186,637.28	-3,842.28	14,763,149.07	3,842.28	0.02	-0.02
2015	233,715	195,506.48	38,208.52	1,459,891,211.54	38,208.52	0.16	0.16
2016	215,639	298,819.45	-83,180.45	6,918,987,136.84	83,180.45	0.39	-0.39
2017	229,234	198,961.04	30,272.96	916,452,403.16	30,272.96	0.13	0.13
2018	265,595	243,686.10	21,908.90	479,999,932.11	21,908.90	0.08	0.08
2019	260,174	307,723.57	-47,549.57	2,260,961,266.85	47,549.57	0.18	-0.18
		Total	-103,697.49	15,856,641,629.00	338,355.48	2.87	0.04

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៤៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និងការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល RCM



ប្រភព៖ Excel Output

បន្ទាប់មកយើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាងគឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE បានតម្លៃដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៧៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល RCM

Forecast Error Measures	
MSE	834,560,085.737
RMSE	28,888.754
MAD	17,808.183
MAPE	0.143
MPE	0.002

ប្រភព៖ Excel Output

យោងតាមរយៈតារាងទី ៣.៧ ខាងលើដែលបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់លម្អៀងរបស់ម៉ូដែល RCM យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 834,560,085.737
- RMSE មានលម្អៀង 28,88.754
- MAD មានលម្អៀង 17,808.183
- MAPE មានលម្អៀង 0.143
- MPE មានលម្អៀង 0.002។

៣.៤.៣ Double Moving Average (DMA)

ដើម្បីព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA យើងគណនាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមការគណនាតាមរូបមន្ត និង ជំហាននៃការរក Double Moving Average ដូចតទៅ៖

- 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:

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

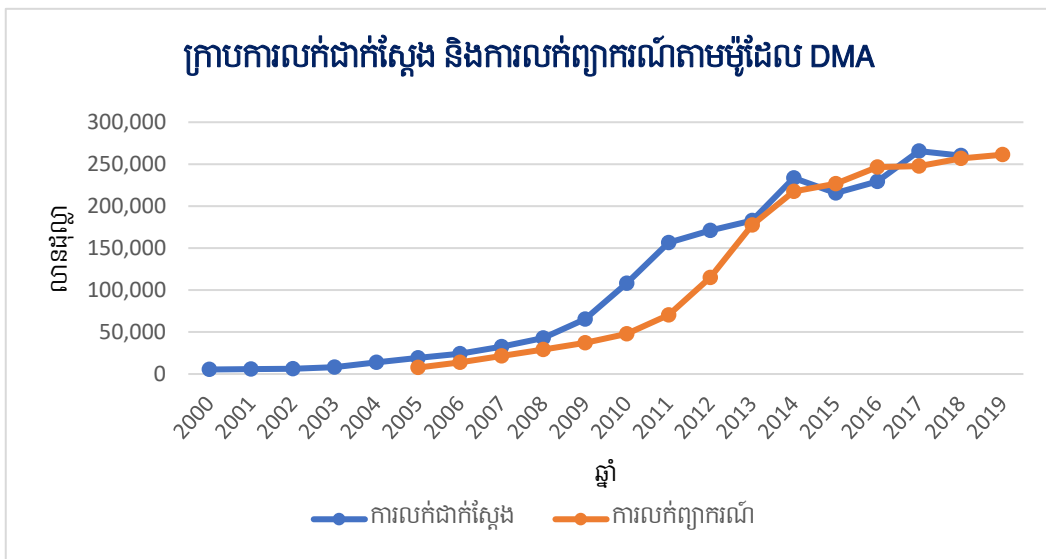
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DMA បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣. ៨៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DMA

Year	Net Sales (\$M)					DMA(3)						
	Y_t	M_t	M'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_{t+p}	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$	e_t/y_t	
2000	7,983.00											
2001	5,363.00											
2002	5,742.00	6,362.67										
2003	6,207.00	5,770.67										
2004	8,279.00	6,742.67	6,292.00	7,193.33	450.67							
2005	13,931.00	9,472.33	7,328.56	11,616.11	2,143.78	7,644.00	6,287.00	39,526,369.00	6,287.00	0.45	0.45	
2006	19,315.00	13,841.67	10,018.89	17,664.44	3,822.78	13,759.89	5,555.11	30,859,259.46	5,555.11	0.29	0.29	
2007	24,006.00	19,084.00	14,132.67	24,035.33	4,951.33	21,487.22	2,518.78	6,344,241.49	2,518.78	0.10	0.10	
2008	32,479.00	25,266.67	19,397.44	31,135.89	5,869.22	28,986.67	3,492.33	12,196,392.11	3,492.33	0.11	0.11	
2009	42,905.00	33,130.00	25,826.89	40,433.11	7,303.11	37,005.11	5,899.89	34,808,688.90	5,899.89	0.14	0.14	
2010	65,225.00	46,869.67	35,088.78	58,650.56	11,780.89	47,736.22	17,488.78	305,857,348.16	17,488.78	0.27	0.27	
2011	108,249.00	72,126.33	50,708.67	93,544.00	21,417.67	70,431.44	37,817.56	1,430,167,508.20	37,817.56	0.35	0.35	
2012	156,508.00	109,994.00	76,330.00	143,658.00	33,664.00	114,961.67	41,546.33	1,726,097,813.44	41,546.33	0.27	0.27	
2013	170,910.00	145,222.33	109,114.22	181,330.44	36,108.11	177,322.00	-6,412.00	41,113,744.00	6,412.00	0.04	-0.04	
2014	182,795.00	170,071.00	141,762.44	198,379.56	28,308.56	217,438.56	-34,643.56	1,200,175,941.53	34,643.56	0.19	-0.19	
2015	233,715.00	195,806.67	170,366.67	221,246.67	25,440.00	226,688.11	7,026.89	49,377,167.46	7,026.89	0.03	0.03	
2016	215,639.00	210,716.33	192,198.00	229,234.67	18,518.33	246,686.67	-31,047.67	963,957,605.44	31,047.67	0.14	-0.14	
2017	229,234.00	226,196.00	210,906.33	241,485.67	15,289.67	247,753.00	-18,519.00	342,953,361.00	18,519.00	0.08	-0.08	
2018	265,595.00	236,822.67	224,578.33	249,067.00	12,244.33	256,775.33	8,819.67	77,786,520.11	8,819.67	0.03	0.03	
2019	260,174.00	251,667.67	238,228.78	265,106.56	13,438.89	261,311.33	-1,137.33	1,293,527.11	1,137.33	0.004	-0.004	
						Total	44,692.78	6,262,515,487.42	228,211.89	2.49	1.58	

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៥៖ ការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DMA



ប្រភព៖ Excel Output

ហើយយើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាងគឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE បានតម្លៃដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.៩៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល DMA

Forecast Error Measures	
MSE	417,501,032.495
RMSE	20,432.842
MAD	15,214.126
MAPE	0.166
MPE	0.105

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.៩ ខាងលើដែលបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់លម្អៀងរបស់ម៉ូដែល DMA យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 834,560,085.737
- RMSE មានលម្អៀង 28,888.754
- MAD មានលម្អៀង 17,808.183
- MAPE មានលម្អៀង 0.143
- MPE មានលម្អៀង 0.002។

៣.៤.៤ Double Exponential Smoothing (DES)

ដើម្បីអាចគណនាតាមម៉ូដែល DES ជាដំបូងមុន យើងត្រូវរកតម្លៃ α ដែលល្អជាងគេជាមុនសិន។ ការគណនារកតម្លៃ α គឺធ្វើឡើងដោយប្រើប្រាស់មុខងារ Solver របស់កម្មវិធី Excel។ លទ្ធផលនៃការគណនាតាម Solver បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១០៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α ក្នុងម៉ូដែល DES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report
 Worksheet: [NEW DES.xlsx]Sheet1
 Report Created: 8/14/2020 3:54:54 PM
 Result: Solver has converged to the current solution. All Constraints are satisfied.

Solver Engine
 Engine: GRG Nonlinear
 Solution Time: 0.14 Seconds.
 Iterations: 6 Subproblems: 0

Solver Options
 Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0.000001, Use Automatic Scaling
 Convergence 0.0001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Forward, Require Bounds
 Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume NonNegative

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$I\$22	Square Error	349,774,273.7110	346,876,606.1546

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$25	Alpha Net S _t	0.60	0.56	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$25	Alpha Net S _t	0.56	\$B\$25<=1	Not Binding	0.4415365
\$B\$25	Alpha Net S _t	0.56	\$B\$25>=0	Not Binding	0.56

ប្រភព៖ Excel Output

បន្ទាប់ពីកំណត់បានតម្លៃ $\alpha = 0.56$ យើងគណនាតម្លៃព្យាករណ៍ទៅអនាគតនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមម៉ូដែល DES ដោយប្រើវិធីដូចខាងក្រោម៖

- កំណត់ $S_1 = Y_1 = 7,983$; $S'_1 = Y'_1 = 7,983$
- គណនា exponential smoothing ទី១
- គណនា exponential smoothing ទី២
- រកមេគុណ coefficient of linear equation

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

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

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

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

- បង្កើតសមីការព្យាករណ៍

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

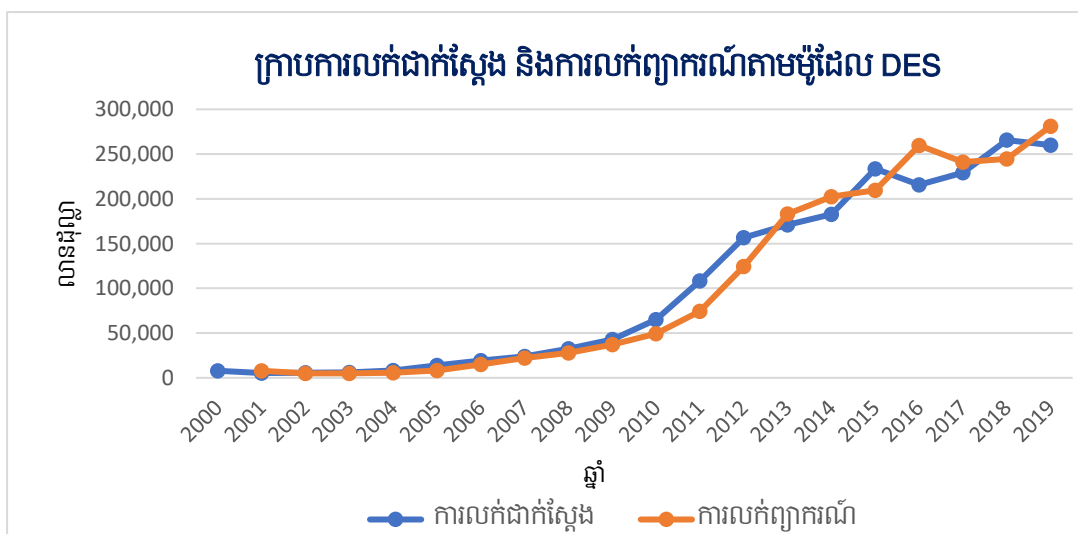
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DES បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១១៖ ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES

Year	Net Sales (\$M)					DES				
	Y_t	S_t	S'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_{t+p}	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$
2000	7,983	7,983.00	7,983.00	7,983.00	0					
2001	5,363	6,519.83	7,165.87	5,873.78	-817.13	7,983.00	-2,620.00	6,864,400.00	2,620.00	0.49
2002	5,742	6,085.44	6,562.49	5,608.39	-603.38	5,056.65	685.35	469,702.89	685.35	0.12
2003	6,207	6,153.33	6,333.99	5,972.67	-228.50	5,005.01	1,201.99	1,444,788.87	1,201.99	0.19
2004	8,279	7,340.44	6,896.05	7,784.82	562.07	5,744.16	2,534.84	6,425,395.49	2,534.84	0.31
2005	13,931	11,021.03	9,199.70	12,842.35	2,303.65	8,346.89	5,584.11	31,182,301.39	5,584.11	0.40
2006	19,315	15,652.91	12,803.58	18,502.23	3,603.88	15,146.00	4,169.00	17,380,564.35	4,169.00	0.22
2007	24,006	20,317.80	17,000.00	23,635.61	4,196.42	22,106.12	1,899.88	3,609,559.72	1,899.88	0.08
2008	32,479	27,109.39	22,645.72	31,573.05	5,645.72	27,832.03	4,646.97	21,594,340.15	4,646.97	0.14
2009	42,905	35,930.66	30,064.88	41,796.45	7,419.15	37,218.78	5,686.22	32,333,140.72	5,686.22	0.13
2010	65,225	52,290.48	42,477.06	62,103.90	12,412.19	49,215.60	16,009.40	256,300,979.70	16,009.40	0.25
2011	108,249	83,541.27	65,409.93	101,672.62	22,932.86	74,516.08	33,732.92	1,137,909,663.90	33,732.92	0.31
2012	156,508	124,290.53	98,292.59	150,288.46	32,882.67	124,605.48	31,902.52	1,017,770,980.09	31,902.52	0.20
2013	170,910	150,325.80	127,351.24	173,300.36	29,058.65	183,171.13	-12,261.13	150,335,221.61	12,261.13	0.07
2014	182,795	168,458.66	150,308.24	186,609.09	22,957.00	202,359.01	-19,564.01	382,750,470.73	19,564.01	0.11
2015	233,715	204,901.95	180,796.83	229,007.06	30,488.59	209,566.09	24,148.91	583,169,993.75	24,148.91	0.10
2016	215,639	210,898.20	197,607.35	224,189.05	16,810.52	259,495.66	-43,856.66	1,923,406,246.48	43,856.66	0.20
2017	229,234	221,138.07	210,748.40	231,527.75	13,141.05	240,999.57	-11,765.57	138,428,575.01	11,765.57	0.05
2018	265,595	245,965.64	230,415.95	261,515.34	19,667.55	244,668.80	20,926.20	437,905,708.07	20,926.20	0.08
2019	260,174	253,900.49	243,531.21	264,269.78	13,115.26	281,182.89	-21,008.89	441,373,484.00	21,008.89	0.08
						Total	42,052.07	6,590,655,516.94	264,204.57	3.54
$\alpha =$	0.56									

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៦៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល DES



ប្រភព៖ Excel Output

ហើយយើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាងគឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE បានតម្លៃដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១២៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល DES

Forecast Error Measures	
MSE	346,876,606.155
RMSE	18,624.624
MAD	13,905.504
MAPE	0.186
MPE	0.081

ប្រភព៖ Excel Output

យោងតាមតារាងខាងលើ យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 346,876,606.15
- RMSE មានលម្អៀង 18,624.62
- MAD មានលម្អៀង 13,905.50
- MAPE មានលម្អៀង 0.19
- MPE មានលម្អៀង 0.08។

៣.៤.៥ Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)

ដើម្បីអាចគណនាតាមម៉ូដែល HES ស្រដៀងគ្នាទៅនឹងជំហានដំបូងក្នុងការព្យាករណ៍តាម DES ចាំបាច់ត្រូវកតតម្លៃ α និង β ដែលល្អជាងគេជាមុនសិន។ ការគណនាកតតម្លៃ α និង β គឺធ្វើឡើងដោយប្រើប្រាស់មុខងារ Solver របស់កម្មវិធី Excel។ លទ្ធផលនៃការគណនាតាម Solver បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៣៖ តារាងកំណត់តម្លៃ α និង β ក្នុងម៉ូដែល HES

Microsoft Excel 16.0 Answer Report
 Worksheet: [Book1]Beta
 Report Created: 8/12/2020 5:09:47 PM
 Result: Solver has converged to the current solution. All Constraints are satisfied.

Solver Engine
 Engine: GRG Nonlinear
 Solution Time: 0.141 Seconds.
 Iterations: 8 Subproblems: 0

Solver Options
 Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0.000001, Use Automatic Scaling
 Convergence 0.0001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Forward, Require Bounds
 Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume NonNegative

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$G\$22	Square Error	383,524,341	345,197,310

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$B\$25	Alpha Net S:	0.60	0.72	Contin
\$B\$26	Beta Net Sale	0.40	0.53	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$25	Alpha Net S:	0.72	\$B\$25<=1	Not Binding	0.28116828
\$B\$26	Beta Net Sale	0.53	\$B\$26<=1	Not Binding	0.46880411
\$B\$25	Alpha Net S:	0.72	\$B\$25>=0	Not Binding	0.72
\$B\$26	Beta Net Sale	0.53	\$B\$26>=0	Not Binding	0.53

ប្រភព៖ Excel Output

តាមការធ្វើតេស្ត Solver នៅក្នុងកម្មវិធី Excel បានបង្ហាញថា Alpha=0.72 និង Beta=0.531។ វាជាតម្លៃដែលល្អជាងគេសម្រាប់យកប្រើប្រាស់ក្នុងការគណនាម៉ូដែលនេះ ដើម្បីឲ្យបានលម្អៀងតូច។

បន្ទាប់ពីរកឃើញតម្លៃ α និង β ហើយ យើងធ្វើការគណនាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. តាមរូបមន្ត និង ជំហាននៃការរក HOLT'S Method (HES) ដូចជា៖

- 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

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

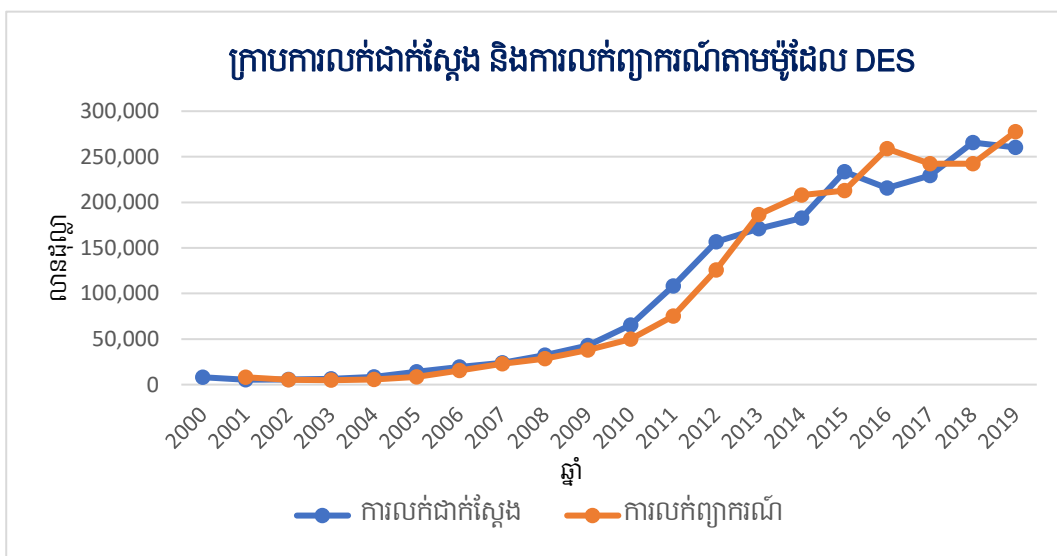
លទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល DES បានបង្ហាញក្នុងតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៤៖ ការព្យាករណ៍ការលក់តាមម៉ូដែល HES

Year	Net Sales (\$M)			HES					
	Y_t	L_t	T_t	\hat{Y}_{t+p}	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$	e_t/y_t
2000	7,983	7,983.00	0.00						
2001	5,363	6,099.66	-1,000.43	7,983.00	-2,620.00	6,864,400.00	2,620.00	0.49	-0.49
2002	5,742	5,561.28	-754.99	5,099.24	642.76	413,142.51	642.76	0.11	0.11
2003	6,207	5,813.16	-220.14	4,806.28	1,400.72	1,962,007.78	1,400.72	0.23	0.23
2004	8,279	7,523.79	805.48	5,593.02	2,685.98	7,214,480.70	2,685.98	0.32	0.32
2005	13,931	12,355.96	2,944.46	8,329.26	5,601.74	31,379,447.23	5,601.74	0.40	0.40
2006	19,315	18,186.22	4,477.39	15,300.42	4,014.58	16,116,862.73	4,014.58	0.21	0.21
2007	24,006	23,628.56	4,989.97	22,663.61	1,342.39	1,802,004.34	1,342.39	0.06	0.06
2008	32,479	31,393.55	6,464.06	28,618.53	3,860.47	14,903,222.14	3,860.47	0.12	0.12
2009	42,905	41,485.83	8,391.36	37,857.61	5,047.39	25,476,129.33	5,047.39	0.12	0.12
2010	65,225	60,909.67	14,251.79	49,877.19	15,347.81	235,555,281.84	15,347.81	0.24	0.24
2011	108,249	98,945.80	26,886.00	75,161.46	33,087.54	1,094,785,240.73	33,087.54	0.31	0.31
2012	156,508	147,882.79	38,599.45	125,831.80	30,676.20	941,029,526.74	30,676.20	0.20	0.20
2013	170,910	175,288.44	32,653.32	186,482.24	-15,572.24	242,494,733.96	15,572.24	0.09	-0.09
2014	182,795	189,865.50	23,051.24	207,941.75	-25,146.75	632,359,286.91	25,146.75	0.14	-0.14
2015	233,715	227,867.17	30,992.88	212,916.73	20,798.27	432,567,838.98	20,798.27	0.09	0.09
2016	215,639	227,791.43	14,489.29	258,860.05	-43,221.05	1,868,059,146.17	43,221.05	0.20	-0.20
2017	229,234	232,902.34	9,507.50	242,280.72	-13,046.72	170,216,845.73	13,046.72	0.06	-0.06
2018	265,595	259,076.04	18,360.56	242,409.84	23,185.16	537,551,599.37	23,185.16	0.09	0.09
2019	260,174	265,027.72	11,768.98	277,436.61	-17,262.61	297,997,684.35	17,262.61	0.07	-0.07
				Total	30,821.623	6,558,748,881.552	264,560.372	3.519	1.437
$\alpha =$	0.72								
$\beta =$	0.531198366								

ប្រភព៖ Excel Output

រូបភាពទី៣.៧៖ ក្រាបបង្ហាញពីការលក់ជាក់ស្តែង និង ការលក់ព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល HES



ប្រភព៖ Excel Output

ហើយយើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាង គឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE បានតម្លៃដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.១៥៖ ការវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល HES

Forecast Error Measures	
MSE	345,197,309.555
RMSE	18,579.486
MAD	13,924.230
MAPE	0.185
MPE	0.076

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.១៥ ខាងលើដែលបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់លម្អៀងរបស់ម៉ូដែល HES យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 345,197,309.555
- RMSE មានលម្អៀង 18,579.486
- MAD មានលម្អៀង 13,924.230
- MAPE មានលម្អៀង 0.185
- MPE មានលម្អៀង 0.076។

៣.៤.៦ ម៉ូដែល Autoregressive (AR)

ម៉ូដែល Autoregressive (AR) ជាម៉ូដែលព្យាករណ៍ដែលមានដល់ p លំដាប់ហើយលំដាប់នីមួយៗមានគឺសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ទៅតាមទិន្នន័យ Time Series ដែលមាន លំនាំទិន្នន័យ (data pattern) ផ្សេងគ្នា។ ការកំណត់លំដាប់នៃ AR គឺត្រូវវិភាគទៅលើ pattern នៃ partial autocorrelation function (PACF) ។ ហេតុដូចនេះហើយដើម្បីកំណត់លំដាប់នៃ AR ដែលសមស្របសម្រាប់ការព្យាករណ៍ទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. យើងត្រូវគណនា និងវិភាគ PACF ជាមុនសិន។

៣.៤.៦.១ ការកំណត់លំដាប់នៃម៉ូដែល AR តាម Partial Autocorrelation

Function

Partial Autocorrelation Function (PACF) ដែលប្រើសម្រាប់ប្រាប់ថាម៉ូដែល $AR(p)$ គួរយក p ចំនួនប៉ុន្មានត្រូវបានគណនាតាមការប្រើប្រាស់កម្មវិធី Minitab Software មានលទ្ធផលដូចបានក្នុងតារាងខាងក្រោម (តារាងទី៣.១៦) ។

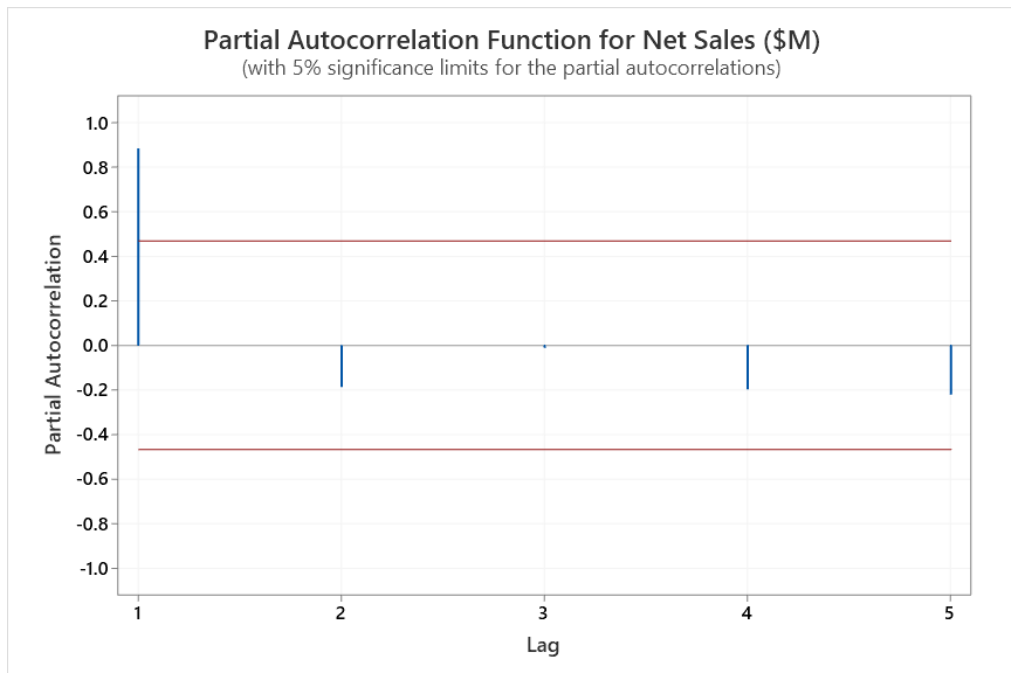
តារាងទី៣.១៦៖ តម្លៃ Partial Autocorrelation Functions

Partial Autocorrelations

Lag	PACF	T
1	0.884405	3.96
2	-0.187389	-0.84
3	-0.012353	-0.06
4	-0.197831	-0.88
5	-0.222093	-0.99

ប្រភព៖ Minitab Output

រូបភាពទី៣.៨៖ ក្រាប Partial Autocorrelation Functions (PACF) នៃការលក់



ប្រភព៖ Minitab Output

តាមតារាង និងក្រាបខាងលើ មេគុណ PACF ដំបូងនៅ lag 1 មានតម្លៃធំ ហើយនៅ lag បន្តបន្ទាប់ មេគុណមានតម្លៃតូចៗខិតទៅរកសូន្យហើយមានតម្លៃក្រោមសូន្យ ដូចនេះយើងអាចសន្និដ្ឋានបានថាម៉ូដែល Autoregressive គឺមានលំដាប់ ១ AR(1)។

៣.៤.៦.២ ម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី១ AR(1)

តាមការវិភាគទៅតាមតារាង និង ក្រាបរបស់ PACF ដែលបង្ហាញថាម៉ូដែល Autoregressive លំដាប់ទី ១ ជាម៉ូដែលសមស្របរួចមក កិច្ចការស្រាវជ្រាវនេះបានយក AR (1) មកធ្វើការព្យាករណ៍ទិន្នន័យ នៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ។

Autoregressive Model លំដាប់ទីមួយ AR (1) សំដៅទៅលើទំនាក់ទំនងរវាងតម្លៃនៃអថេរតៗគ្នា រវាង Y_t និង Y_{t-1} នៅក្នុងទិន្នន័យ Time Series។

Autoregressive model លំដាប់ទីមួយ AR (1) មានរូបមន្ត ៖

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

តាមរយៈម៉ូដែលនេះ យើងគណនាទិន្នន័យនៃការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple. Inc តាមរូបមន្ត និង ទទួលបានលទ្ធផលដូចតារាងខាងក្រោម៖

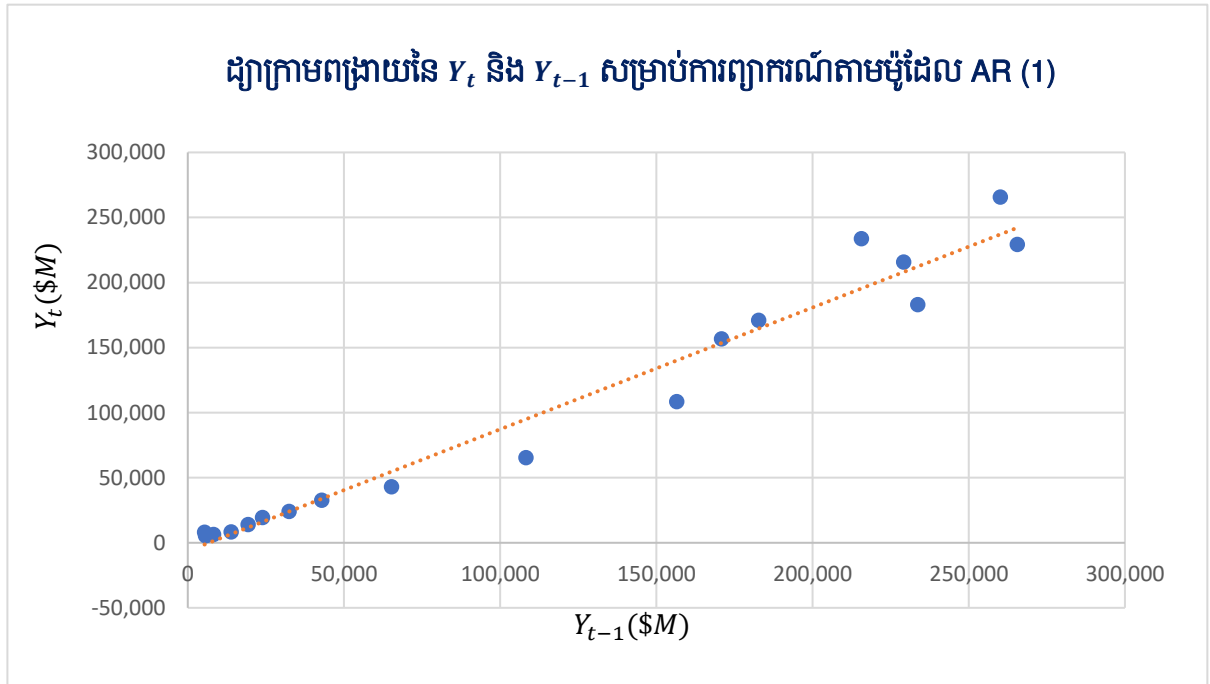
តារាងទី៣.១៧៖ តារាងកំណត់តម្លៃ Y-lagged ក្នុងម៉ូដែល AR(1)

Year X	Net Sale (\$M) Y_t	Y-lagged Y_{t-1}
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

ប្រភព៖ Excel Output

Y lagged (Y_{t-1}) ជាអថេរឯករាជ្យ (independent variable) ដែលបានមកពីតម្លៃនៃទិន្នន័យឆ្នាំចាស់។

រូបភាពទី៣.៩៖ ដ្យាក្រាមពង្រាយនៃ Y_t និង Y_{t-1} សម្រាប់ការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR (1)



ប្រភព៖ Excel Output

តារាងទី៣.១៨៖ តារាងលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែល AR(1)

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.982372993							
R Square	0.965056698							
Adjusted R Square	0.963001209							
Standard Error	19171.97962							
Observations	19							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	172572551843.52	172572551843.52	469.5023863	8.05055E-14			
Residual	17	6248601641	367564802.42					
Total	18	178821153484.74						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	10291.22617	6289.237789	1.636323275	0.120149449	-2977.905686	23560.35803	-2977.905686	23560.35803
Y-lagged	1.031580366	0.047608464	21.66800374	8.05055E-14	0.931135288	1.132025444	0.931135288	1.132025444

ប្រភព៖ Excel Output

$Y=10291.226 + 1.0315 X$ ដែល X ជា Y -lagged និង Y ជាការលក់គិតជាលានដុល្លារ មានន័យថា បើ X កើនឡើង 1ឆ្នាំ នោះការលក់កើនឡើង 1.0315លានដុល្លារ ។ តាមរយៈ តម្លៃ R Square មានន័យថា អថេរ X (ឆ្នាំ) ពន្យល់ពីអថេរ Y (ការលក់) បាន 96.50%។

តារាងទី៣.១៩៖ ភាពលម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1)

RESIDUAL OUTPUT

<i>Observation</i>	<i>Predicted Sales</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>
1	18,526.33	-13,163.33	-0.71
2	15,823.59	-10,081.59	-0.54
3	16,214.56	-10,007.56	-0.54
4	16,694.25	-8,415.25	-0.45
5	18,831.68	-4,900.68	-0.26
6	24,662.17	-5,347.17	-0.29
7	30,216.20	-6,210.20	-0.33
8	35,055.34	-2,576.34	-0.14
9	43,795.92	-890.92	-0.05
10	54,551.18	10,673.82	0.57
11	77,576.06	30,672.94	1.65
12	121,958.77	34,549.23	1.85
13	171,741.81	-831.81	-0.04
14	186,598.63	-3,803.63	-0.20
15	198,858.96	34,856.04	1.87
16	251,387.03	-35,748.03	-1.92
17	232,740.18	-3,506.18	-0.19
18	246,764.52	18,830.48	1.01
19	284,273.81	-24,099.81	-1.29

ប្រភព៖ Excel Output

តារាងទី៣.២០៖ ការគណនាលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល AR(1)

Year	Actual Net Sale (\$M)	Predicted Net Sales (\$M)	Residuals	e_t	e_t^2	$ e_t $	$ e_t /y_t$
2001	5,363	18,526.33	-13,163.33	173,273,315.49	13,163.33	2.45	-2.45
2002	5,742	15,823.59	-10,081.59	101,638,490.70	10,081.59	1.76	-1.76
2003	6,207	16,214.56	-10,007.56	100,151,269.83	10,007.56	1.61	-1.61
2004	8,279	16,694.25	-8,415.25	70,816,356.89	8,415.25	1.02	-1.02
2005	13,931	18,831.68	-4,900.68	24,016,664.67	4,900.68	0.35	-0.35
2006	19,315	24,662.17	-5,347.17	28,592,251.06	5,347.17	0.28	-0.28
2007	24,006	30,216.20	-6,210.20	38,566,595.70	6,210.20	0.26	-0.26
2008	32,479	35,055.34	-2,576.34	6,637,550.65	2,576.34	0.08	-0.08
2009	42,905	43,795.92	-890.92	793,747.13	890.92	0.02	-0.02
2010	65,225	54,551.18	10,673.82	113,930,395.64	10,673.82	0.16	0.16
2011	108,249	77,576.06	30,672.94	940,829,522.23	30,672.94	0.28	0.28
2012	156,508	121,958.77	34,549.23	1,193,649,349.37	34,549.23	0.22	0.22
2013	170,910	171,741.81	-831.81	691,901.33	831.81	0.00	0.00
2014	182,795	186,598.63	-3,803.63	14,467,574.52	3,803.63	0.02	-0.02
2015	233,715	198,858.96	34,856.04	1,214,943,584.20	34,856.04	0.15	0.15
2016	215,639	251,387.03	-35,748.03	1,277,921,746.90	35,748.03	0.17	-0.17
2017	229,234	232,740.18	-3,506.18	12,293,331.00	3,506.18	0.02	-0.02
2018	265,595	246,764.52	18,830.48	354,586,986.38	18,830.48	0.07	0.07
2019	260,174	284,273.81	-24,099.81	580,801,007.52	24,099.81	0.09	-0.09
		Total	0.00	6,248,601,641.22	259,165.03	9.01	-7.24

ប្រភព៖ Excel Output

ហើយយើងធ្វើការវាស់លម្អៀងនៃម៉ូដែលតាមវិធី៥យ៉ាងគឺ MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE បានតម្លៃដូចតារាងខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.២១៖ តារាងវាស់វែងលម្អៀងរបស់ម៉ូដែល AR(1)

Forecast Error Measures	
MSE	328,873,770.590
RMSE	18,134.877
MAD	13,640.265
MAPE	0.474
MPE	-0.381

ប្រភព៖ Excel Output

តាមរយៈតារាងទី ៣.២១ ខាងលើដែលបង្ហាញពីតម្លៃនៃការវាស់លម្អៀងរបស់ម៉ូដែល AR(1) យើងសង្កេតឃើញថា៖

- MSE មានលម្អៀង 328,873,770.590
- RMSE មានលម្អៀង 18,134.877
- MAD មានលម្អៀង 13,640.265
- MAPE មានលម្អៀង 0.474
- MPE មានលម្អៀង -0.381។

៣.៥ ការជ្រើសរើសម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍

បន្ទាប់ពីបានការអនុវត្តការព្យាករណ៍តាមម៉ូដែលមួយចំនួនដូចខាងលើ និងការវាស់វែងលម្អៀងសម្រាប់ម៉ូដែលនីមួយៗ ដើម្បីជ្រើសរើសល្អបំផុតដែលឱ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបាន ជាចាំបាច់ត្រូវប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែល។

ការប្រៀបធៀបភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ទាំង ៦ ត្រូវបានបង្ហាញក្នុងតារាងទី ៣.២២ ខាងក្រោម៖

តារាងទី៣.២២៖ ការប្រៀបធៀបលម្អៀងនៃម៉ូដែលព្យាករណ៍ ACM, RCM, DMA, DES, HES, AR(1)

	MSE	RMSE	MAD	MAPE	MPE
Absolute Change Model (ACM)	630,249,312.72	25,104.77	16,301.39	0.1490	0.067
Relative Change Model (RCM)	834,560,085.74	28,888.75	17,808.18	0.1434	0.002
Double Moving Average (DMA)	417,501,032.49	20,432.84	15,214.13	0.1661	0.105
Double Exponential Smoothing (DES)	346,876,606.15	18,624.62	13,905.50	0.1861	0.081
Holt's Method of Exponential Smoothing (HES)	345,197,309.56	18,579.49	13,924.23	0.1852	0.076
First Order Autoregressive Model AR(1)	328,873,770.59	18,134.88	13,640.26	0.4744	-0.381

ប្រភព៖ Excel Output

តារាងខាងលើនេះបង្ហាញពីការប្រៀបធៀប MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE របស់ម៉ូដែលនៃការព្យាករណ៍ទៅលើការលក់របស់ Apple Inc. ក្នុងរយៈពេល២០ឆ្នាំដែលបានគណនារួច។ តារាងបានបង្ហាញឱ្យឃើញយ៉ាងច្បាស់ថា ម៉ូដែល AR(1) មាន MSE, RMSE, MAD និង MPE មានតម្លៃតូចជាងគេបង្អស់។ ដូចនេះ យើងសន្និដ្ឋានថាម៉ូដែល AR(1) គឺជាម៉ូដែលល្អជាងគេ ព្រោះវាមាន MSE, RMSE, MAD និង MPE តូចជាងគេបង្អស់ ដែលនាំឱ្យ error របស់វាក៏តូចជាងគេដែរ។

៣.៦ ការត្រួតពិនិត្យលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង (Checking Residual Requirements)

ដើម្បីអាចយកម៉ូដែល AR(1) ទៅព្យាករណ៍ពីការលក់ទៅអនាគតបាន និងដើម្បីឱ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវអាចទទួលយកបាន ចាំបាច់តម្រូវឱ្យមានការត្រួតពិនិត្យទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង។ លក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែល AR (1) ដែលរួមមាន៖

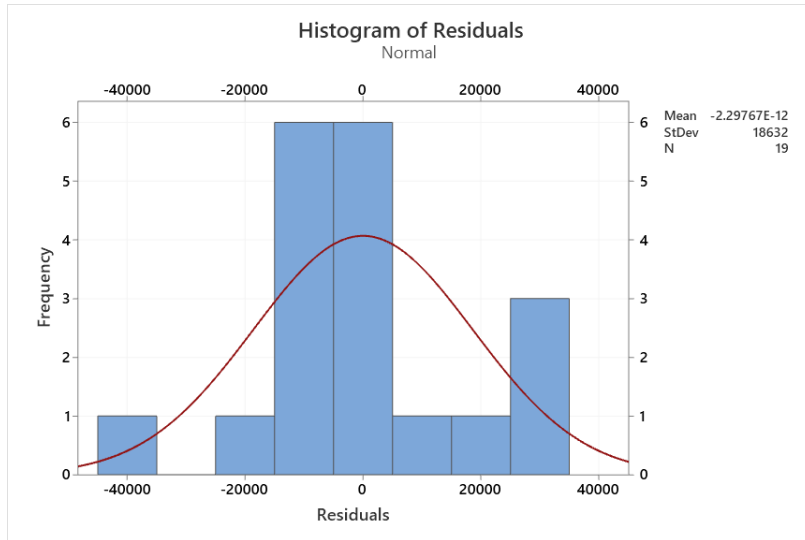
១. ភាពលម្អៀង (Residuals) ត្រូវមានភាពណរម៉ាល់ (Normal)
២. ភាពលម្អៀង (Residuals) ត្រូវមានរ៉ាវ៉ង់មានតម្លៃថេរស្មើគ្នា (Homoscedasticity)
៣. ភាពលម្អៀង (Residuals) ពីមួយឆ្នាំទៅមួយឆ្នាំគឺមានភាពឯករាជ្យ (Independent)

ដើម្បីត្រួតពិនិត្យលក្ខខណ្ឌទាំងបីនេះជាដំបូងយើងត្រូវសង់ដើម្បីធ្វើតេស្តរកភាពណរម៉ាល់ (Normality) នៃភាពលម្អៀង (Residuals)។ បន្ទាប់មក យើងត្រូវសង់ក្រាបដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យភាពលម្អៀង (Residuals) អ័ក្សអរដេនេតាង y ដើម្បីដើម្បីធ្វើតេស្តថាតើ ភាពលម្អៀង (Residuals)មានរ៉ាវ៉ង់ថេរស្មើគ្នា

ទេ។ ជាចុងក្រោយ យើងត្រូវសង់ក្រាបដែលមានអ័ក្សអាប់ស៊ីសតាងឱ្យភាពលម្អៀង (Residuals) អ័ក្សអរដោនេតាងឱ្យពេល (time period) ដើម្បីធ្វើតេស្តថាតើ ភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យទេ។

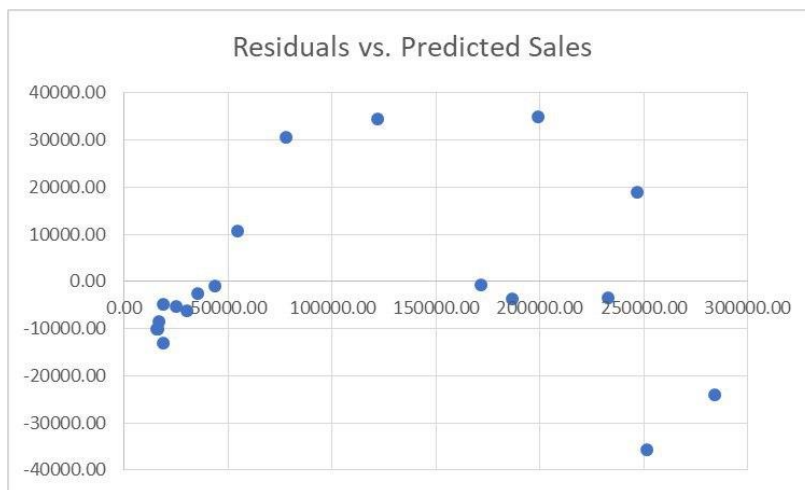
នៅក្នុងរូបភាពទី ៣.៩ រហូតដល់ ៣.១០ ខាងក្រោម ជាអ៊ីស្តូក្រាម និង ក្រាបដែលបានសង់សម្រាប់ធ្វើតេស្ត ទៅលើលក្ខខណ្ឌចាំបាច់ទាំងបីនៃភាពលម្អៀង។

រូបភាពទី៣.១០៖ អ៊ីស្តូក្រាមនៃភាពលម្អៀង (Residuals) របស់ម៉ូដែល AR(1)



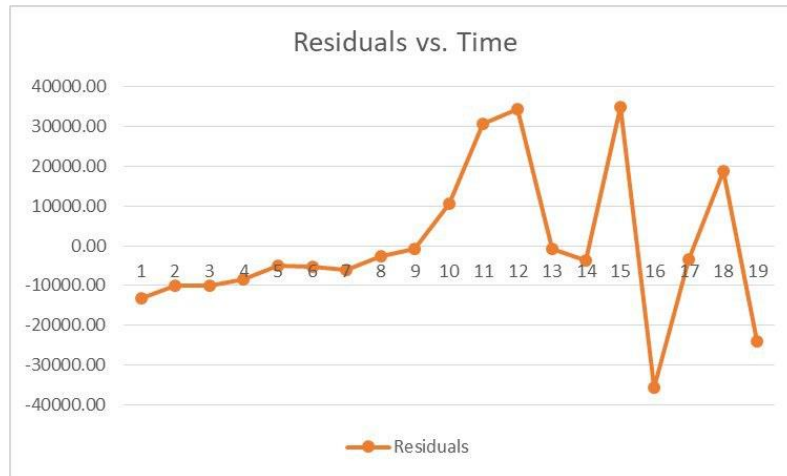
ប្រភព៖ Minitab Output

រូបភាពទី៣.១១៖ ដ្យាក្រាមពង្រាយរវាងភាពលម្អៀង (Residuals) និងតម្លៃព្យាករណ៍



ប្រភព៖ Minitab Output

រូបភាពទី៣.១២៖ ក្រាបបន្ទាត់រវាងភាពលម្អៀងរវាង (Residuals) និងពេល (Time)



ប្រភព៖ Minitab Output

យោងតាមក្រាបទី ៣.៩ រហូតដល់ ទី៣.១១ ខាងលើ យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថាម៉ូដែល AR (1) បានបំពេញលក្ខខណ្ឌចាំបាច់ទាំងបីនៃភាពលម្អៀង Residuals ព្រោះ:

- តាមរូបភាពទី ៣. សំណង់អ៊ីសូក្រាមនៃភាពលម្អៀង (Residuals) យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថាភាពលម្អៀង (Residuals) ណរម៉ាល់
- តាមរូបភាពទី ៣. បានបង្ហាញថារ៉ាងនៃភាពលម្អៀង (Residuals) មានតម្លៃស្មើគ្នា ព្រោះចំនុចទិន្នន័យនៅសងខាងបន្ទាត់។
- តាមរូបភាពទី ៣. យើងសង្កេតឃើញថា ភាពលម្អៀង (Residuals) មានភាពឯករាជ្យ ព្រោះ ភាពលម្អៀង (Residuals) មិនបានបង្ហាញពីលំនាំ (pattern) នោះទេ (Residuals គឺ randomly distributed ក្នុងរយៈពេលវែងនេះ) ។

ដូចនេះហើយ ម៉ូដែល AR(1) បំពេញលក្ខខណ្ឌចាំបាច់នៃភាពលម្អៀង (Residuals) នេះចង្អុលបង្ហាញថាការព្យាករណ៍តាម AR (1) នឹងបានល្អ ⁵⁸។

⁵⁸ Gerald Keller, 2014, Statistics for Management and Economics, 10th edition, page 668-670

**សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការ
ផ្តល់អនុសាសន៍**

សេចក្តីសន្និដ្ឋាន និងការផ្តល់អនុសាសន៍

១. សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

បន្ទាប់ពីធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវទៅលើប្រធានបទនេះ ទៅលើស្ថានភាពទូទៅរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. យើងសង្កេតឃើញថាក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ជាក្រុមហ៊ុនមួយដែលទទួលបានជោគជ័យបំផុតខាងផ្នែកបច្ចេកវិទ្យា មិនត្រឹមតែប៉ុណ្ណោះក្រុមហ៊ុននេះក៏ជាក្រុមហ៊ុនដែលមានតំលៃបំផុតនៅលើពិភពលោកផងដែរ។ ទោះបីជាក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ជាក្រុមហ៊ុនដែលផលិតកុំព្យូទ័រផ្ទាល់ខ្លួន ផលិតផលអេឡិចត្រូនិច គ្រឿងបន្លំកុំព្យូទ័រ ផ្នែករឹង (Hardware) កម្មវិធីអនុវត្តកុំព្យូទ័រ (Software) ទូរស័ព្ទដៃ នាឡិកាដៃឆ្លាតវៃ និង ឧបករណ៍បំពងសំលេងរបស់សហរដ្ឋអាមេរិចក៏ដោយវា ក៏ក្រុមហ៊ុននេះជាក្រុមហ៊ុនមួយដែលមានសក្តានុពលដែលត្រូវបានទទួលស្គាល់ទូទាំងពិភពលោកថាជាផលិតផលមានគុណភាព និងភាពទាន់សម័យ។ ម៉្យាងទៀត ការព្យាករណ៍ដែលមានការព្យាករណ៍ទៅការលក់ពិតជាមានសារៈសំខាន់ខ្លាំងណាស់ក្នុងការធ្វើអាជីវកម្ម ជាពិសេសអាជីវកម្មសព្វថ្ងៃនេះ ព្រោះថាការព្យាករណ៍ដែលល្អ នឹងក្លាយជាកាតាលីករយ៉ាងសំខាន់ដែលជម្រុញអាជីវកម្មឲ្យមានការរីកចម្រើនទៅមុខ ព្រមទាំងជាជំនួយដល់អ្នកគ្រប់គ្រងអាជីវកម្មឲ្យធ្វើការសម្រេចចិត្ត និងរៀបចំយុទ្ធសាស្ត្រត្រៀមខ្លួនបានល្អទុកជាមុន។

ជាមួយគ្នាផងដែរ តាមរយៈការប្រមូលទិន្នន័យការលក់ពីក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ចាប់ពីឆ្នាំ ២០០០ដល់ ២០១៩ មកចងក្រងនូវកិច្ចការស្រាវជ្រាវមួយនេះ និងការកំណត់ប្រភេទទិន្នន័យតាមមេគុណទំនាក់ទំនង ACF យើងអាចសន្និដ្ឋានបានថាទិន្នន័យការលក់របស់ក្រុមហ៊ុន Apple Inc. ក្នុងរយៈពេល២០ឆ្នាំចុងក្រោយនេះជា Trend។ ដូចនេះម៉ូដែលការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យមួយចំនួនដែលត្រូវយកមកអនុវត្តរួមមាន ACM, RCM, DMA, DES, HES និង Autoregressive លំដាប់ទី ១ AR(1) មកធ្វើការព្យាករណ៍។ បន្ទាប់មក យើងក៏បានប្រើប្រាស់វិធីសាស្ត្រនៃការវាស់វែងភាពលម្អៀងមួយចំនួនដូចជា MSE, RMSE, MAD, MAPE និង MPE មកធ្វើការវាស់វែងលម្អៀង និងវាយតម្លៃភាពត្រឹមត្រូវទៅលើវិធីសាស្ត្រនៃការព្យាករណ៍ខាងលើ ព្រមទាំងប្រៀបធៀបថាតើក្នុងចំណោមម៉ូដែលទាំងនោះ ម៉ូដែលមួយណាដែលមានលម្អៀងតូចជាងគេ។

ជាក់ស្តែង បន្ទាប់ពីបានវាស់វែង និងវាយតម្លៃទៅភាពលម្អៀងនៃម៉ូដែលទាំងអស់ដែលបានជ្រើសយកមកព្យាករណ៍ យើងឃើញថាម៉ូដែល AR (1) គឺជាម៉ូដែលដែលល្អប្រើស្ទើរជាងគេបង្អស់ ព្រោះថាវាមានលម្អៀងតូចជាងគេទាំង MSE, RMSE, MAD និង MPE។ សរុបមកឆ្លងតាមការពិនិត្យភាពចាំបាច់ទាំងបីនៃលម្អៀងម៉ូដែលAR(1) បំពេញគ្រប់លក្ខខណ្ឌ បង្ហាញថាការព្យាករណ៍ពីអនាគតនៃការលក់តាម AR(1)នឹងបានល្អ។

២. ការផ្តល់អនុសាសន៍

ដោយសារពេលវេលាដើម្បីធ្វើកិច្ចការស្រាវជ្រាវនេះ ព័ត៌មាន និងទិន្នន័យដែលបានប្រមូលយកមកប្រើប្រាស់ក្នុងការព្យាករណ៍ក្នុងកិច្ចការស្រាវជ្រាវនេះមានកំណត់ ជាហេតុធ្វើឲ្យលទ្ធផលក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះនៅមានកំណត់ ហើយការព្យាករណ៍នៅក្នុងធុរកិច្ចនៅមានចំនួនច្រើនលើសពីអ្វីដែលបានលើកឡើងនៅក្នុងអត្ថបទនេះទៀត។ ដើម្បីឱ្យការព្យាករណ៍កាន់តែមានភាពល្អប្រសើរ ទាមទារកត្តាផ្សេងទៀតជាច្រើនដើម្បីយកមកព្យាករណ៍ ក៏ដូចជាត្រូវការប្រើប្រាស់ទាំងការព្យាករណ៍បែបគុណវិស័យ និងបរិមាណវិស័យមកបូកបញ្ចូលគ្នា។ ដូចនេះ ក្រុមយើងខ្ញុំ សូមរួមចំណែកផ្តល់ជាអនុសាសន៍មួយចំនួនដូចខាងក្រោម៖

- អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវដែលធ្វើការស្រាវជ្រាវដែលពាក់ព័ន្ធនឹងការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ គួរគប្បីប្រមូលនូវព័ត៌មានទិន្នន័យឱ្យបានច្រើនអំឡុងពេល ដើម្បីធ្វើឱ្យការព្យាករណ៍កាន់តែមានភាពត្រឹមត្រូវល្អប្រសើរ។
- អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ គួរគប្បីបញ្ចូលការព្យាករណ៍តាមបែបគុណវិស័យ រួមជាមួយនឹងការព្យាករណ៍តាមបែបបរិមាណវិស័យ ដើម្បីឱ្យលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវ អាចទទួលយកបាន និងអាចអនុវត្តបាន។
- អ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ គួរគប្បីសិក្សា និងបញ្ចូលនូវកត្តាផ្សេងៗបន្ថែមទៀតទៅក្នុងការព្យាករណ៍ ដើម្បីលទ្ធផលនៃការព្យាករណ៍មានភាពត្រឹមត្រូវ អាចទទួលយកជាការបានកាន់តែល្អប្រសើរ។

ឯកសារយោង

ឯកសារយោង

សៀវភៅ និង អត្ថបទសិក្សា

Reza Hoshmand, 2014, Business Forecasting: A Practical Approach, 2nd edition, Quorum Book .

Chris Chatfield, 2000, Time-Series Forecasting, Chapman & Hall.

Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings and Murat Kulahci. (2015). Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. 2nd edition. John Wiley & Sons

George Athanasopoulos and Rob J. Hyndman, 2013, Forecasting Principles and Practice, Otexts.

Gerald Keller, 2014, Statistics for Management and Economics, 10th edition, Cengage Learning.

J. Holton Wilson and Barry Keating, 2009, 6th edition, McGraw-Hill.

Jae K. Shim and Joel G. Siegel, 2009, Budgeting Basics and Beyond, 3^d edition, John Wiley & Sons.

Jay Heizer and Barry Render, 2012, Operation Management, 10th edition, Prentice Hall.

John E. Hanke and Dean Wichern, 2014, Business Forecasting, 9th edition, Pearson Education Limited.

Katherine Johnson, Yang Li, Hang Phan, Jason Singer, Hoang Trinh, 2012, *The Innovative Success that is Apple Inc.*

Mark L. Berenson, David M. Levine and Timothy C. Krehibel, 2012, Basic Business Statistics: Concept and applications, 12th edition, Prentice Hall

Micah Siegal and Fred Gibbons, 2009, *Apple Inc. and the EBook Reader.*

Pranay Patel, 2013, *Leadership and Innovation at Apple Inc.*

Ricky W. Griffin and David D. Van Fleet, (2014), Management Skills: Assessment and Development, Cengage Learning.

Ricky W. Griffin, 2012, Management, 11th edition, Cengage Learning.

Rob J Hyunman and George Athanansopoulous, 2013, Forecasting: Principles and Practice, Otexts.

Stanko A. 2015, *The History of Apple Company*.

Sunil Chopra and Peter Operation, 2016, Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. 6th edition Pearson Education Limited

ឯកសារេកស្រង់ពីគេហទំព័រ

Andrew Roberts, 2013, Burberry Designer Bailey to Be CEO as Ahrendts Goes to Apple, *Bloomberg*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-10-15/burberry-says-bailey-to-become-ceo-as-ahrendts-leaves-for-apple> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

Apple, 2014, *Press Release: Apple to Acquire Beats Music & Beats Electronic* ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.apple.com/newsroom/2014/05/28Apple-to-Acquire-Beats-Music-Beats-Electronics/#:~:text=CUPERTINO%2C%20California%E2%80%9494May%2028%2C,founders%20Jimmy%20lovin%20and%20Dr> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៤ មិថុនា ២០២០)

Apple, 2014, *Press Release: Apple Reports Fourth Quarter Results* ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.apple.com/newsroom/2019/10/apple-reports-fourth-quarter-results/>

Apple, 2014, *Press Release: Apple to Acquire Beats Music & Beats Electronic* ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.apple.com/newsroom/2014/05/28Apple-to-Acquire-Beats-Music-Beats-Electronics/#:~:text=CUPERTINO%2C%20California%E2%80%9494May%2028%2C,founders%20Jimmy%20lovin%20and%20Dr> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៤ មិថុនា ២០២០)

Apple, *Contact*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.apple.com/contact/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៤ មិថុនា ២០២០)

Apple, 2019, *Annual Report 10-K*. ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ [https://s2.q4cdn.com/470004039/files/doc_financials/2019/ar/_10K-2019-\(As-Filed\).pdf](https://s2.q4cdn.com/470004039/files/doc_financials/2019/ar/_10K-2019-(As-Filed).pdf) (ចូលមើលថ្ងៃទី ៣០ មិថុនា ២០២០)

Babara Farfan, 2019, What Is Apple's Mission Statement?, *The Balance Everyday*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.thebalanceeveryday.com/apple-mission-statement-4068547> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២០ មិថុនា ២០២០)

Behrad Rezeai, n.d., The Wishing Apple, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ http://student.hca.westernsydney.edu.au/units/wp_102264/wp-content/uploads/2017/10/Behrad_Rezeai_Insideout.pdf (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៤ មិថុនា ២០២០)

CreativeBits , 2020, Interview with Rob Janoff, Designer of the Apple logo, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ https://www.creativebits.org/interview/interview_rob_janoff_designer_apple_logo/ (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៤ មិថុនា ២០២០)

Dennis Sellers, 2018, Apple Tops the Best Global Brands Report for the Sixth Consecutive Time, *Appleworld.today*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.appleworld.today/blog/2018/10/4/apple-tops-the-best-global-brands-report-for-the-sixth-consecutive-time> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៩ មិថុនា ២០២០)

Emirati News, 2020, Apple Leads Saudi Aramco as World's Most Valuable Company ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://emirati.news/apple-leads-saudi-aramco-as-worlds-most-valuable-company/> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១ សីហា ២០២០)

Forbes, 2016, Apple Has Experienced its First Annual Decline in Revenue Since 2001, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2016/10/26/apple-has-experienced-its-first-annual-decline-in-revenue-since-2001-infographic/#2c997fa81d48> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៥ កក្កដា ២០២០)

Henry Blodget, 2013, Apple's 'Mission Statement' is Making People Worry That The Company Has Gone to Hell, *Business Insider* ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.businessinsider.com/apples-new-mission-statement-2013-8> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២០ មិថុនា ២០២០)

Jessica B. 2020, Apple Surpasses Saudi Aramco to Become World's Most Valuable Company, *CNBC*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.cnbc.com/2020/07/31/apple-surpasses-saudi-aramco-to-become-worlds-most-valuable-company.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២០ មិថុនា ២០២០)

Kif Leswing, 2019, Apple Reaches \$1 trillion Market Cap Again After iPhone Launch, *CNBC*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.cnbc.com/2019/09/11/apple-touches-1-trillion-market-cap-again-after-iphone-launch.html> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៦ មិថុនា ២០២០)

Kurt Badenhausen, 2019, The World's Most Valuable Brands 2019: Apple On Top At \$206 Billion, *Forbes*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.forbes.com/sites/kurtbadenhausen/2019/05/22/the-worlds-most-valuable-brands-2019-apple-on-top-at-206-billion/#1d764c6f37c2> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២០ មេសា 2020)

Mary Bellis, 2019, A History of Apple Computers, *ThoughtCo*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.thoughtco.com/the-history-of-apple-computers-1991454> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២២ ឧសភា ២០២០)

Matt W. and Avery Hartmans, 2020, Apple Just Became a \$2 Trillion Company: Here's How It Came to Rule the World, From Its Early Struggles to Beat Microsoft to Launch of Iphone, *Business Insider*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.businessinsider.com/history-of-apple-in-photos-2015-8> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២២ ឧសភា ២០២០)

Michael Potuck, 2020, Apple Hits 1.5 Billion Active Devices With 80% of Recent Iphones and Ipads Running iOS 13, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://9to5mac.com/2020/01/28/apple-hits-1-5-billion-active-devices-with-80-of-recent-iphones-and-ipads-running-ios-13/#>: (ចូលមើលថ្ងៃទី 10 មិថុនា 2020)

Mikey Campbell, 2013, Apple's Interactive Augmented Reality System Identifies Real-World Objects, Allows Screen Sharing, *Apple Insider*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://appleinsider.com/articles/13/03/19/apples-interactive-augmented-reality->

system-identifies-real-world-objects-allows-screen-sharing (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

Poornima Gupta, 2013, Apple hires former Yves Saint Laurent CEO for 'Special projects', *Reuters*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.reuters.com/article/us-apple-hire/apple-hires-former-yves-saint-laurent-ceo-for-special-projects-idUSBRE9611BP20130702> (ចូលមើលថ្ងៃទី ២៦ ឧសភា ២០២០)

Ropurt Neate, 2016, Apple's Annual Profits Fall For First Time In 15 Years As Iphone Sales Decline, *The Guardian*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.theguardian.com/technology/2016/oct/25/apple-profits-sales-decline-2016-iphone-7> (ចូលមើលថ្ងៃទី ១៥ កក្កដា ២០២០)

Tim Stenovec, 2016, Apple Has More Than 1 Billion Devices Online- Something It's Never Revealed Before, *Business Insider*, ដកស្រង់ពីគេហទំព័រ <https://www.businessinsider.com/apple-1-billion-active-devices-2016-1> (ចូលមើលថ្ងៃទី ៩ មិថុនា ២០២០)

ଅଧ୍ୟାୟ

ឧបសម្ព័ន្ធ

ឧបសម្ព័ន្ធទី១៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2019, 2018, 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 28, 2019	September 29, 2018	September 30, 2017
Net sales:			
Products	\$ 213,883	\$ 225,847	\$ 196,534
Services	46,291	39,748	32,700
Total net sales	260,174	265,595	229,234
Cost of sales:			
Products	144,996	148,164	126,337
Services	16,786	15,592	14,711
Total cost of sales	161,782	163,756	141,048
Gross margin	98,392	101,839	88,186
Operating expenses:			
Research and development	16,217	14,236	11,581
Selling, general and administrative	18,245	16,705	15,261
Total operating expenses	34,462	30,941	26,842
Operating income	63,930	70,898	61,344
Other income/(expense), net	1,807	2,005	2,745
Income before provision for income taxes	65,737	72,903	64,089
Provision for income taxes	10,481	13,372	15,738
Net income	\$ 55,256	\$ 59,531	\$ 48,351
Earnings per share:			
Basic	\$ 11.97	\$ 12.01	\$ 9.27
Diluted	\$ 11.89	\$ 11.91	\$ 9.21
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	4,617,834	4,955,377	5,217,242
Diluted	4,648,913	5,000,109	5,251,692

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី២៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរបស់ក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2016, 2015, 2014

CONSOLIDATED STATEMENTS OF OPERATIONS

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

	Years ended		
	September 24, 2016	September 26, 2015	September 27, 2014
Net sales	\$ 215,639	\$ 233,715	\$ 182,795
Cost of sales	131,376	140,089	112,258
Gross margin	84,263	93,626	70,537
Operating expenses:			
Research and development	10,045	8,067	6,041
Selling, general and administrative	14,194	14,329	11,993
Total operating expenses	24,239	22,396	18,034
Operating income	60,024	71,230	52,503
Other income/(expense), net	1,348	1,285	980
Income before provision for income taxes	61,372	72,515	53,483
Provision for income taxes	15,685	19,121	13,973
Net income	\$ 45,687	\$ 53,394	\$ 39,510
Earnings per share:			
Basic	\$ 8.35	\$ 9.28	\$ 6.49
Diluted	\$ 8.31	\$ 9.22	\$ 6.45
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	5,470,820	5,753,421	6,085,572
Diluted	5,500,281	5,793,069	6,122,663
Cash dividends declared per share	\$ 2.18	\$ 1.98	\$ 1.82

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៣៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2013, 2012, 2011

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

	Years ended		
	September 28, 2013	September 29, 2012	September 24, 2011
Net sales	\$ 170,910	\$ 156,508	\$ 108,249
Cost of sales	106,606	87,846	64,431
Gross margin	64,304	68,662	43,818
Operating expenses:			
Research and development	4,475	3,381	2,429
Selling, general and administrative	10,830	10,040	7,599
Total operating expenses	15,305	13,421	10,028
Operating income	48,999	55,241	33,790
Other income/(expense), net	1,156	522	415
Income before provision for income taxes	50,155	55,763	34,205
Provision for income taxes	13,118	14,030	8,283
Net income	\$ 37,037	\$ 41,733	\$ 25,922
Earnings per share:			
Basic	\$ 40.03	\$ 44.64	\$ 28.05
Diluted	\$ 39.75	\$ 44.15	\$ 27.68
Shares used in computing earnings per share:			
Basic	925,331	934,818	924,258
Diluted	931,662	945,355	936,645
Cash dividends declared per common share	\$ 11.40	\$ 2.65	\$ 0.00

See accompanying Notes to Consolidated Financial Statements.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៤៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2011, 2010, 2009

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.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៥៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2008, 2007, 2006

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.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៦៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុរួមក្រុមហ៊ុន Apple ឆ្នាំ 2005, 2004, 2003

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	4,043	2,259	1,708
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	2,393	1,933	1,709
Operating income (loss)	1,650	326	(1)
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	165	57	93
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.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៧៖ របាយការណ៍ប្រតិបត្តិការហិរញ្ញវត្ថុប្រកបដោយ 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.

ឧបសម្ព័ន្ធទី៨៖ Excel Output of Descriptive Statistics

<i>Column1</i>	
Mean	102712.7
Standard Error	22258.47978
Median	54065
Mode	#N/A
Standard Deviation	99542.94772
Sample Variance	9908798442
Kurtosis	-1.540798779
Skewness	0.48141189
Range	260232
Minimum	5363
Maximum	265595
Sum	2054254
Count	20