

A
S
I
T

Journal of Applied Statistics and Information Technology

Vol 5 | No 1 | 2020



บทบรรณาธิการ

วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นวารสารวิชาการที่จัดทำโดยคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมงานวิจัยในด้านสถิติประยุกต์ เทคโนโลยีสารสนเทศและศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพจากนักวิชาการ นักวิจัยหรือนิสิตนักศึกษาโดยทั่วไปในรูปแบบของวารสารแบบออนไลน์ สำหรับฉบับที่ 1 ปี 2563 ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 3 บทความ กองบรรณาธิการวารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่จะนำไปประยุกต์ใช้หรือทำวิจัยต่อไป

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล	บรรณาธิการ
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา วิจิตรธรรมรส	รองบรรณาธิการ
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	
ศาสตราจารย์ ดร.สำรวม จงเจริญ	กรรมการ
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	
ศาสตราจารย์ ดร. ชิตชนก เหลือสินทรัพย์	กรรมการ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา	กรรมการ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
รองศาสตราจารย์ ดร.เยาวดี เต็มธนาภักดิ์	กรรมการ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	
รองศาสตราจารย์ ดร. จิ๋วทวี ชัยวัฒน์	กรรมการ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ จิรัชีพพัฒนา	กรรมการ
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	

คณะกรรมการบริหารวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองงาม	ประธานคณะกรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.สำรวม จงเจริญ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจน์ภา อมรัชกุล	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรินทร์ สุขหมอก	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาสัย สุคนธ์พันธ์	กรรมการ
นายวรเทพ จันทกนกการ	กรรมการและเลขานุการ

สารบัญ

บทความวิจัย

หน้า

Statistical Modeling to Fit Seasonal Rainfall Data from the Doisaket
Rain Gauge Station in Thailand

Manad Khamkong, Chookait Pudprommarat

1-9

การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า:
กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด

Walailak Atthirawong, Siwanee Ponglangka

10-24

A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach for Optimal Selection of
Thai Commercial Banks' Cardless ATM services

สิริธร วิรัชพันธุ์, ปราโมทย์ ลือนาม

25-38

ข้อความที่ปรากฏในบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการฉบับนี้ถือเป็นความคิดเห็นส่วนบุคคลของผู้เขียนแต่ละท่าน ความผิดพลาดของข้อความและผลที่อาจเกิดจากนำข้อความเหล่านั้นไปใช้เขียนบทความจะเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

ตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับปริมาณฝนรายฤดูกาลจาก
สถานีตรวจวัดปริมาณฝนอำเภอตอยสะเก็ด ประเทศไทย

ชูเกียรติ ผุดพรมราช¹ และ มานัดรุ คำทอง^{2*}

Received: 26 February 2020; Revised: 6 April 2020; Accepted: 14 April 2020

บทคัดย่อ

ตัวแบบทางสถิติสำหรับข้อมูลปริมาณฝนรายฤดูกาลของประเทศไทยมีความสำคัญต่อการวางแผนและการบริหารจัดการด้านอุทกวิทยาของประเทศ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1. เพื่อหาการแจกแจงที่มี 2 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณฝนรายฤดูกาลของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนอำเภอตอยสะเก็ด 2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อการแจกแจงปริมาณฝน การแจกแจงที่ใช้ในงานศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ การแจกแจงไวบูล การแจกแจงแกมมา การแจกแจงล็อกนอร์มอล การแจกแจงปรกติ การแจกแจงแบบเลขชี้กำลังลินด์เลย์ และการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังนัยทั่วไป ซึ่งการแจกแจงที่กล่าวไปข้างต้นจะถูกนำมาใช้เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลปริมาณฝนรายฤดูกาลของสถานีตอยสะเก็ด ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงแกมมาเป็น การแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณฝนรายฤดูกาลของสถานีตอยสะเก็ด เนื่องจากมีเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะหรือเกณฑ์เอไอซี (Akaike Information Criterion: AIC) และค่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test: AD) มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้การวิเคราะห์การถดถอยแกมมาแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนในฤดูฝนมีผลต่อปริมาณฝนในฤดูหนาว ผลการศึกษาในครั้งนี้มีประโยชน์ต่อภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการวางแผนเชิงกลยุทธ์และการบริหารจัดการน้ำ เพื่อป้องกันภัยพิบัติที่เกิดจากฝนในพื้นที่อำเภอตอยสะเก็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคัดเลือกตัวแบบ, เบ้เชิงบวก, ข้อมูลปริมาณฝนรายฤดูกาลของประเทศไทย, การวิเคราะห์การถดถอยแกมมา, ความสัมพันธ์แกมมา

* Corresponding author: manad.k@cmu.ac.th

¹ สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

² ภาควิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Statistical Modeling to Fit Seasonal Rainfall Data from the Doisaket Rain Gauge Station in Thailand

Chookait Pudprommarat¹ and Manad Khamkong^{2,*}

Received: 26 February 2020; Revised: 6 April 2020; Accepted: 14 April 2020

Abstract

The statistical modeling of Thai seasonal precipitation data is crucial for the effective planning and management of the country's hydrological operations. There are two aims of this study: 1) to find an appropriate two-parameter statistical distribution to represent seasonal rainfall data from the Doisaket rain gauge station in northern Thailand and 2) to analyze the effect of seasonality on the rainfall data distribution. Two-parameter distributions, namely Weibull, gamma, lognormal, normal, Lindley exponential, and generalized exponential, were used to determine the best-fitting model of seasonal rainfall data from the Doisaket rain gauge station in Thailand. It was found that the gamma distribution with two parameters was the best fit, as indicated by the minimum values for the Akaike information criterion and the Anderson-Darling goodness-of-fit criterion. In addition, gamma regression showed that the precipitation amount during the rainy season affects that in the cold season. The approach and outcomes of this study could be useful for involved government agencies to strategically plan and manage water resources and to effectively prevent rain-related disasters in the Doisaket area.

Keywords: Model selection, Positively skewed, Thai seasonal rainfall data, Gamma regression, Correlated gamma.

* Corresponding author: manad.k@cmu.ac.th

¹Applied Statistics, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

²Department of Statistics, Faculty of Science, Chiang Mai University

1. Introduction

In Thailand, the selection of an appropriate statistical distribution for seasonal precipitation data is important for water management. The characteristics of rainfall data for Thailand are influenced by the southwest monsoon in the rainy season (mid-May to October) and the northeast monsoon in the cold season (November to February) (Chaowiwat et al., 2016). Statistical distributions for precipitation data are selected based on statistical information criteria, goodness-of-fit testing, or by graphical methods for convenience. Many hydrological researchers have determined suitable statistical distributions to fit the rainfall data for a variety of study areas and durations. McKee et al. (1993) used a gamma distribution to evaluate drought based on standardized precipitation. Markovic recommended two-parameter lognormal and gamma distributions for fitting the annual precipitation data in the western USA and southwestern Canada (Hydrology Papers no. 8, Colorado State University, 1965). Yue and Hashino (2007) investigated the statistical distribution of annual, seasonal, and monthly rainfall data in Japan and concluded that the Pearson type-III, log-Pearson type-III, and lognormal distributions are suitable for fitting precipitation data. Yusof and Hui-Mean (2012) considered the exponential, gamma, and Weibull distributions to fit the rainfall data in the state of Johor, Malaysia, and found that the Weibull distribution was the best.

In Thailand, Khamkong and Bookkamana (2015) investigated the generalized extreme value (GEV) distribution for the annual maxima of daily (AMR1) and two-day (AMR2) rainfall data in upper northern Thailand. They concluded that the data fit the GEV model for location parameter changes depending on a quadratic trend for only one station whereas the data from the others were successfully fitted with stationary GEV models from AMR1. Chaito and Khamkong (2018) and Chaito et al. (2019) investigated an appropriate transformation to determine the standardized precipitation index under gamma, Weibull, and Pearson Type-III distributions to best fit the monthly rainfall data in upper Northern Thailand. To effectively select an appropriate statistical model, there have been many studies that have compared a variety of methods for estimating parameters in a Weibull distribution (Chang, 2011; Werapun et al., 2015). The maximum likelihood estimation (MLE) method seems to be the best choice for parameter estimation for large sample sizes. Pakoksung and Takagi (2016) applied MLE methods to estimate the parameters of zero-inflated Weibull and gamma distributions and investigated the best-fitting statistical distribution for monthly rainfall data in Thailand. Furthermore, Jaithun and Khamkong (2017) evaluated the performance of three methods for estimating the parameters for a zero-inflated gamma distribution using the precipitation data from six rain gauge stations on the Yom River in northern Thailand. They concluded that the MLE and expectation-maximization algorithm methods were suitable for the parameter estimation method whereas the moment method was not. However, studies on the comparison of different statistical models for two-parameter distributions in fitting seasonal rainfall data and the effect of seasonal rainfall data variation in Thailand are relatively rare.

Therefore, there are two objectives of this study: 1) to find an appropriate two-parameter statistical distribution to fit the seasonal rainfall data from the Doisaket station in northern Thailand and 2) to analyze the effect of seasonality on the rainfall data distribution.

2. Methodology

In this section, we describe the characteristics of the data and the methodology for appropriate modeling of the seasonal rainfall data from the Doisaket rain gauge station.

2.1 Study area and data

The Doisaket rain gauge station measures the amount of precipitation around the Mae Kuang Udom Thara Dam, which is a sub-source of the Ping River in northern Thailand. It is important for precipitation data analysis toward the effective planning and management of water operations in this part of northern Thailand. In this study, monthly precipitation data were obtained during the period from February 1957 to January 2014 from the Hydrology and Water Management Center for the Upper Northern Region of Thailand (Hydrology and Water Management Center for Upper Northern Region Chiang Mai Thailand, 2015; in mm). The classification of Thai seasons by collected monthly rainfall data into four months periods follows the criterion of the Meteorological Department of Thailand (Agro- Meteorological Academic Group Meteorological Development, 2015): the summer season (February to May), the rainy season (June to September), and the winter season (October to January of the following year).

2.2 Statistical modeling of seasonal rainfall

An exponential distribution, $\text{Exp}(\lambda)$, with scale parameter λ is the first-choice statistical distribution for analyzing lifetime data. Its probability density function (pdf) is given by

$$f(x|\lambda) = \lambda e^{-x\lambda}, \quad x > 0, \lambda > 0. \quad (1)$$

The mean and variance of an $\text{Exp}(\lambda)$ distribution are $E(X) = \lambda^{-1}$ and $V(X) = \lambda^{-2}$. The cumulative distribution function (cdf) of $\text{Exp}(\lambda)$ is as follows:

$$F(x) = 1 - e^{-x\lambda}, \quad x > 0, \lambda > 0. \quad (2)$$

Since some real datasets are complex and their distributions are not exponential, many researchers have tried to develop an appropriate statistical distribution by adding shape parameter α used in distributions such as Weibull(α, λ) with a cdf given by

$$F(x) = 1 - e^{-(x\lambda)^\alpha}, \quad x > 0, \lambda, \alpha > 0. \quad (3)$$

Furthermore, the generalized exponential distribution (Gupta and Kundu, 1999), $E(\alpha, \lambda)$, has a cdf as follows:

$$F(x) = (1 - e^{-x\lambda})^\alpha, \quad x > 0, \lambda, \alpha > 0. \quad (4)$$

For a gamma distribution, $\text{gamma}(\alpha, \lambda)$ is the sum of the independent exponential random variables. Thus, the pdf of $\text{Gamma}(\alpha, \lambda)$ distribution can be denoted as

$$f(x|\alpha, \lambda) = \frac{\lambda^\alpha x^{\alpha-1} e^{-x\lambda}}{\Gamma(\alpha)}, \quad x > 0, \alpha, \lambda > 0, \quad (5)$$

where $\Gamma(\cdot)$ is the gamma function. Note that a gamma distribution where $\alpha=1$ is reduced to an exponential distribution. $\text{Gamma}(\alpha, \lambda)$, has a cdf as follows:

$$F(x) = \Gamma_{x/\lambda}(\alpha) / \Gamma(\alpha), \quad \alpha, \lambda > 0 \quad (6)$$

and $\Gamma_x(\cdot) = \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt$ is the *incomplete* gamma function.

The Lindley exponential distribution (Bhati et al., 2015), $\text{Lindley}(\alpha, \lambda)$, has a cdf that can be written as

$$F(x) = \frac{(1 - e^{-x\lambda})^\alpha [1 + \alpha - \alpha \ln(1 - e^{-x\lambda})]}{1 + \alpha}, \quad x > 0, \lambda, \alpha > 0. \quad (7)$$

For a statistical distribution, more parameters make the model more complex and the statistical inference in the model selection can become ambiguous (Burnham and Anderson, 2002). Moreover, when analyzing seasonal precipitation, we are interested in two-parameter positively skewed distributions. However, a large sample size can limit the distributed tend to the normal distribution, $\text{norm}(\mu, \sigma^2)$, with location parameter μ and scale parameter σ^2 . The cdf for this can be written as

$$F(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \text{erf} \left(\frac{x - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right], \quad \sigma > 0, -\infty < x, \mu < +\infty, \quad (8)$$

where $\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$ is an error function. The mean and variance of $\text{norm}(\mu, \sigma^2)$ are given by

$E(X) = \mu$ and $V(X) = \sigma^2$, respectively. Alternatively, when of a normal distribution is positively skewed, we can take the logarithm to attain the lognormal distribution, $\text{lnorm}(\mu, \sigma^2)$. The cdf for this distribution is given by

$$F(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma\sqrt{2}} \right) \right], \quad x > 0, \sigma > 0, -\infty < \mu < +\infty. \quad (9)$$

The parameters for all of the statistical distributions mentioned can be estimated by using the MLE.

2.3 Modeling the selection criteria

The choice of the most appropriate statistical distribution is important in hydrological events to rationalize the use of a particular function. Generalization for model selection based on information criteria, goodness-of-fit tests, etc., has also been considered. In practice, Stephens (1974) reported that the Anderson-Darling (AD) (Anderson and Darling, 1952), goodness-of-fit test statistic performed better than other goodness-of-fit tests and thus recommended its use for testing the fit of a positively skewed distribution. The AD test statistic can be written in the form

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) \left[\ln(F(x_i)) + \ln(1-F(x_{n+1-i})) \right], \quad (10)$$

where n is the sample size, $F(\cdot)$ is the expected cdf, and x_i are the ordered data. For the model selection criteria are used the Akaike information criterion (AIC) (Akaike, 1973), can also be used as a model selection criterion for nested statistical distributions. It can be defined as

$$AIC = 2k - 2 \ln LL, \quad (11)$$

where k is the number of parameters in the model and LL is the log-likelihood function for the model. Laio et al. (2009) and Baldassarre et al. (2009) mentioned that the AD test outperformed AIC in cases of statistical distributions with three parameters whereas AIC was better for two-parameter statistical distributions. Additionally, Dey and Kunde (2009) suggested that the largest maximized likelihood value is suitable to discriminate among three statistical distributions.

Consequently, the best-fitting model for seasonal precipitation data based on the maximized likelihood function and the smallest AIC and AD values indicates that the tested statistical distribution is appropriate (Ghitany et al., 2017; Hussain et al., 2017).

2.4 Generalized linear models

Normally, rainfall data form a positively skewed distribution (Ashkar, 2017). For this reason, a nonparametric correlation measure called Spearman's rank correlation coefficient (r_s) is appropriated for measuring the strength of the relationship between variables:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (12)$$

where n is the pair sample size and d_i , $i=1, 2, \dots, n$, for each pair of observations. Moreover, generalization to determine how a response variable depends on the value of another one can be determined by using a generalized linear model (GLM) (Nelder and Wedderburn, 1972). A GLM includes three components:

1) A random component which is the response variable (Y_i , $i=1, 2, \dots, n$) when given the values of the explanatory variables in the model and the associated probability distribution in an exponential family:

$$f(y|\theta, \phi) = \exp \left(\frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right), \quad (13)$$

where θ is a natural parameter; ϕ is a dispersion parameter; and $a(\cdot)$, $b(\cdot)$, $c(\cdot)$ are functions.

2) A linear predictor or systematic component which includes p explanatory variables ($X_1, X_2, \dots, X_p$) and the relationships among them:

$$\eta = \beta^t X = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p. \quad (14)$$

3) A link function which specifies the relationship between the linear predictor and the expectation of the response given the values of the explanatory variables:

$$g(\mu) = \eta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p. \quad (15)$$

In practice, the regression coefficients ($\beta_i, i = 0, 1, 2, \dots, p$) are estimated by applying ordinary least squares regression. The gamma regression is based on the assumptions: 1) the dependent variable (Y) is gamma distributed with which probability density function (pdf) is given in Equation (5), 2) a linear predictor which includes p explanatory variables with unknown coefficients and the relationships among them in Equation (14) and 3) a link function is given in Equation (15).

3. Results and Discussion

To assess when the statistical modeling of seasonal rainfall data from the Doisaket rain gauge station is appropriate, the data were analyzed using the R statistical program (R Core Team, 2015). The results of the analysis are listed in Table 1.

3.1 Model selection criteria for seasonal rainfall data

For the Doisaket rain gauge station in the summer season, the precipitation had a maximum/minimum cumulative seasonal rainfall of 504.80/40.90 mm with a central tendency of 210.19 mm. The slight outlier (in 1990) in the maximum of the precipitation indicates a summer storm (Figure 1).

Table 1 Descriptive statistics of the precipitation data from the Doisaket rain gauge station

Season	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Q ₁	Q ₂	Q ₃
Summer	40.90	504.80	210.19	96.06	128.05	208.00	273.15
Rainy	394.90	1,158.30	746.50	191.26	616.15	734.50	887.75
Winter	22.20	328.00	159.24	76.28	113.85	136.30	209.35

Note. Precipitation in mm. Q_i, the ith quartile of the data.

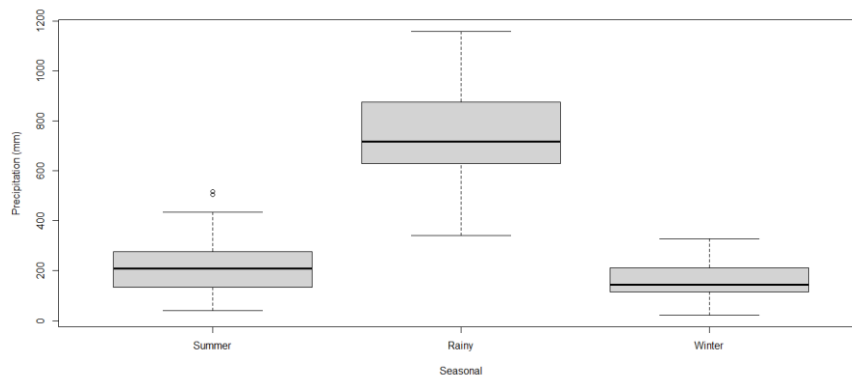


Figure 1 A box plot of the precipitation data from the Doisaket rain gauge station during different seasons

The maximum/minimum cumulative rainfall amounts were 1,158.30/394.90 mm with a central tendency of 746.50 mm for the rainy season (the highest) and 328.00 mm/22.20 mm with a central tendency of 159.24 mm for the winter season (the lowest). Table 2 and Figure 2 demonstrate that a Weibull distribution for the summer season and a gamma distribution for the rainy and winter seasons provided the best fit.

Table 2 Summary of the tested statistical distributions for the Doisaket rain gauge station precipitation data

Distribution	Summer			Rainy			Winter		
	LL	AIC	AD	LL	AIC	AD	LL	AIC	AD
Weibull	-338.39	680.78	0.25	-380.22	764.43	0.36	-324.69	653.38	0.67
Gamma	-338.43	680.85	0.35	-379.49	762.98	0.22	-324.66	653.32	0.47
Inorm	-340.69	685.38	0.71	-380.13	764.25	0.33	-326.91	657.83	0.59
norm	-340.58	685.15	0.42	-379.83	763.66	0.27	-327.44	658.88	1.24
Lindley	-339.39	682.78	0.52	-400.51	805.02	0.57	-325.40	654.80	0.48
GE	-339.29	682.58	0.50	-381.15	766.31	0.48	-325.30	654.59	0.47

Note. The values in bold indicate the best-fitting distribution.

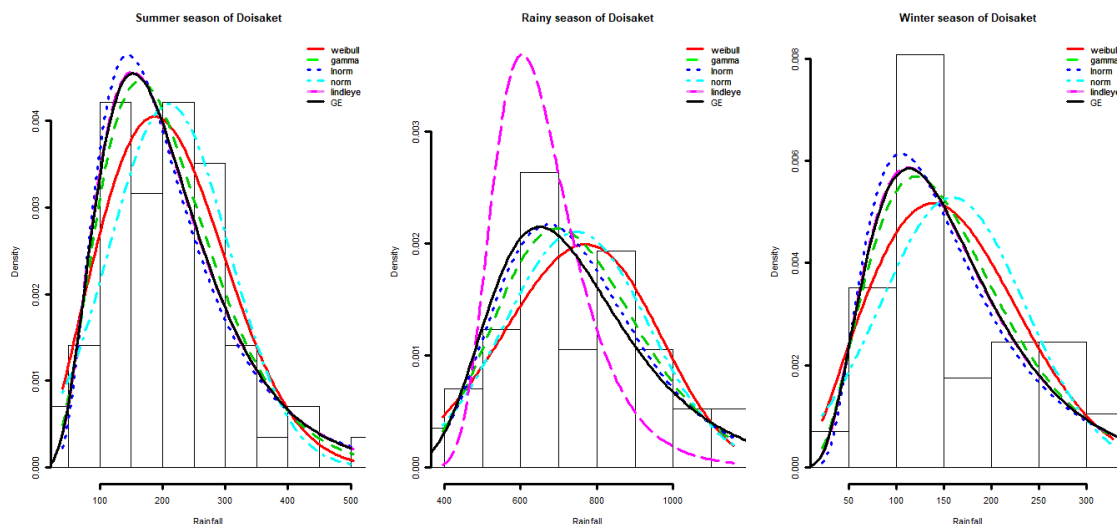


Figure 2 Comparison of histograms and theoretical densities for the tested statistical distributions for Doisaket rain gauge station precipitation data

3.2 Two correlated gamma random variables

Table 3 reports the precipitation amounts during the winter season. There is correlation between the precipitation amounts during the winter and rainy seasons at the 0.05 significance level ($p\text{-value} < 0.05$). The coefficient of determination ($R^2 = (0.28)^2 = 0.078$), equivalent to 7.8% variation in the precipitation amount in the winter season, can be accounted for by the variation in the precipitation amount during the rainy season.

Table 3 Spearman's correlation ($p\text{-value}$) for seasonal rainfall data measured at the Doisaket rain gauge station

Season	Summer	Rainy	Winter
Summer	1.00	-0.11 (0.41)	-0.02 (0.89)
Rainy		1.00	0.28 (0.03)
Winter			1.00

Gamma regression was applied to analyze the effect of the precipitation amount in the rainy season on the precipitation amount in the winter season (Table 4).

Table 4. Gamma regression estimates for seasonal rainfall data measured at the Doisaket rain gauge station

Source	Coefficient	Std. Error	t value	p-value
Intercept	4.498	0.254	17.699	0.000
Rainy	0.001	0.000	2.286	0.026

Outcome: Winter (log link).

The results in Table 4 indicate that there is a significant relationship between the precipitation amounts in the winter and rainy seasons. Moreover, the estimated gamma regression to predict the precipitation amount in the winter season ($\hat{y}$) given the precipitation amount in the rainy season (x) is

$$\hat{y} = \exp(4.498 + 0.001x). \quad (16)$$

It was found that an increase (decrease) in the precipitation amount in the winter season is associated with an increase (decrease) in the precipitation amount in the rainy season.

4. Conclusions

Determining the appropriate statistical distribution for seasonal precipitation is important for forecasting extreme events and for effective water management. The results based on the model selection criteria of the appropriate statistical distribution indicate that the gamma distribution is the best-fitting distribution for the seasonal precipitation data from the Doisaket rain gauge station in Thailand. Furthermore, gamma regression showed that the precipitation amount during the winter season is correlated with that in the rainy season, indicating that less precipitation in the rainy season was linked to more precipitation in the winter season and vice versa, a pattern that is expected to increase over time. The information obtained from our results could offer help to the agencies involved in planning and managing water resources in the Doisaket area to understand the effects of seasonal precipitation.

Acknowledgements

C. Pudprommarat is grateful to the Suan Sunandha Rajabhat University for financial support.

References

- Agro-Meteorological Academic Group Meteorological Development. (2015). **Study on drought index in Thailand**. cited 2019 Jul 13 Retrieved from <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. **Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory**, 267 – 281.
- Anderson, W., & Darling, D.A. (1952). Asymptotic theory of certain “goodness-of-fit” criteria based on stochastic processes. **The Annals of Mathematical Statistics**, 23(2), 193-212.
- Ashkar, F. (2017). Model selection tools for hydrological frequency analysis: some new results. **Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress**, 384 – 389.
- Baldassarre, G.D., Laio, F., & Montanari, A. (2009). Design flood estimation using model selection criteria. **Physics and Chemistry of the Earth**, 34(10-12), 606-611.
- Bhati, D., Malik, M.A., & Vaman, H.J. (2015). Lindley–exponential distribution: properties and applications. **Metron**, 73(3), 335-357.
- Burnham, K.P., & Anderson, D. (2002). **Model selection and multimodel inference**. 2nd ed. Berlin-Heidelberg, New York: Springer.
- Chaito, T., & Khamkong, M. (2018). A modified box and cox power transformation to determine the standardized precipitation index. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 40(4), 867-877.
- Chaito, T., Khamkong, M., & Murnta, P. (2019). Appropriate transformation techniques to determine a modified standardized precipitation index for the Ping River in northern Thailand. **EnvironmentAsia**, 12(3), 32-42.
- Chang, T.P. (2011). Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application. **Applied Energy**, 88(1), 272-282.
- Chaowiwat, W., Sarinnapakprn, K., & Boonya-aroonnet, S. (2016). Bias correction of seasonal rainfall forecasts of Thailand from general circulation model by using the ratio of gamma CDF parameter method. **Naresuan University Engineering Journal**, 11(1), 7-13.

- Dey, A.K., & Kundu, D. (2009). Discriminating among the log-normal, Weibull and generalized exponential distributions. **IEEE Transactions on Reliability**, 58(3), 416-424.
- Ghitany, M.E., Song, P., & Wang, S. (2017). New modified moment estimators for the two-parameter weighted Lindley distribution. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, 87(16), 3225-3240.
- Gupta, R.D., & Kundu, D. (1999). Generalized exponential distributions. **Australian and New Zealand Journal of Statistics**, 44(2), 173 - 188
- Hussain, T., Bakouch, H.S., & Iqbal, Z.A. (2017). New probability model for hydrologic event: properties and applications. *Journal of Agricultural. Biological and Environmental Statistics*, 23(1), 63-82.
- Hydrology and Water Management Center for Upper Northern Region Chiang Mai Thailand. (2015). **Bureau of Water Management and Hydrology Royal Irrigation Department Thailand, Rainfall Data**. cited 2019 July 13 Retrieved from: <http://hydro-1.net>.
- Hydrology Papers no. 8, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA. (1965). **Probability of best fit to distributions of annual precipitation and runoff**. cited 2019 July 13 Retrieved from https://mountain.scholar.org/bitstream/handle/10217/61285/HydrologyPapers_n8.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Jaithun, M., & Khamkong, M. (2017). Optimal parameter estimation for zero-inflated gamma distributions with application to rainfall data of Yom River in northern Thailand. **Proceedings of the 13th IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics and their Applications**, o50021-1-6.
- Khamkong, M., & Bookkamana, P. (2015). Development of statistical models for maximum daily rainfall in upper northern region of Thailand. **Chiang Mai Journal of Science**, 42(4), 1044-1053.
- Laio, F., Baldassarre, G.D., & Montanari, A. (2009). Model selection techniques for the frequency analysis of hydrological extremes. **Water Resources Research**, 45(7), 29-40.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration on time scale. **Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology**, 179-184.
- Nelder, J.A., & Wedderburn, R.W.M. (1972). Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A**, 1972; 135(3): 370-384.
- Pakoksung, K., & Takagi, M. (2016). Mixed Zero-Inflation Method and Probability Distribution in Fitting Daily Rainfall Data. **Engineering Journal**, 21(2), 63-80.
- R Core Team. (2015). **R: Language and Environment for Statistical Computing**. cited 2019 July 13 Retrieved from <https://www.r-project.org/foundation>.
- Stephens, M.A. (1974). EDF statistics for goodness of fit and some comparisons. **Journal of the American Statistical Association**, 69(34), 730-737.
- Werapun, W., Tirawanichakul, Y., & Waewsak, J. (2015). Comparative study of five methods to estimate Weibull parameters for wind speed on Phangan Island, Thailand. **Energy Procedia**, 79, 976-981.
- Yue, S., & Hashino, M. (2007). Probability distribution of annual, seasonal and monthly precipitation in Japan. **Hydrological Sciences Journal**, 52(5), 863 - 877.
- Yusof, F., & Hui-Mean, F. (2012). Use of statistical distribution for drought analysis. **Applied Mathematical Sciences**, 6(21), 1031 - 1051.

**การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า:
กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด**

วัลย์ลักษณ์ อัครีวงศ์^{1*} และ สิวินัย ปงลังกา²

Received: 24 March 2020; Revised: 8 May 2020; Accepted: 13 May 2020

บทคัดย่อ

ตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้านับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง การตั้งคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าใกล้กับแหล่งลูกค้าปลายทางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าให้มีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น แต่อาจส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งโดยรวมเพิ่มสูงขึ้นหากมีศูนย์กระจายสินค้ามากเกินไป ปัจจุบันบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด เป็นผู้ให้บริการบุคคลที่ 3 ทำหน้าที่รับผิดชอบในการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางซึ่งกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ โดยมีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าอีก 9 แห่งกระจายอยู่ในภูมิภาคต่างๆ ในอดีตที่ผ่านมาบริษัทยังไม่เคยวิเคราะห์เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้านี้รวมทั้งจำนวนที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมให้กับทางบริษัทในการที่จะขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LINGO พบว่าบริษัทควรมีคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและมีศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่ง ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าลงได้ 1,343,170 บาทต่อเดือนหรือคิดเป็นร้อยละ 6.1

คำสำคัญ: ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง, คลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า, ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

*Corresponding e-mail: walailaknoi@gmail.com

^{1,2}ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Location Selection of Warehouse and Distribution Centers: A Case Study of Thailand Post Distribution Co., Ltd.

Walailak Atthirawong^{1*} and Siwanee Ponglangka²

Received: 24 March 2020; Revised: 8 May 2020; Accepted: 13 May 2020

Abstract

Location of warehouse and distribution center is a major factor affecting transportation cost. Locating warehouse or distribution center proximity to final customers will help in efficient flow to transport products to customers more convenient and faster. However, it might affect total transportation cost if there are too many distribution centers. Currently, Thailand Post Distribution Co. Ltd., a third party company, is responsibility to send drugs and medical supplies to final customers which situated in various provinces around the country. The company has one warehouse locating in Samut Prakan province and nine distribution centers locating in several regions. In the past, the company does not have any investigation about where to locate a warehouse location and distribution centers and the number of optimal number of those facilities. As a result, the objective of this research is to find suitable locations of a warehouse and distribution centers for this company in order to transport products to final customers with the lowest transportation costs using mathematical model. Analysis results via processing with LINGO software revealed that the company should have one warehouse locating in Samut Prakan province and twelve distribution centers which will reduce transportation cost by 1,343,170 baht per month or 6.1%.

Keywords: Location Problem, Warehouse and Distribution Center, Mathematical Model

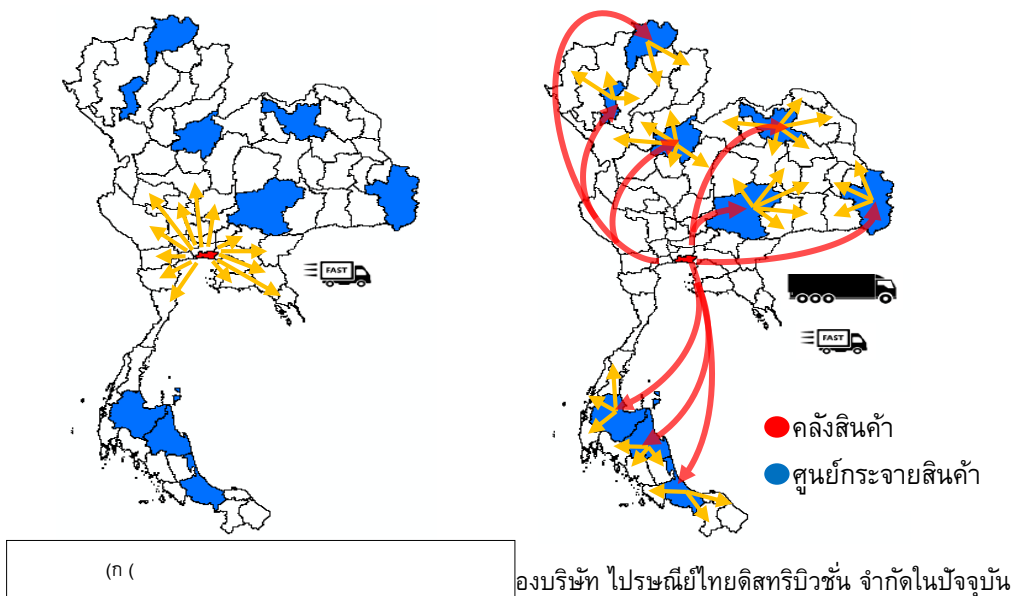
*Corresponding e-mail: walailaknoi@gmail.com

^{1,2}Department of Statistics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1. บทนำ

บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด เป็นบริษัทในเครือของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ซึ่งเป็นผู้ให้บริการขนส่งบุคคลที่ 3 ทำหน้าที่กระจายสินค้าแบบครบวงจรบริษัทหนึ่งตามนโยบายดิจิทัล อีโคโนมี ปัจจุบันบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ดำเนินการให้บริการขนส่งในกลุ่มยาและเวชภัณฑ์ อุปกรณ์สื่อสาร อิเล็กทรอนิกส์และไอที อีคอมเมิร์ซ เมลลอร์เดอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ซึ่งร้อยละ 95 ของการให้บริการทั้งหมดเป็นการขนส่งกลุ่มยาและเวชภัณฑ์

จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเติบโตของอีคอมเมิร์ซทำให้ความต้องการในกลุ่มธุรกิจขนส่งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีผู้ประกอบการในกลุ่มธุรกิจขนส่งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งที่เป็นผู้ประกอบการรายเดิมและผู้ประกอบการรายใหม่ที่กำลังจะเข้ามาในอนาคต ส่งผลทำให้ส่วนแบ่งทางการตลาดในกลุ่มธุรกิจขนส่งมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด จึงให้ความสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องซึ่งจะส่งผลให้บริษัทเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน รวมถึงการหาแนวทางลดต้นทุนการขนส่งเนื่องจากร้อยละ 80 ของต้นทุนรวมเป็นต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งสินค้า จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด มีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ และมีศูนย์ฯ) กระจายสินค้า Distribution Center: DC อีก (9 แห่งกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศดังนี้ เชียงราย ลำพูน พิษณุโลก อุดรธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา เส้นทางขนส่งสินค้าจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ขนส่งไปยังคลังสินค้าที่ จ. ส่วนหลักๆ ดังนี้ ส่วนแรกจะเริ่มจากต้นทางคือบริษัทผู้ผลิตใน จ 3 สมุทรปราการด้วยรถบรรทุกทุกล้อ ส่วนที่สองคือการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในโซนภาคกลางจะมี 18 ลักษณะเป็นแบบ Milk Run โดยใช้รถกระบะ ล้อที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ในส่วนที่สามจะเป็นการจัดส่งสินค้าจาก 4 คลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในภูมิภาคอื่นๆ จะมีลักษณะเป็นแบบ Cross Docking กับ Milk Run เนื่องจากมีการใช้รถบรรทุก ล้อบรรทุกสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าในช่วงเวลากลางคืน จากนั้นทำการคัดแยกและ 18 ล้อที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิกระจายสินค้าให้กับ 4 เปลี่ยนถ่ายยานพาหนะที่ศูนย์กระจายสินค้าก่อนจะใช้รถกระบะลูกค้าในแต่ละจังหวัดดังรูปที่ 1 ซึ่งคลังสินค้า 1 แห่งในปัจจุบันนั้นมีการดำเนินการในลักษณะสัญญาเช่า ดังนั้นบริษัท จึงมีแนวคิดที่จะวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ตั้งคลังสินค้าในปัจจุบันเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการต่อสัญญาเช่าคลังสินค้าครั้งต่อไป



โดยทั่วไปปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม (Facility Location Problem :FLP) คือการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทาง หรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าน้อยที่สุด (จันทร์ศิริ)สิงห์เถื่อน,2554) และการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ถูกนำไปใช้ประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาอย่างกว้างขวางทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ วิทยาการคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรม โดยการแปลงปัญหาจริงให้อยู่ในรูปของตัวแบบทางคณิตศาสตร์และสามารถปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลต่างๆ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลเฉลยโดยให้โปรแกรมประมวลผลตามสถานการณ์ใหม่ๆ (กรุง) สินอกริมย์สรานู, 2545) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมที่เกิดจากการขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดใหญ่และการขนส่งด้วยรถกระบะ 4 ล้อให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ในการที่จะขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศด้วยต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่ต่ำที่สุดโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด สามารถใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาการต่อสัญญาเช่าในครั้งต่อไปก่อนคลังสินค้าจะหมดสัญญาเช่าในปี หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัท 2565เพื่อให้สามารถแข่งขันได้

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่ทำให้ต้นทุนโดยรวมที่ต่ำที่สุด โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าในกลุ่มยาและเวชภัณฑ์เท่านั้น
2. เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าในแต่ละจังหวัดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2562
3. พิจารณาหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าไปพร้อมๆ กัน โดยจังหวัดที่จะใช้ในการพิจารณาค่าที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ามีทั้งหมด จังหวัด ได้แก่ เชียงราย ลำพูน พะเยา นนทบุรี นครราชสีมา อุดรธานี อุบลราชธานี นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สงขลา สมุทรปราการ อัญญา ปทุมธานี กรุงเทพมหานคร พระยา แพร่ เชียงใหม่ ลำปาง ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ มหาสารคาม สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และศรีสะเกษ โดยพิจารณาจากจังหวัดที่อยู่บริเวณตรงกลางของแต่ละภูมิภาคและมีความต้องการสินค้าในปริมาณมาก
4. การคำนวณระยะทางจากต้นทางไปยังปลายทางจะใช้พิกัดของศาลากลางประจำจังหวัดแทนตำแหน่งคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า หรือลูกค้าปลายทางในจังหวัดนั้นๆ

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านการขนส่งนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทได้ดังนี้ (<https://www.logisticafe.com>)

4.1.1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ในบางครั้งต้นทุนประเภทนี้อาจเรียกชื่ออื่น เช่น Constant Cost หรือ Overhead Cost เป็นต้นทุนที่จะต้องทำการจ่ายเป็นประจำโดยไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกิจกรรมการขนส่ง เช่น ค่าเช่าที่ดินอาคาร ค่าประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ และค่าเสื่อมราคา เงินเดือนพนักงาน เป็นต้น

4.1.1.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการบริการขนส่ง เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าบำรุงรักษา และค่าธรรมเนียมในการผ่านทาง เป็นต้น

4.1.1.3 ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรเข้าไว้ด้วยกันไม่สามารถจะแยกออกได้ว่าต้นทุนของการขนส่งสินค้าหรือบริการแต่ละประเภทนั้นเป็นเท่าใด เช่น การขนส่งทางรถไฟ โดยรถขบวนหนึ่งอาจมีทั้งผู้โดยสาร สินค้าและบริการอยู่ในขบวนเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะเป็นต้นทุนรวมกัน เป็นต้น

4.1.1.4 ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ได้รวมค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ที่เกิดจากการขนส่งสินค้าหรือบริการไปยังจุดหมายปลายทางแล้วในเที่ยวกลับไม่มีสินค้าบรรทุกกลับ ในกรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนเที่ยวกลับรวมไว้ใน การคิดต้นทุนค่าบริการขนส่งด้วย

4.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง

การเลือกทำเลที่ตั้งมีความสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กร กล่าวคือหากเลือกทำเลที่ไม่เหมาะสม จะทำให้องค์กรประสบปัญหาอื่น ๆ ตามมา เช่น ค่าขนส่งสูงเนื่องจากสถานประกอบธุรกิจอยู่ไกลจากแหล่งวัตถุดิบ และตลาด การเลือกทำเลที่ตั้งสถานประกอบธุรกิจต่าง ๆ โดยทั่วไปมักจะพยายามหาทำเลที่ทำให้ต้นทุนรวมของการผลิตสินค้าและบริการที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยจันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน (2554) ได้กล่าวว่า โด (ยทั่วไปปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง) Facility Location Problem: FLP) เป็นการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการ พร้อมทั้งจัดสรรการให้บริการเพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทาง หรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าหรือบริการน้อยที่สุด วิธีการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ วิธีฮิวริสติกส์ 2Heuristic Method) ที่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่า แต่อาจให้คุณภาพของคำตอบต่ำกว่าเมื่อเทียบกับวิธีแม่นยำ (Exact Method) ที่มีคุณลักษณะเฉพาะเจาะจงแต่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งหากใช้ปัจจัยที่มีผลต่อแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีแม่นยำ จะแบ่งปัญหาได้เป็น ประเภท ดังนี้ 4

4.2.1 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมโดยพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่งที่ทำการตัดสินใจและพิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนและมีค่าคงที่ แบ่งออกเป็น 5 ประเภทตามวัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการ ดังนี้

4.2.1.1 ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minimum Facility Location Problem) เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน P แห่ง เพื่อให้ระยะทาง ระยะเวลา หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด

4.2.1.2 ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้า (Covering Problem) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้ารับบริการได้อย่างทั่วถึงด้วยระยะทางหรือระยะเวลาที่ยอมรับได้ เช่น สถานีดับเพลิง โรงพยาบาล เป็นต้น ปัญหานี้ยังแบ่งออกได้อีก 2 ประเภท คือ 1) Set Covering Problem เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการโดยใช้ต้นทุนในการสร้างน้อยที่สุดเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มลูกค้าทั้งหมด และ 2) Maximal Covering Problem เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน P แห่ง เพื่อให้สามารถครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

4.2.1.3 ปัญหาระยะทางไกลสุดที่น้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problems) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการ P แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้สถานที่ให้บริการมากที่สุด โดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหา P-Center

4.2.1.4 ปัญหาสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์ (Obnoxious Facility Location Problem) สถานที่ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขอนามัยของสถานที่ใกล้เคียง แต่ก็ยังเป็นสถานที่ที่มีประโยชน์และไม่ต้องการให้อยู่ห่างจากลูกค้ามากเกินไปเนื่องจากเหตุผลด้านต้นทุนการขนส่ง เช่น โรงงานกำจัดขยะ โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ บ่อบำบัดน้ำเสีย

4.2.1.5 ปัญหาอื่นๆ ที่มีความหลากหลายตามรายละเอียดเพิ่มเติมของปัญหา เช่น สถานที่ให้บริการหรือขายสินค้าที่มีความหลากหลาย (Multi-Commodity) หรือกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าในหลายระดับ (Multi-Level)

4.2.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบพลวัต ในความเป็นจริงปัญหา FLP เป็นการตัดสินใจที่ส่งผลในระยะยาวซึ่งข้อมูลนำเข้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา วิธีแก้ปัญหาก็ใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยพิจารณาที่ละจุดเวลาแล้วนำตำแหน่งที่ดีที่สุดของแต่ละจุดเวลามาพิจารณาเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดอีกครั้ง ซึ่งต่อมา Scott (1971) ได้พิสูจน์ว่า คำตอบที่ได้ยังไม่ใช่ว่าคำตอบที่ดีที่สุดพร้อมกับนำเสนอแนวคิดการแก้ปัญหา กำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุดในช่วงเวลาจำนวนที่ยอมรับได้

4.2.3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบสโตแคสติก เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ไม่แน่นอนแต่สามารถอธิบายได้ด้วยความน่าจะเป็น

4.2.4 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบโรบัสต์ ปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ไม่แน่นอนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความน่าจะเป็น มีเป้าหมายคือต้องการให้ผลลัพธ์เป็นการตัดสินใจที่ดีแม้ค่าพารามิเตอร์จะเปลี่ยนไปตามความไม่แน่นอนที่พิจารณา โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปแบบที่ต้องการทำให้ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดหรือค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งโดยพิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนและมีค่าคงที่ ดังนั้นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้จึงนับเป็นตัวแบบที่พัฒนามาจากปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งแบบดีเทอร์มินิสติก

4.3 กำหนดการเชิงเส้น

4.3.1 องค์ประกอบของกำหนดการเชิงเส้น

องค์ประกอบของกำหนดการเชิงเส้นประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจ หลักเกณฑ์และกลุ่มเงื่อนไข ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดผลการตัดสินใจว่าต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมด (ศักดิ์สิทธิ์ สุขสุเมธ, 2557) โดยรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

4.3.1.1 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ตัวแปรที่ผู้ตัดสินใจเลือกได้ว่าจะให้มีค่าเท่าใด ค่าของตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวกำหนดถึงผลลัพธ์ที่ได้ เช่น จำนวนการผลิต ต้นทุน รายได้ ระยะทาง เวลา เป็นต้น

4.3.1.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ตัวแปรที่ต้องการให้มีค่าที่ดีที่สุดซึ่งอาจเป็นค่าสูงสุด (Maximization) หรือค่าต่ำสุด (Minimization)

4.3.1.3 ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints) เงื่อนไขบังคับที่ต้องปฏิบัติตามหรือข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆ อาจเป็นเงื่อนไขหรือข้อจำกัดด้านกายภาพ ด้านการเงิน ด้านการผลิต เงื่อนไขทางตรรกะ หรือเงื่อนไขด้านอื่นๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา

4.3.2 รูปแบบมาตรฐานของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming: ILP) มีรูปแบบของปัญหาในลักษณะเดียวกับปัญหาการกำหนดการเชิงเส้นรูปแบบทั่วไป แต่จะมีการระบุค่าของตัวแปรตัดสินใจให้มีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบปัญหาจริงนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง (สุปรีชา วงศ์อารีย์, 2558) โดยรูปแบบมาตรฐานของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มมี 2 ลักษณะขึ้นอยู่กับว่าเป็นปัญหาที่ต้องการหาค่าสูงสุดหรือต้องการหาค่าต่ำสุดดังนี้

กำหนดให้

จำนวนกิจกรรมทั้งหมดเท่ากับ n กิจกรรม

จำนวนเงื่อนไขบังคับเท่ากับ m เงื่อนไข

P คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

X_j คือ ตัวแปรตัดสินใจตัวที่ j

C_j คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ j ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เช่น กำไรต่อหน่วย ต้นทุนต่อหน่วย

a_{ij} คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ j ในเงื่อนไขบังคับข้อที่ i

b_j คือ ค่าคงที่ทางขวามือของเงื่อนไขบังคับข้อที่ i
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

Maximize หรือ Minimize $P = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$
เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{array}{cccccc} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n & (<, \leq, >, \geq, =) & b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n & (<, \leq, >, \geq, =) & b_2 \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n & (<, \leq, >, \geq, =) & b_m \\ X_j & \geq & 0 \\ X_j & = \text{Integer} & ; \forall j \end{array}$$

4.3.3 การหาผลเฉลยของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

วิธีการหาผลเฉลยอย่างง่ายสำหรับปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่มีตัวแปรตัดสินใจเพียง 2-3 ตัวแปร สามารถหาผลเฉลยโดยวิธีกราฟได้แต่หากจำนวนตัวแปรมีจำนวนมาก จะนิยมใช้วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ที่มีพื้นฐานมาจากวิธีพีชคณิต แต่โดยทั่วไปตัวแบบกำหนดเชิงเส้นสำหรับปัญหาในทางธุรกิจและอุตสาหกรรมมักมีตัวแปรตัดสินใจจำนวนมากทำให้ตัวแบบมีความซับซ้อนจึงนิยมนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการหาผลเฉลย

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Andrés *et al.* (2014) ได้นำเสนอการกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมในการเลือกทำเลที่ตั้ง ขนาดและการทำงานของศูนย์กระจายสินค้าในเมืองเพื่อลดค่าใช้จ่ายหรือระยะทางรวมภายใต้ข้อจำกัดของปัญหา เช่น ระยะทางในการขนส่งสินค้า จำนวนและความจุของยานพาหนะ เป็นต้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวถูกเขียนด้วยภาษา GAMS (General Algebraic Modeling System) ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่เป็นกำหนดการเชิงเส้นดีกว่าวิธีฮิวริสติกแบบลำดับชั้นของ Montoya-Torres ในทุกกรณี โดยมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำกว่าถึง 30.57%

Shitai *et al.* (2014) ทำการเลือกทำเลที่ตั้งหอสังเกตการณ์ไฟฟ้าโดยใช้กำหนดการเชิงเส้นที่มีชื่อว่า Location Allocation Models เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและเพิ่มพื้นที่การแผ่รังสีให้ครอบคลุมมากที่สุด ตัวแบบถูกพัฒนาขึ้นมาโดยแยกเป็น 3 ประเด็นดังนี้ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดด้วยการครอบคลุมทั้งหมด การครอบคลุมที่มากที่สุดด้วยงบประมาณที่จำกัด และการครอบคลุมที่มากที่สุดด้วยค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า หอสังเกตการณ์ 9 แห่งบนทำเลที่ตั้งที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถครอบคลุมพื้นที่ป่าได้ 97.5% และใช้งบประมาณแค่ 48 ล้านบาท มีความเหมาะสมมากกว่าการสร้างหอสังเกตการณ์ 20 แห่งที่ครอบคลุมพื้นที่ป่า 100% แต่ใช้งบประมาณสูงถึง 102 ล้านบาท

พัชรภรณ์ เนียมมณี และวลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์ (2555) ได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบการกระจายเหรียญกษาปณ์โดยการจัดตั้งหน่วยรับแลกเหรียญ (Window) เพื่อให้สามารถครอบคลุมทุกอำเภอในประเทศไทย งานวิจัยนี้ได้ใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีชื่อว่า ตัวแบบปัญหาการครอบคลุมเซต (Set Covering Problem Model) โดยมีข้อกำหนดด้านระยะทางระหว่างศูนย์กระจายเหรียญของสำนักบริหารเงินตรา กับพื้นที่ให้บริการในอำเภอต่างๆ ทั่วประเทศไม่เกิน 200 กิโลเมตรเพื่อให้รถขนส่งเหรียญสามารถวิ่งไป กลับได้ภายใน-1 วัน ผลการวิจัยพบว่าควรมี Window ทั้งหมด 40 แห่ง

ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล (2560) ได้นำเสนอแนวคิดการนำปัจจัยหลายด้านมาพิจารณาร่วมกันในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการขนส่ง ปัจจัยด้านความเสี่ยงต่ออุทกภัยและปัจจัยด้านรูปแบบการขนส่งทางรถไฟและเครื่องบิน โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมและวิเคราะห์หาคำตอบด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์และการโปรแกรมเป้าหมาย นอกจากนี้ยังทำการทดลองปรับค่าตัวแปรของปัจจัยเชิงคุณภาพให้เป็นค่าเชิง

ต้นทุน และวิเคราะห์หาค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดจากต้นทุนรวมของทุกปัจจัยภายใต้ข้อมูลของสถานการณ์จำลองนี้ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ในจังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง ได้ถูกเลือกเพื่อเป็นที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคจากพื้นที่ทางเลือกจำนวน 13 จังหวัดเนื่องจากส่งผลให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด ผลจากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ พบว่าจากการเปลี่ยนการให้ระดับความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ส่งผลให้คำตอบแตกต่างกัน

จารุพงษ์ บรรเทา และคณะ (2560) ได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ขยายมาจากตัวแบบ P-Median ที่ใช้หลักการของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเพื่อแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าระดับภูมิภาคให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยพิจารณาจากต้นทุนการจัดตั้งคลังสินค้าแต่ละแห่งและค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เนื่องจากปัจจุบันศักยภาพด้านการผลิตสินค้าของไทยลดลงอย่างต่อเนื่องสวนทางกับทิศทางความต้องการใช้สินค้าของประชากรที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการมีระบบสำรองสินค้าที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ประเทศไทยมีสินค้าใช้อย่างเพียงพอ กรณีศึกษาที่ใช้ข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมา ผลการคำนวณพบว่า จำนวนคลังสินค้าที่เหมาะสมคือ 10 แห่งและมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 413,773 บาท/ปี

อริวัฒน์ สีนะธรรม และเปรมพร เขมาวุฒม์ (2561) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าเพื่อเป็นศูนย์รวบรวมสินค้าจากโรงงานผลิตเบียร์ทั้ง 3 แห่งและเป็นศูนย์กระจายสินค้าให้กับกลุ่มลูกค้าในภาคใต้ เนื่องจากในปัจจุบันสินค้าจะถูกส่งจากโรงงานที่ผลิตไปยังลูกค้าโดยตรงและบางครั้งต้องใช้รถประเภท 10 ล้อ และ 6 ล้อในการจัดส่งซึ่งมีต้นทุนการขนส่งสูงกว่ารถเทรลเลอร์ การมีคลังสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งด้วยรถเทรลเลอร์จะช่วยลดต้นทุนการขนส่ง งานวิจัยนี้ได้ใช้อำเภอเมืองของทั้ง 14 จังหวัดในภาคใต้เป็นตัวแปรตัดสินใจและประมวลผลด้วย Excel Solver ผลการวิจัยพบว่าควรตั้งคลังสินค้าที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยค่าขนส่งสุทธิหลังการวิจัยลดลง 30.70%

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ในปัจจุบัน

ปัจจุบันบริษัทมีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ และมีศูนย์กระจายสินค้า (DC) อีก 9 แห่งกระจายอยู่ในจังหวัดเชียงราย ลำพูน พะเยา เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ พะเยา อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร นครราชสีมา ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ บุรีรัมย์ มหาสารคาม สุรินทร์ อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย นครพนม หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู อุดรธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ มุกดาหาร นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง กระบี่ สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง สงขลา นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา

ตารางที่ 1 พื้นที่การให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบัน

ต้นทาง	พื้นที่การให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม สมุทรปราการ สุพรรณบุรี ราชบุรี นครสวรรค์ ฉะเชิงเทรา ปทุมธานี อุทัยฯ สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี จันทบุรี ลำพูน ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ตราด ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สมุทรสงคราม
DC เชียงราย	เชียงราย น่าน พะเยา แพร่
DC ลำพูน	เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน
DC พะเยา	เพชรบูรณ์ พะเยา อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ บุรีรัมย์ มหาสารคาม สุรินทร์
DC อุดรธานี	อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย นครพนม หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
DC อุดรธานี	อุดรธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ มุกดาหาร
DC นครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง กระบี่
DC สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
DC สงขลา	สงขลา นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา

5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.2.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของคลังสินค้าแต่ละแห่ง ต้นทุนการขนส่งสินค้าและปริมาณความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท

เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีการดำเนินกิจกรรมที่เหมือนกันคือเป็นเพียงศูนย์รับสินค้าและเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะเท่านั้น ดังนั้น ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนสำหรับศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนที่มากที่สุดของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 162,700 บาทต่อเดือน ส่วนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนสำหรับคลังสินค้าแห่งใหม่จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของคลังสินค้าที่มีอยู่ 1 แห่งในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 5,000,000 บาทต่อเดือน เนื่องจากคลังสินค้าเป็นสถานที่สำหรับเก็บรักษาสินค้าไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อรอขนส่งลูกค้าจึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าโดยอ้างอิงที่ได้รับจากทางบริษัท

ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ รถกระบะ 4 ล้อสำหรับการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางและรถบรรทุก 18 ล้อสำหรับการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับต้นทุนการขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าจะทำการขนส่งด้วยรถกระบะ 4 ล้อและมีค่าใช้จ่ายประมาณ 1,850 บาทต่อเที่ยว โดยอ้างอิงจากข้อมูลต้นทุนการขนส่งสินค้าของทางบริษัทซึ่งได้รวมต้นทุนเที่ยวกลับไว้เรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าและจำนวนบรรทุกของยานพาหนะแต่ละประเภท

ประเภทยานพาหนะ	ต้นทุนการขนส่ง (บาท/กม.)	จำนวนบรรทุก (กล่อง/คัน)
รถกระบะ 4 ล้อ	22	7
รถบรรทุก 18 ล้อ	38	60

5.2.2 ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดและจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ

ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดกำหนดให้เป็นค่าคงที่โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลความต้องการสินค้าแต่ละจังหวัดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง มีนาคม 2562 เนื่องจากหน่วยงานรัฐได้มีการกำหนดจำนวนลูกค้าที่สามารถรองรับได้ต่อเดือนทำให้จำนวนลูกค้าแต่ละจังหวัดในแต่ละเดือนค่อนข้างคงที่ ส่วนจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อคำนวณจากความต้องการสินค้าแต่ละจังหวัดหารด้วยจำนวนบรรทุกดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จะถูกปัดขึ้นให้เป็นเลขจำนวนเต็มทั้งหมดเนื่องจากบริษัทจำเป็นต้องจัดส่งแม้ไม่เต็มคันรถ

ตารางที่ 3 ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดและจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ

ลูกค้าปลายทาง	ความต้องการสินค้า (กล่อง)	จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ
1.กรุงเทพ	1,406	201
2.ชลบุรี	354	51
3.นครปฐม	331	48
⋮	⋮	⋮
77.ยะลา	53	8

5.2.4 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง

การคำนวณระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางเพื่อนำไปใช้กับตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีขั้นตอนดังนี้

5.2.4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลพิกัด Latitude/Longitude ของศาลากลางประจำจังหวัดจาก Google Map เพื่อใช้เป็นตัวแทนตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละจังหวัด

5.2.4.2 ใช้ค่าพิกัด Latitude/Longitude ของแต่ละจังหวัดที่เก็บรวบรวมจากข้อ 5.2.4.1 ในการหา ระยะทางระหว่างต้นทาง-ปลายทางแต่ละคู่จาก Google Map โดยกำหนดให้เซต I คือ คลังสินค้า $\{1,2,3,...,25\}$ เซต J คือ ศูนย์กระจายสินค้า $\{1,2,3,...,25\}$ เซต K คือ ลูกค้าปลายทาง $\{1,2,3,...,77\}$ และแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ช่วงดังนี้ 1) ระยะทางจากคลังสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j 2) ระยะทางจากคลังสินค้า i หรือศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้าปลายทาง k ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ระยะทางจากคลังสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j (หน่วย: กิโลเมตร)

i / j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	25
1	0	216	384	745	650	989	1,510	1,401	1,706	...	796
2	212	0	317	679	583	922	1,416	1,308	1,609	...	874
3	381	320	0	384	360	628	1,127	995	1,319	...	579
4	749	688	391	0	316	341	1,002	893	1,198		280
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
25	937	875	578	284	382	63	1,281	1,172	1,477	...	0

ตารางที่ 5 ระยะทางจากคลังสินค้า i หรือศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้าปลายทาง k (หน่วย: กิโลเมตร)

$i, j / k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	77
1	0	216	384	745	650	989	1,510	1,401	1,706	...	1,830
2	212	0	317	679	583	922	1,416	1,308	1,609	...	1,733
3	381	320	0	384	360	628	1,127	995	1,319	...	1,440
4	749	688	391	0	316	341	1,002	893	1,198		1,323
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
25	937	875	578	284	382	63	1,281	1,172	1,477	...	0

5.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

เซต)Set(

I คือ คลังสินค้า $\{1,2,3,...,25\}$

J คือ ศูนย์กระจายสินค้า $\{1,2,3,...,25\}$

K คือ ลูกค้าปลายทาง $\{1,2,3,...,77\}$

พารามิเตอร์ (Parameters)

F_j คือ ต้นทุนการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้า j

D_i คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากบริษัทผู้ผลิตไปยังคลังสินค้า i

D_{ij} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j

D_{ik} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า i ไปยังลูกค้า k

D_{jk} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้า k

R_i คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุก i ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากบริษัทผู้ผลิตไปยังคลังสินค้า 18

R_j คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุก ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าที่กำหนดไป 18 ยัง

ศูนย์กระจายสินค้า j

N_i คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็น 4

คลังสินค้า i

N_j คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็น 4

ศูนย์กระจายสินค้า j

N_k คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ k ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า 4

Q_k คือ ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า k

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_i \in \{0,1\}$ โดย $Y_i = 1$ ถ้าเลือกตั้งคลังสินค้าที่ตำแหน่ง i มิฉะนั้น $Y_i = 0$

$Z_j \in \{0,1\}$ โดย $Z_j = 1$ ถ้าเลือกตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง j มิฉะนั้น $Z_j = 0$

$X_{ij} \in \{0,1\}$ โดย $X_{ij} = 1$ ถ้าคลังสินค้า i ทำการส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า j
มิฉะนั้น $X_{ij} = 0$

$X_{ik} \in \{0,1\}$ โดย $X_{ik} = 1$ ถ้าคลังสินค้า i ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า k มิฉะนั้น $X_{ik} = 0$

$X_{jk} \in \{0,1\}$ โดย $X_{jk} = 1$ ถ้าศูนย์กระจายสินค้า j ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า k
มิฉะนั้น $X_{jk} = 0$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & (5,000,000 \times \sum_{i=1}^{25} Y_i) + (\sum_{j=1}^{25} F_j Z_j) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} D_i R_i Y_i) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} D_{ij} R_j X_{ij}) \\ & + (1,850 \times (\sum_{i=1}^{25} N_i Y_i + \sum_{j=1}^{25} N_j Z_j)) + (22 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} D_{ik} N_k X_{ik}) + (22 \times \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} D_{jk} N_k X_{jk}) \quad (1) \end{aligned}$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{25} Y_i \geq 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ik} + \sum_{j=1}^{25} X_{jk} = 1 \quad ; \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ij} = Z_j \quad ; \forall j \quad (4)$$

$$X_{ij} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall j \quad (5)$$

$$X_{ij} = 0 \quad ; \forall i = j \quad (6)$$

$$X_{ik} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall k \quad (7)$$

$$X_{jk} \leq Z_j \quad ; \forall j, \forall k \quad (8)$$

$$R_i \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{ik} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk} X_{ij}) / 60 \quad ; \forall i \quad (9)$$

$$R_j \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk}) / 60 \quad ; \forall j \quad (10)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ; \forall i \quad (11)$$

$$Z_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (12)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (13)$$

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall k \quad (14)$$

$$X_{jk} \in \{0,1\} \quad ; \forall j, \forall k \quad (15)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือสมการเป้าหมาย 1) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยพจน์ที่ 1 แทนต้นทุนการดำเนินงานของคลังสินค้า พจน์ที่ 2 แทนต้นทุนการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 3 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจาก จระยอง ไปยังคลังสินค้า พจน์

ที่ 4 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 5 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 6 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า และพจน์ที่ 7 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า สมการข้อจำกัด 2) เป็นการยืนยันว่าคลังสินค้าต้องมีอย่างน้อย 1 แห่ง สมการข้อจำกัด 3) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าทุกจังหวัดจะได้รับสินค้า สมการข้อจำกัด 4) และ 5) เป็นการยืนยันว่าศูนย์กระจายสินค้า j ที่เปิดให้บริการจะได้รับสินค้าจากคลังสินค้าแค่เพียง 1 แห่งและเป็นคลังสินค้า i ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด 6) เป็นการยืนยันว่าใน 1 จังหวัดจะมีแค่คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแค่เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น สมการข้อจำกัด 7) และ 8) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าที่ k จะได้รับสินค้าจากคลังสินค้า i หรือศูนย์กระจายสินค้า j ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด 9) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องวิ่งจาก จ i ะยอง ไปยังคลังสินค้าที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด 10) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องวิ่งจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า j ที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด 11) ถึง 15) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรตัดสินใจ

5.4 การประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO

การแปลงตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อ 5.3 ให้อยู่ในรูปแบบภาษาที่ใช้ในโปรแกรม LINGO แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้ การนิยามเซต การนิยาม ตัวแปรตัดสินใจ การนิยามพารามิเตอร์ การนิยามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และการนิยามข้อจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นทำการประมวลผลด้วยคำสั่ง Solve

```

Sets:
  WH: Ni, Ri, Di, Yi;
  DC: Nj, Fj, Rj;
  Cus: Nk, Qk;
  IK(WH,Cus): Dik, Xik;
  IJ(WH,DC): Dij, Xij;
  JK(DC,Cus): Djk, Xjk;
End sets
Data:
  WH = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Ni = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  DC = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Fj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Cus = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Qk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Di = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dik = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dij = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Djk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
End data
!Objective Function;
Min = (@sum(WH(i): 5000000*Yi(i)) + @sum(DC(j): Fj(j)*Zj(j))
+ @sum(WH(i): 38*Di(i)*Ri(i)*Yi(i)) + @sum(IJ(i,j): 38*Dij(i,j)*Rj(j)*Xij(i,j))
+ (1850*(@sum(WH(i): Ni(i)*Yi(i)) + @sum(DC(j): Nj(j)*Zj(j))))
+ @sum(IK(i,k): 22*Dik(i,k)*Nk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): 22*Djk(j,k)*Nk(k)*Xjk(j,k)));
!Constraints;
@sum(WH(i): Yi(i)) >= 1;
@for(Cus(k): (@sum(WH(i): Xik(i,k)) + @sum(DC(j): Xjk(j,k))) = 1);
@for(DC(j): @sum(WH(i): Xij(i,j)) = Zj(j));
@for(IJ(i,j): Xij(i,j) <= Yi(i));
@for(WH(i): Xij(i,i) = 0);
@for(IK(i,k): Xik(i,k) <= Yi(i));
@for(JK(j,k): Xjk(j,k) <= Zj(j));
@for(WH(i): Ri(i) >= (@sum(Cus(k): Qk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): Qk(k)*Xjk(j,k)*Xij(i,j))/60);
@for(DC(j): Rj(j) >= @sum(Cus(k): Qk(k)*Xjk(j,k))/60);
@for(WH(i): @Bin(Yi));
@for(DC(j): @Bin(Zj));
@for(IJ(i,j): @Bin(Xij));
@for(IK(i,k): @Bin(Xik));
@for(JK(j,k): @Bin(Xjk));
@for(WH(i): @Gin(Ri));
@for(DC(j): @Gin(Rj));
  
```

รูปที่ 2 การแปลงตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO

6. ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LINGO พบว่าผลลัพธ์ที่ทำให้ต้นทุนการดำเนินงานที่เกิดขึ้นโดยรวมมีค่าต่ำสุดนั้นคือ มีคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่งใน 12 จังหวัดได้แก่

วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563)

จังหวัดลำพูน พิชญโลก นครราชสีมา อุดรธานี สุราษฎร์ธานี สงขลา อัยยา พะเยา แพร่ มหาสารคาม สกลนคร และ ศรีสะเกษ ทำให้ต้นทุนโดยรวมมีค่าเท่ากับ 20,667, บาทต่อเดือน ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมได้ 214 1 ถึง,343, บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 1706.10 ดังตารางที่ 6 สำหรับพื้นที่การให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งที่ได้จากโปรแกรม LINGO แสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานในปัจจุบันและตัวแบบที่นำเสนอ

รูปแบบการขนส่งสินค้า	จำนวน		ต้นทุนการดำเนินงาน		ต้นทุนการขนส่งสินค้า		ต้นทุนรวม	ลดลง (บาท/เดือน)	ลดลง (%)
	WH	DC	WH	DC	รถ 18 ล้อ	รถ 4 ล้อ			
ปัจจุบัน	1	9	5,000,000	1,226,548	7,694,392	8,089,434	22,010,384	-	-
ตัวแบบที่นำเสนอ	1	12	5,000,000	1,692,628	7,748,276	6,226,310	20,667,214	1,343,170	6.10

ตารางที่ 7 พื้นที่การให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตรัง สงขลา
1. DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2. DC พิชญโลก	พิชญโลก เพชรบูรณ์ อุดรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3. DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
4. DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
5. DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
6. DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล บัตตานี ยะลา ตรัง
7. DC อัยยา	อัยยา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
8. DC พะเยา	เชียงใหม่ พะเยา แม่ฮ่องสอน
9. DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
10. DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ยโสธร
11. DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
12. DC ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ดำเนินการขนส่งกลุ่มยาและเวชภัณฑ์จากบริษัทผู้ผลิตหลักที่จังหวัดระยองไปยังคลังสินค้าที่จังหวัดสมุทรปราการ จากนั้นทำการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า) Distribution Center: DC (9 แห่งกระจายอยู่ใน จังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศได้แก่ จังหวัด เชียงราย ลำพูน พิชญโลก อุดรธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา เพื่อกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่กระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ โดยมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าและการขนส่งเท่ากับ 22,010,384 บาทต่อเดือน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่จะทำให้ต้นทุนโดยรวมของบริษัทมีค่าต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบที่นำเสนอมีต้นทุนโดยรวมต่ำกว่าการดำเนินงานในปัจจุบัน เท่ากับ 1,343, บาทต่อเดือน 170หรือลดลงร้อยละ 6.10 โดยตัวแบบที่เหมาะสมนั้นประกอบไปด้วยการตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่งใน 12 จังหวัดได้แก่ จังหวัดลำพูน พิชญโลก

นครราชสีมา อุตรธานี สุราษฎร์ธานี สงขลา อยุธยา พะเยาแพร่ มหาสารคาม สกลนคร และศรีสะเกษ เพื่อกระจายสินค้าไปยังลูกค้าในจังหวัดใกล้เคียง

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ต้นทุนคงที่หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสำหรับคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เป็นค่าคงที่ แต่ในทางปฏิบัติค่าเช่าสถานที่ในแต่ละแห่งจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากบางแห่งเช่าพื้นที่ของเอกชน แต่บางแห่งสามารถใช้พื้นที่ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด เช่น ศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าเช่าสถานที่ต่ำกว่าจังหวัดอื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตผู้สนใจอาจศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนคงที่ที่มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศและเศรษฐกิจและขนาดของศูนย์กระจายสินค้าซึ่งจะทำให้ตัวแบบสามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น

2. ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจพิจารณาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเมื่อความต้องการสินค้าของลูกค้าเปลี่ยนแปลงไป รวมถึงตัวแปรตัดสินใจอื่นๆ ที่มีผลต่อการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า เช่น ต้นทุนของคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ตามราคาที่ดินในแต่ละจังหวัดตามประกาศของกรมธนารักษ์ รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสินค้าเนื่องจากสินค้าเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทยา

3. การพิจารณาเกี่ยวกับประเภทยานพาหนะหรือรูปแบบการออกแบบการขนส่งที่มีความหลากหลายมากขึ้น อาจจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งโดยรวมได้มากขึ้น

4. ผู้ตัดสินใจอาจนำปัจจัยด้านคุณภาพ เช่น ด้านระบบสาธารณูปโภค ด้านการจัดหาที่ดิน ด้านแรงงาน มาใช้ประกอบในการตัดสินใจเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจ

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสรวิวัฒน์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้ใช้ข้อมูลของบริษัทในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรุง สินอมิรมย์สราน. (2545).การแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดในเชิงปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ค่านาย อภิรัชญาสกุล. (2550). การจัดการขนส่ง. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: ซี.วาย.ซี.ซี.เท็ม พรินติ้ง จำกัด.

จันทร์ศิริ สิงห์เดือน. (2554). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด. วิศวกรรมสาร มก., 24(78), 107-122.

จารุพงษ์ บรรเทา, พงษ์ศักดิ์ นาใจคง, ธัญชนก งามสมโกชน, เสาวลักษณ์ อาจใจ และณัฐญา วงละคร. (2560). ตัวแบบการกำหนดที่ตั้งคลังสินค้า กรณีศึกษาโรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8, 494-500.

ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2560). การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับปัจจัยเชิงคุณภาพด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 5 (1), 60-70.

พัชรภรณ์ เนียมมณี และวลัยลักษณ์ อัครีวงศ์(2555) .. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาที่ตั้ง Window สำหรับการกระจายเหรียญกษาปณ์. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการใช้อุปทานและโลจิสติก ครั้งที่ 11, ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 77 -86.

- ศักดิ์สิทธิ์ สุขสุขเมฆ. (2557). สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (**Optimization Modeling**) ด้วย **Excel (Solver)**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- สุปรียา วงศ์อารีย์. (2558). กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มและการประยุกต์. อดิราณี: สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี **2560**. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2562 จาก <http://www.nesdb.go.th>.
- อริวัฒน์ ลีนะธรรม และเปรมพร เขมาวุฒย์. (2561). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเบียร์. **Engineering Journal of Siam University**, 19(1), 14-26.
- Andrés, F. M., Jairo, R. M., and Nilson, H. (2014). Mathematical Programming Modeling and Resolution of the Location-Routing Problem in Urban Logistics. **The Engineering and University journal (Colombia)**, 18(2), 271-289.
- Scott, A.J. (1971). Dynamic Location-Allocation Systems: Some Basic Planning Strategies. **Environment and Planning**, 3, 73-82.
- Shitai, B., Ningchuan, X., Zehui, L., Heyuan, Z. and Changjoo, K. (2015). Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models. **Fire Safety Journal**, 71, 100-109.
- Logisticafe. ต้นทุนของการขนส่ง (**Cost of Transportation**) คืออะไร?. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2562 จาก <https://www.logisticafe.com>.

**การเลือกบริการเทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์ไทยที่
เหมาะสมด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัชชี**

สิริธร วิรัชพันธุ์^{1*} และ ปราโมทย์ ลือนาม²

Received: 3 July 2019; Revised: 16 June 2020; Accepted: 18 June 2020

บทคัดย่อ

การทำธุรกรรมการเงินด้วยเทคโนโลยีแบบไม่ใช้บัตรได้รับความสนใจจากสถาบันการเงินของประเทศเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมากในช่วงปีที่ผ่านมา แต่การนำเทคโนโลยีนี้มาใช้โดยผู้บริโภคกลับมีปริมาณที่ต่ำมาก กุญแจสำคัญด้านหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงการยอมรับการใช้บริการเทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์คือการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ด้วยการส่งมอบประสบการณ์ที่ดีและตรงกับใจของผู้ใช้งานที่สุด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตร และนำปัจจัยมาใช้ระบุรูปแบบของการให้บริการที่ดีที่สุดตามความคาดหวังของผู้บริโภค โดยอาศัยกระบวนการจัดลำดับความสำคัญเชิงวิเคราะห์แบบฟัชชี ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไปในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล จำนวน 400 ราย แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์ประเมิน

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบขั้นตอนการให้บริการกีดเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์ 4 แห่ง (ในชื่อธนาคาร ก ข ค และ ง) ที่ได้รับความนิยมในการใช้งานสูงสุดมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยกำหนด 4 เกณฑ์ประเมิน ได้แก่ วิธีการระบุจำนวนเงิน รูปแบบการยืนยันตัวตน อายุของรายการกีดเงิน และวิธีถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตรที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม รองลงมาคือ อายุของรายการกีดเงินแบบไม่ใช้บัตร และวิธีการระบุจำนวนเงิน ตามลำดับ ส่วนแอททริบิวต์ที่มีความสำคัญสูงสุดคือ การที่สามารถสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็มเพื่อแสดงตัวตนและถอนเงินได้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการตัดสินใจเลือกรูปแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์ให้มีความเหมาะสมและตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการมากที่สุด

คำสำคัญ: กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัชชี, การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์, เทคโนโลยีกีดเงินแบบไม่ใช้บัตร

*Corresponding e-mail: w.sirithorn@gmail.com

^{1,2}สาขาบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach for Optimal Selection of Thai Commercial Banks' Cardless ATM services

Sirithorn Wiratchapan^{1*} and Pramote Luenam²

Received: 3 July 2019; Revised: 16 June 2020; Accepted: 18 June 2020

Abstract

In recent years, cardless cash transactions have gained a lot more attention from Thai financial institutions. However, consumer demand for cardless ATMs is relatively low. One key to improving cardless ATM acceptance is to build consumer satisfaction by delivering best-in-class user experiences. The study focuses on the use of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) for optimal selection of Thai Commercial Banks' cardless ATM services and identifying the best service approach according to the consumers' expectation. The study used questionnaire as the main data collection instruments. The population of the study included Thai adults aged ≥ 18 years, living in Bangkok and its surrounding areas. A sample population of 400 was adopted to represent the entire population.

The alternative approaches of providing cardless ATM services are particularly selected from most four popular commercial banks, namely A, B, C, and D. Results show that the three most important criterion in selecting the alternative include: (1) the methods for withdrawing money, (2) the transaction expiration time, and (3) the method of specifying the amount of cash withdrawal, respectively. In addition, the most important attribute is cash withdrawal from ATM via QR Code. Based on the evaluation criteria, C provides the best service approach for cardless ATM consumers. These findings could be applied for designing and customizing cardless ATM services to best suit customers' needs.

Keywords: Fuzzy AHP, multi-criteria decision making, Cardless ATM

*Corresponding e-mail: w.sirithorn@gmail.com

1,2 Information Technology Management, Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development and Administration

1. บทนำ

ปัจจุบันความนิยมในการทำธุรกรรมการเงินออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันของธนาคารพาณิชย์ต่าง ๆ มีการใช้บริการกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเมื่อกลางปี 2560 ธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่งในประเทศไทย ได้มีการเปิดตัวเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็ม คือ เทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตร (Cardless ATM) เป็นการทำธุรกรรมผ่านแอปพลิเคชันของธนาคารพาณิชย์ผ่านโทรศัพท์มือถือและตู้เอทีเอ็ม ที่ช่วยให้สามารถถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มโดยไม่จำเป็นต้องใช้บัตรเอทีเอ็ม ซึ่งเทคโนโลยีนี้ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการที่ต้องการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็ม ให้สามารถทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว เพียงแค่ใช้โทรศัพท์มือถือที่พกพาที่สามารถถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มได้ตามต้องการ

เทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้ ยังช่วยให้ผู้ใช้งานบริหารจัดการปัญหาในการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็ม ในกรณีฉุกเฉินกระเป๋าสตางค์สูญหายหรือลืมพกกระเป๋าสตางค์หรือลืมพกบัตรเอทีเอ็มอีกด้วย นอกจากนี้จะสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วแล้ว ยังเป็นการลดขั้นตอนในการเสียบบัตรเข้าตู้เอทีเอ็มและรอรับบัตรออกจากตู้เอทีเอ็ม ซึ่งสามารถจัดการปัญหาในเรื่องของการลืมเก็บบัตรออกจากตู้เอทีเอ็ม ทั้งยังได้รับความปลอดภัยกว่า เมื่อไม่ต้องเสียบบัตรเอทีเอ็มเข้าตู้เอทีเอ็มก็สามารถป้องกันการโจรกรรมในรูปแบบ ATM Skimming ได้

อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตร ยังคงเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เปิดให้บริการแก่ผู้ใช้งานไม่นาน (Veedvil, 2560) ซึ่งปัจจุบัน (มิถุนายน 2561) มีธนาคารพาณิชย์ที่เปิดให้บริการเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้อยู่ทั้งสิ้น 4 ธนาคาร (ใช้ชื่อธนาคาร ก ข ค และ ง) โดยรูปแบบและขั้นตอนการให้บริการผ่านแอปพลิเคชันของธนาคารพาณิชย์แต่ละธนาคารนั้นมีรูปแบบและขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดคำถามว่ารูปแบบไหนที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้ รูปแบบไหนที่สร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งาน และรูปแบบไหนที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการกดเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้ด้วย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการกดเงินแบบไม่ใช้บัตรเอทีเอ็มของผู้ใช้งาน ลักษณะโครงสร้างของการตัดสินใจอยู่ในรูปแบบหลายหลักเกณฑ์ ประกอบด้วยค่าของปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการยืนยันตัวตน วิธีการถอนเงิน วิธีการระบุจำนวนเงิน เวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำรายการถอนเงิน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้มีความไม่ชัดเจน (vagueness) และความไม่แน่นอน (uncertainty) จึงไม่สามารถใช้เลขทวินัย (crisp numbers) ระบุค่าของปัจจัยออกมาเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน วิธีการประเมินที่เหมาะสมกว่าคือการนำฟัซซีซัมเบอร์ (fuzzy numbers) มาใช้ในการเปรียบเทียบปัจจัย (เช่น “เท่ากัน”, “ปานกลาง”, “ค่อนข้างมาก”, “มากกว่า”, “มากที่สุด”) ทั้งกับปัจจัยที่เป็นเกณฑ์ประเมิน (evaluation criteria) หรือเกณฑ์ย่อย (sub criteria) ซึ่งจะให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงมากกว่าค่าทวินัย งานวิจัยนี้จึงได้นำกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้นแบบฟัซซี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: FAHP) มาประยุกต์ใช้ โดยจะมุ่งเน้นและให้ความสำคัญเฉพาะกับรูปแบบขั้นตอนการให้บริการของเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตรที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบ ปรับปรุงการให้บริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้ครอบคลุม และตรงใจผู้ใช้งานมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตร
2. เพื่อเลือกรูปแบบการให้บริการที่เหมาะสม สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้ครอบคลุม และตรงใจผู้ใช้งานมากที่สุด โดยใช้กระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้นแบบฟัซซี

3. แนวคิด และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้นแบบฟัซซี หรือ FAHP เป็นกระบวนการที่มีความสามารถในการตัดสินใจภายใต้ความไม่ชัดเจน และความไม่แน่นอน (ปราโมทย์ ลื่อนาม, 2556) ซึ่งใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ กล่าวคือ FAHP มีลักษณะพิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่าง 'จริง' กับ 'เท็จ' (เสริมวิทย์ วัชรไชยคุปต์ และ พิราภรณ์ สวัสดิพรพัลลภ, 2553) ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น

FAHP ใช้โครงสร้างแบบลำดับชั้นในการแสดงโครงสร้างของทางเลือกและเกณฑ์ประเมินในลักษณะของลำดับชั้น (Vaidya and Kumar, 2006) ดังแสดงในภาพที่ 1 ชั้นบนสุดของโครงสร้างคือวัตถุประสงค์ (objective) หรืออาจเรียกว่าเป้าหมาย (goal) ชั้นถัดลงมาคือเกณฑ์ประเมิน (evaluation criteria) ที่ใช้สำหรับพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย แต่ละเกณฑ์ประเมินอาจประกอบด้วยเกณฑ์ย่อย (sub criteria) ที่อยู่ในลำดับชั้นถัดลงมา ในแต่ละเกณฑ์ประเมินไม่จำเป็นต้องมีจำนวนเกณฑ์ย่อยเท่ากัน เกณฑ์ที่จัดอยู่ในลำดับชั้นเดียวกันควรมีความสำคัญเท่าเทียมกัน และจัดให้เกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยกว่าอยู่ในลำดับชั้นถัดลงไป แต่ละเกณฑ์ย่อยประกอบด้วยค่าลักษณะประจำ หรือ แอททริบิวต์ (attribute) ของแต่ละเกณฑ์ ส่วนในชั้นล่างสุดเป็นทางเลือก (alternatives) ทั้งหมดที่มี

หลังจากที่นำค่าน้ำหนัก (weight) ไปคูณกับเกณฑ์การตัดสินใจ จะทำให้ได้ค่าคะแนนสุดท้ายออกมาแล้วนำไปเรียงลำดับคะแนน ตัวเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

กระบวนการของการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Kwong & Bai, 2002) เริ่มจากการเปรียบเทียบค่าของเกณฑ์ที่ละคู่ในแต่ละลำดับชั้น ในการให้คะแนนเปรียบเทียบจะใช้ฟัซซีนัมเบอร์ (1, 3, 5, 7, 9, ...) จากนั้นสร้างเมทริกซ์เทียบเคียงฟัซซี (Fuzzy Comparison Matrix: FCM) สามารถแสดงเมทริกซ์เทียบเคียงฟัซซี $\tilde{A}(a_{ij})$ ที่ใช้ฟัซซีนัมเบอร์แบบสามเหลี่ยม ได้ดังนี้

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{13} & \dots & \tilde{a}_{1(n-1)} & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \tilde{a}_{23} & \dots & \tilde{a}_{2(n-1)} & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{(n-1)1} & \tilde{a}_{(n-1)2} & \tilde{a}_{(n-1)3} & \dots & 1 & \tilde{a}_{(n-1)n} \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \tilde{a}_{n3} & \dots & \tilde{a}_{n(n-1)} & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

โดยที่

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}, \text{ หรือ } \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1}, & i \neq j \end{cases}$$

คำนวณค่าไอเกน (eigenvalue) จากบทนิยามที่ว่า หาก $\tilde{A}$ เป็นเมทริกซ์ใด ๆ จะมีเวกเตอร์ $\tilde{x}$ ที่จะทำให้

$$\tilde{A} \tilde{x} = \tilde{\lambda} \tilde{x} \dots \dots \dots (2)$$

โดย $\tilde{A}$ คือเมทริกซ์ขนาดมิติ $n \times n$ ที่มีสมาชิกประกอบด้วยฟัซซีนัมเบอร์ $\tilde{a}_{ij}$ และ $\tilde{x}$ เป็นไอเกนเวกเตอร์ (eigenvector) แบบไม่เป็นเวกเตอร์ศูนย์ (non-zero vector) $\tilde{x}$ มีขนาดมิติ $1 \times n$ มีสมาชิกประกอบด้วยฟัซซีนัมเบอร์ $\tilde{x}_i$ และ $\tilde{\lambda}$ คือฟัซซีนัมเบอร์ที่มีค่าเป็นสเกลาร์ และเป็นผลเฉลย (solution) ของสมการ

จากการใช้คณิตศาสตร์แบบช่วง (interval arithmetic) และ α -cut ในการคูณและบวกแบบฟัซซี สมการ (2) เทียบเท่ากับ

$$[a_{i1}^\alpha x_{i1}^\alpha, a_{i1u}^\alpha x_{i1u}^\alpha] \oplus \dots \oplus [a_{in}^\alpha x_{in}^\alpha, a_{inu}^\alpha x_{inu}^\alpha] = [\lambda x_{il}^\alpha, \lambda x_{iu}^\alpha] \dots \dots \dots (3)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= [\tilde{a}_{ij}], \tilde{x}^t = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n), \\ \tilde{a}_{ij}^\alpha &= [a_{ijl}^\alpha, a_{iju}^\alpha], \tilde{x}_i^\alpha = [x_{il}^\alpha, x_{iu}^\alpha], \tilde{\lambda}^\alpha = [\lambda_l^\alpha, \lambda_u^\alpha] \\ &\text{สำหรับ } 0 < \alpha \leq 1 \text{ และทุก } i, j \text{ โดย } i = 1, 2, \dots, n \text{ และ } j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

สำหรับเมทริกซ์การตัดสินใจ (judgment matrix) $\tilde{A}$ จะนำมาประเมินระดับความพึงพอใจ (degree of satisfaction) โดยการใช้ดัชนีสุขนิยม (index of optimism: μ) ค่าของ μ ยิ่งสูงหมายถึงยิ่งมีความความพึงพอใจสูง ดัชนีสุขนิยมเป็นผลรวมคอนเวกซ์แบบเชิงเส้น (linear convex combination) สามารถกำหนดได้จาก (Lee, 1999)

$$\hat{a}_{ij}^\alpha = \mu a_{iju}^\alpha + (1 - \mu) a_{ijl}^\alpha, \quad \forall \mu \in [0, 1] \dots \dots \dots (4)$$

เมื่อกำหนดค่า α ไว้คงที่ เมทริกซ์ต่อไปนี้สามารถหาได้โดยการกำหนดค่าดัชนีสุขนิยม μ เพื่อประเมินค่าความพึงพอใจ

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \hat{a}_{12}^\alpha & \dots & \hat{a}_{1n}^\alpha \\ \hat{a}_{21}^\alpha & 1 & \dots & \hat{a}_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{a}_{n1}^\alpha & \hat{a}_{n2}^\alpha & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (5)$$

สำหรับการหาค่าไอเกนเวกเตอร์ทำได้โดยกำหนด μ ให้เป็นค่าคงที่แล้วคำนวณหาค่าสูงสุดของค่าไอเกน จากนั้นตรวจสอบค่าอัตราส่วนความต้องกัน (consistency ratio: CR) ของแต่ละเมทริกซ์เทียบเคียงพัชชี ค่า CR นี้ ช่วยให้เห็นใจว่าผลลัพธ์ของหลักเกณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมีความเชื่อถือได้ (Saaty, 2000, Kabir & Sumi, 2010)

โดยสามารถประมาณค่า CR จากสมการ

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (9)$$

โดย CI คือดัชนีความต้องกัน (consistency index) สามารถคำนวณ CI ได้จากสมการ

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (10)$$

โดย λ_{max} คือ λ ที่มีค่าสูงที่สุดที่ได้จากผลเฉลย ของสมการ (2) และ n คือขนาดมิติของเมทริกซ์

ส่วน RI (Random Index) คือค่านำหนักที่สร้างโดยการสุ่ม สามารถประมาณ RI ได้จากตาราง 1 ตามขนาดมิติของเมทริกซ์เทียบเคียงพัชชี

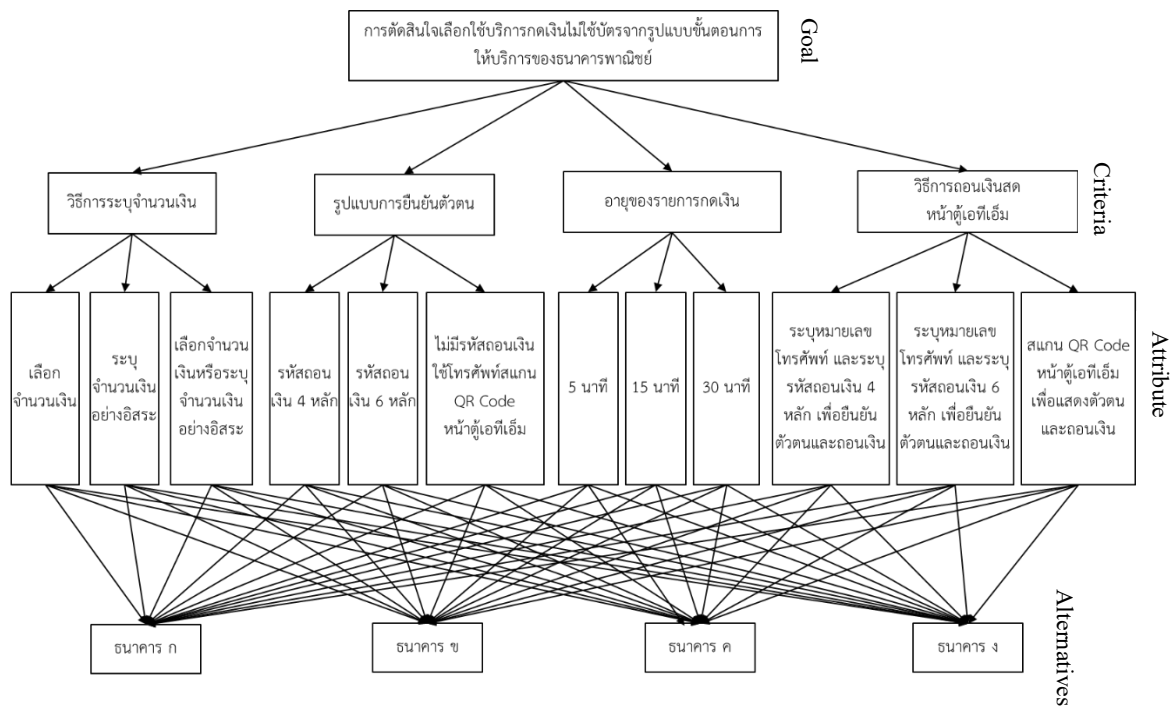
ค่า CR ที่ยอมรับได้ขึ้นอยู่กับขนาดของเมทริกซ์ เช่น เมทริกซ์ขนาด 3X3 ค่า CR ที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 0.05 เมทริกซ์ขนาด 4X4 ค่า CR ที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 0.08 เมทริกซ์ขนาด $\geq 5 \times 5$ ค่า CR ที่ยอมรับได้ต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.1 (Kabir and Hasin, 2011) ทั้งนี้หาก CR ที่คำนวณมาได้มีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ ต้องนำค่าที่กำหนดไว้สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ในเมทริกซ์เทียบเคียงพัชชีมา ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขใหม่ (Kwong and Bai, 2002)

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยดัชนีสำหรับค่านำหนักที่สร้างโดยการสุ่ม RI ที่มา: Kabir and Hasin (2011)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	0.12	0.24	0.32	0.41	0.45	0.49

ขั้นตอนสุดท้ายคือการหาค่าน้ำหนักรวม (total weights) โดยการสังเคราะห์แอมพริบิตในทุกลำดับชั้น แล้วทำการปรับค่า α เพื่อหาค่าน้ำหนักของแต่ละทางเลือก

สำหรับการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ FAHP ในหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตร โดยกำหนดเกณฑ์ประเมินและแอมพริบิตที่นำมาใช้ในการประเมินทางเลือก รวมถึงแนวทางเลือกธนาคารพาณิชย์ผู้ให้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตรทั้ง 4 ทางเลือก ดังแสดงตามภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจใช้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตรตามเกณฑ์ต่าง ๆ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง และมีการกำหนดประชากรเป็นบุคคลทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปตามข้อกำหนดผู้มีสิทธิใช้งาน Internet Banking และ 모바일แอปพลิเคชันของธนาคารพาณิชย์ ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีความพร้อมในด้านระบบเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อใช้งานแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งอาจจะเคยหรือไม่เคยใช้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรก็ได้ ซึ่งไม่สามารถระบุกลุ่มประชากรได้อย่างแน่ชัด จึงกำหนดให้จำนวนประชากรเป็นอนันต์

สำหรับการคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้ความเชื่อมั่นอยู่ที่ร้อยละ 95 คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 0.05 เมื่อคำนวณออกมาแล้วจะได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 400 คน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการส่งแบบสอบถามไปจำนวน 500 ชุด โดยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับมาทั้งหมด 400 ชุด

จากนั้นทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของเมทริกซ์ และจัดการให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel ตามรูปแบบที่โปรแกรม MATLAB สามารถอ่านเป็นเมทริกซ์ได้ โดยแบ่งแยกค่าแต่ละสดมภ์ ด้วยการเว้นวรรคและให้ค่าในแต่ละแถวแบ่งแยกกัน ด้วยการใช้เครื่องหมาย Semicolon “;” เช่น 1 1/5 5 7; 0 1 7 2; 0 0 1 1/7; 0 0 0 1; สำหรับเมทริกซ์ ขนาด

4x4 และทำแบบเดียวกันนี้ในทุก ๆ ชุดข้อมูลที่เก็บแบบสอบถามมาทั้งหมด แล้วนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB ตามทฤษฎี FAHP

ในการคำนวณจะมีความซับซ้อนเนื่องจากมีจำนวนปัจจัยจำนวนมาก จึงใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อการคำนวณและตรวจสอบความสอดคล้องกันของข้อมูลโดยการคำนวณหาอัตราส่วนความตongกัน จากนั้นคำนวณหาค่าน้ำหนักรวมโดยการสังเคราะห์แอฟทริวิตีในทุกลำดับชั้น แล้วคำนวณหาค่าน้ำหนักของแต่ละทางเลือก

จากการศึกษาข้อมูลการใช้บริการกดยเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์ทั้ง 4 ธนาคาร เมื่อนำข้อมูลมาผ่านการวิเคราะห์พบว่า 4 ขั้นตอนของการให้บริการที่มีความแตกต่างกันทั้งในวิธีการและข้อกำหนดของรูปแบบของแต่ละธนาคาร ดังสรุปในตาราง 2

ตาราง 2 ขั้นตอนและรูปแบบการให้บริการของแต่ละธนาคารผู้ให้บริการเทคโนโลยีกดยเงินแบบไม่ใช้บัตร

ธนาคาร พาณิชย์ ขั้นตอนบริการ	ธนาคาร ก	ธนาคาร ข	ธนาคาร ค	ธนาคาร ง
1.วิธีการระบุจำนวนเงิน	เลือกจำนวนเงิน	เลือกจำนวนเงิน และระบุจำนวนเงิน อย่างอิสระ	เลือกจำนวนเงินและ ระบุจำนวนเงินอย่าง อิสระ	ระบุจำนวนเงิน อย่างอิสระ
2.รูปแบบการยืนยัน ตัวตน	รหัสถอนเงิน 6 หลัก	รหัสถอนเงิน 6 หลัก	ใช้โทรศัพท์สแกนคิว อาร์โค้ดหน้าตู้ เอทีเอ็ม	รหัสถอนเงิน 4 หลัก
3.อายุของรายการกดย เงิน	รายการกดยเงินมี อายุ 15 นาที	รายการกดยเงินมี อายุ 5 นาที	-	รายการกดยเงินมี อายุ 30 นาที
4.วิธีการถอนเงินสด หน้าตู้เอทีเอ็ม	ระบุหมายเลข โทรศัพท์ และระบุ รหัสถอนเงิน 6 หลัก เพื่อยืนยัน ตัวตนและถอนเงิน	ระบุหมายเลข โทรศัพท์ และระบุ รหัสถอนเงิน 6 หลัก เพื่อยืนยัน ตัวตนและถอนเงิน	สแกนคิวอาร์โค้ด หน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อ แสดงตัวตนและถอน เงิน	ระบุหมายเลข โทรศัพท์ และระบุ รหัสถอนเงิน 4 หลัก เพื่อยืนยัน ตัวตนและถอนเงิน

สำหรับปัจจัยหรือเกณฑ์ประเมิน 4 ด้าน ของขั้นตอนและรูปแบบการให้บริการเทคโนโลยีกดยเงินแบบไม่ใช้บัตร สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. วิธีการระบุจำนวนเงิน หมายถึง วิธีการระบุจำนวนเงินที่ต้องการถอนเงินในหน้าแอปพลิเคชัน ซึ่งรูปแบบมีทั้งแบบ เลือกจำนวนเงิน ระบุจำนวนเงินอย่างอิสระ และเป็นแบบสามารถเลือกหรือระบุจำนวนเงินได้เองอย่างอิสระก็ได้

2. รูปแบบการยืนยันตัวตน หมายถึง รูปแบบรหัสถอนเงิน 4 หลัก รหัสถอนเงิน 6 หลัก ที่ได้จากแอปพลิเคชัน หรือการเปิดหน้ากล้องของโทรศัพท์มือถือ เพื่อนำโทรศัพท์มือถือไปสแกนคิวอาร์โค้ดในการยืนยันตัวตนรับเงินสดที่หน้าตู้เอทีเอ็ม

3. อายุของการรายการกดยเงิน หมายถึง ระยะเวลาที่สามารถไปทำรายการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มได้ก่อนที่รายการกดยเงินที่สร้างไว้จะหมดอายุ โดยนับเวลาตั้งแต่สร้างรายการกดยเงินเสร็จ ซึ่งมีตั้งแต่ 5 นาที 15 นาที จนถึง 30

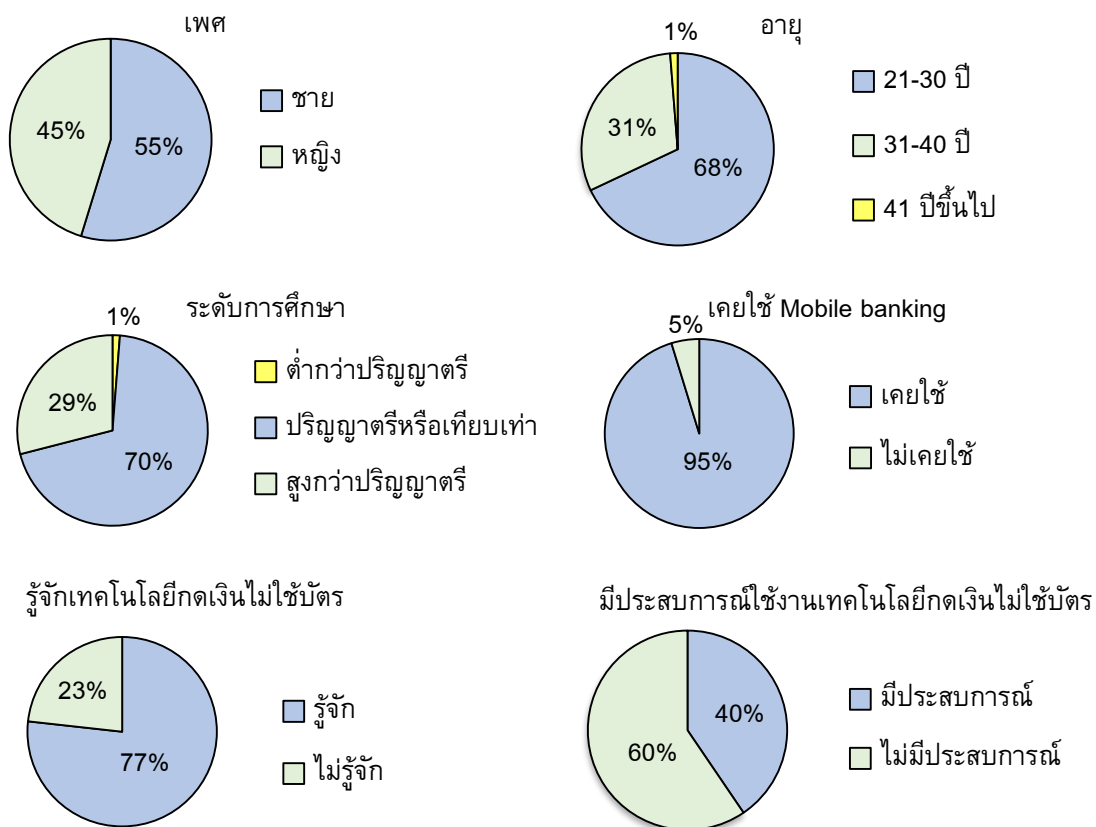
นาที่ หากเกินเวลาที่กำหนดรายการที่สร้างไว้จะถูกยกเลิกจากระบบโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล ไม่ปล่อยให้รายการกดยกเงินถูกสร้างไว้ล่วงหน้านานเกินควร หรือเกิดการสร้างรายการกดยกเงินแล้วไม่ได้นำไปใช้งาน ซึ่งอาจนำไปสู่การโจรกรรม โดยการสุ่มรหัสกดยกเงิน

4. วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม หมายถึง รูปแบบของขั้นตอนการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม ซึ่งมีทั้งแบบระบุหมายเลขโทรศัพท์แล้วใส่รหัสถอนเงิน 4 หลัก แบบใส่รหัสถอนเงิน 6 หลัก และแบบสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็มเพื่อถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม

การวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะปัจจัยที่กล่าวไว้ข้างต้นเท่านั้น โดยจะศึกษาว่าปัจจัยเหล่านี้ปัจจัยใดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้งานเทคโนโลยีกดยกเงินแบบไม่ใช้บัตรผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือของธนาคารพาณิชย์ และมีความสำคัญอยู่ในระดับใด

5. ผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ในช่วง มิถุนายน - กรกฎาคม 2561 สามารถนำมาอธิบายดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 ลักษณะสำคัญของกลุ่มตัวอย่างตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ใช้งาน

ทั้งนี้ผลลัพธ์ของทุกหลักเกณฑ์ที่ได้มานั้น เป็นค่าที่มีความเชื่อถือได้ เพราะมีอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ที่มีไม่เกิน 0.05 ของเมทริกซ์ขนาด 3x3 และไม่เกิน 0.1 ของเมทริกซ์ขนาด 4x4 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ความสอดคล้องที่ยอมรับได้

หลังจากนำข้อมูลจากแบบสอบถามมาประมวลผลด้วย โปรแกรม MATLAB version 7.7(R2017a) ตามทฤษฎี FAHP จากเกณฑ์ประเมินและแอททริบิวต์ต่าง ๆ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 คำนำน้หนักคะแนนความสำคัญสุทธิของหลักเกณฑ์ทั้งหมด

เกณฑ์ประเมิน	ค่าน้ำหนัก คะแนน ความสำคัญ เกณฑ์ ประเมิน	แอททริบิวต์	ค่าน้ำหนัก คะแนน ความสำคัญแอ ททริบิวต์	ค่าคะแนน น้ำหนั กความสำคัญ สุทธิ
วิธีการระบุจำนวนเงิน	0.1148	เลือกจำนวนเงิน	0.1397	0.0160
		ระบุจำนวนเงินอย่างอิสระ	0.1377	0.0158
		เลือกจำนวนเงินหรือระบุจำนวน เงินอย่างอิสระ	0.7226	0.0830
รูปแบบการยืนยันตัวตน	0.0076	รหัสถอนเงิน 4 หลัก	0.3103	0.0023
		รหัสถอนเงิน 6 หลัก	0.3315	0.0025
		ใช้โทรศัพท์สแกนคิวอาร์โค้ดหน้า ตู้เอทีเอ็ม	0.3583	0.0027
อายุของรายการกดเงิน	0.1591	รายการกดเงินมีอายุ 5 นาที	0.5216	0.0830
		รายการกดเงินมีอายุ 15 นาที	0.2923	0.0465
		รายการกดเงินมีอายุ 30 นาที	0.1861	0.0296
วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้ เอทีเอ็ม	0.7185	ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุ รหัสถอนเงิน 4 หลัก เพื่อยืนยัน ตัวตนและถอนเงิน	0.3217	0.2312
		ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุ รหัสถอนเงิน 6 หลัก เพื่อยืนยัน ตัวตนและถอนเงิน	0.3245	0.2332
		สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน	0.3537	0.2542

5.1 เกณฑ์ประเมิน

จากผลลัพธ์ตาราง 3 สรุปได้ว่า เกณฑ์ประเมินหรือปัจจัยหลักของรูปแบบวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการเทคโนโลยีกดเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด เพราะมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญมากที่สุด คือ 0.7185 โดยมี รูปแบบอายุของรายการกดเงิน วิธีการระบุจำนวนเงิน มีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญรองลงมาตามลำดับ และ รูปแบบการยืนยันตัวตนมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญน้อยที่สุด คือ 0.0076 โดยผลลัพธ์ที่ได้มีอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.0352 ทั้งนี้จากผลลัพธ์ทำให้ทราบว่าผู้กรอกแบบสอบถามให้ความสำคัญกับวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มมากที่สุด

5.2 วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม

วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มประกอบด้วย 1) ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุรหัสถอน 4 หลักเพื่อยืนยันตัวตนและถอนเงิน 2) ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุรหัสถอนเงิน 6 หลัก เพื่อยืนยันตัวตนและถอนเงิน และ (3) สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด คือ การสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน โดยมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญมากที่สุดเท่ากับ 0.3537 หมายความว่า รูปแบบของขั้นตอนการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มควรเป็นแบบการสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม จึงจะตรงใจผู้ใช้งานมากกว่าการระบุหมายเลขโทรศัพท์และรหัสถอนเงิน

5.3 รูปแบบอายุของรายการกด

รูปแบบอายุของรายการกด ประกอบด้วย รายการกดเงินที่มีอายุ 5 นาที 15 นาที และ 30 นาที ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการกดเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด คือ รายการกดเงินที่มีอายุ 5 นาที โดยมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.5216 ทำให้เห็นว่าผู้ใช้งานให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัย เนื่องจากเป็นอายุรายการกดเงินที่น้อยที่สุด

5.4 วิธีการระบุจำนวนเงิน

วิธีการระบุจำนวนเงิน ประกอบด้วย 1) เลือกจำนวนเงิน 2) ระบุจำนวนเงินเองอย่างอิสระ และ 3) เลือกจำนวนเงินหรือระบุจำนวนเงินได้อิสระ ซึ่งรูปแบบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการกดเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด คือ เลือกจำนวนเงินหรือระบุจำนวนเงินอย่างอิสระ โดยมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.7226 ซึ่งทำให้ทราบว่าผู้ใช้งานต้องการวิธีระบุจำนวนเงินทั้งสองอย่าง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

5.5 รูปแบบการยืนยันตัวตน

รูปแบบการยืนยันตัวตนมี 3 แบบด้วยกันคือ 1) รหัสถอนเงิน 4 หลัก 2) รหัสถอนเงิน 6 หลัก และ 3) ใช้โทรศัพท์สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม ซึ่งรูปแบบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการกดเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด คือ รูปแบบการยืนยันตัวตนที่ใช้โทรศัพท์สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม โดยมีค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.3583 ทำให้เห็นว่าผู้ใช้งานเน้นขั้นตอนการทำงานที่ง่ายจากรูปแบบการให้บริการของแต่ละธนาคารในปัจจุบัน เมื่อนำมาประเมินตามแอททริบิวต์สามารถสรุปเป็นผลคะแนนของธนาคารผู้ให้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรได้ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ผลคะแนนของธนาคารผู้ให้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตร

แอททริบิวต์	ธนาคารผู้ให้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตร				
	ค่าคะแนนน้ำหนัก ความสำคัญสุทธิ	ก	ข	ค	ง
เลือกจำนวนเงิน	0.0160	0.3333	0.3333	0.3333	0
ระบุจำนวนเงินอย่างอิสระ	0.0158	0	0.2514	0.2514	0.4972
เลือกจำนวนเงินหรือระบุจำนวนเงินอย่างอิสระ	0.0830	0	0.5000	0.5000	0
รหัสถอนเงิน 4 หลัก	0.0023	0	0	0	1.0000
รหัสถอนเงิน 6 หลัก	0.0025	0.5000	0.5000	0	0
ใช้โทรศัพท์สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม	0.0027	0	0	1.0000	0
รายการกดเงินมีอายุ 5 นาที	0.0830	0	1.0000	0	0
รายการกดเงินมีอายุ 15 นาที	0.0465	1.0000	0	0	0
รายการกดเงินมีอายุ 30 นาที	0.0296	0	0	0	1.0000
ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุรหัสถอนเงิน 4 หลัก เพื่อยืนยันตัวตนและถอนเงิน	0.2312	0	0	0	1.0000
ระบุหมายเลขโทรศัพท์ และระบุรหัสถอนเงิน 6 หลัก เพื่อยืนยันตัวตนและถอนเงิน	0.2332	0.5000	0.5000	0	0
สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน	0.2542	0	0	1.0000	0
คะแนน		0.1697	0.2516	0.3077	0.2710

จากตาราง 4 ซึ่งเป็นผลคะแนนรูปแบบการให้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรกับธนาคารพาณิชย์ในประเทศไทยที่เป็นผู้ให้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตร ซึ่งผลที่ได้เรียงตามลำดับรูปแบบของธนาคารพาณิชย์ผู้ให้บริการที่ได้คะแนนมากที่สุด คือ

1. รูปแบบขั้นตอนของธนาคาร ค (0.3077)
2. รูปแบบขั้นตอนของธนาคาร ง (0.2710)
3. รูปแบบขั้นตอนของธนาคาร ข (0.2516)
4. รูปแบบขั้นตอนของธนาคาร ก (0.1697)

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรหรือปรับปรุงเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับความต้องการมากยิ่งขึ้นได้

ทั้งนี้ผลการวิจัยที่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการวิจัย การเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อผลการวิจัยเป็นอย่างมาก

6. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัชซี และประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคารพาณิชย์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเกณฑ์ประเมินที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ วิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม แสดงว่าประชากรกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในรูปแบบวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มมากที่สุด

จากการศึกษารูปแบบวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็ม พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรมากที่สุด คือ รูปแบบของการสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้บริการต้องการความสะดวกในการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มโดยการสแกนคิวอาร์โค้ดซึ่งวิธีนี้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องจำเบอร์โทรศัพท์ของตนเอง และมีขั้นตอนหน้าตู้เอทีเอ็มที่สั้นกว่าแบบกดเบอร์โทรศัพท์และรหัสถอนเงิน แต่หากมองข้ออื่น ๆ ที่มีความสำคัญน้อยกว่านั้น ก็จะเห็นว่ารูปแบบของการระบุหมายเลขโทรศัพท์และรหัสถอนเงินนั้น มีค่าความสำคัญไม่ที่ทั้งสูงมากนัก

นอกจากนี้ผลคะแนนจากตาราง 3 ยังสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการให้บริการเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรของธนาคาร ค มีคะแนนมากที่สุด 0.3077 ซึ่งเกณฑ์ประเมินในเรื่องวิธีการถอนเงินสดหน้าตู้เอทีเอ็มที่เป็นเกณฑ์ประเมินในการตัดสินใจเลือกใช้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้ มีปัจจัยรองเพียง 1 ปัจจัยเท่านั้นที่มีคะแนนมากกว่าอีก 3 ธนาคารผู้ให้บริการ คือ การสแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม เพื่อแสดงตัวตนและถอนเงิน

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ประเมินในข้ออื่น ๆ ในเรื่องของวิธีการระบุจำนวนเงินที่มีค่าคะแนนมากที่สุดนั้น เมื่อพิจารณาปัจจัยรองร่วมด้วยก็จะเห็นว่าธนาคาร ค มีค่าความสำคัญมากที่สุดเมื่อเทียบกับธนาคารผู้ให้บริการรายอื่น ๆ เมื่อพิจารณาเกณฑ์ประเมินในข้อถัดมา คือ รูปแบบการยืนยันตัวตน ซึ่งปัจจัยรองที่มีคะแนนความสำคัญมากที่สุดคือการใช้โทรศัพท์สแกนคิวอาร์โค้ดหน้าตู้เอทีเอ็ม ซึ่งตรงตามธนาคารพาณิชย์ผู้ให้บริการที่มีระดับคะแนนความสำคัญสูงที่สุด กว่าธนาคารเจ้าอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาเกณฑ์ประเมินในข้อถัดมา คือ อายุของรายการการเงิน โดยแอททริบิวต์ที่มีระดับคะแนนความสำคัญมากที่สุดคือรายการการเงินมีอายุ 5 นาที ซึ่งปัจจุบันแอปพลิเคชันของธนาคาร ค ไม่ได้ระบุระยะเวลาในส่วนนี้ไว้ ทั้งนี้อาจนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้เพื่อพิจารณาปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนนี้เพื่อให้ออกมาตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานยิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำความรู้ที่ได้ ไปดัดแปลงเพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตร หรือโปรแกรมอื่น ๆ ตลอดจนสามารถนำไปพิจารณารูปแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานขององค์กรได้ แต่ผู้ดัดแปลงจะต้องทำความเข้าใจทฤษฎีที่จะนำไปใช้ก่อน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง

สำหรับกลุ่มประชากรที่ได้ศึกษาในครั้งนี้เป็นทั้งผู้ที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ในการใช้งานเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรนี้ โดยงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางให้ผู้สนใจศึกษาต่อเพื่อให้ได้ผลลัพธ์งานวิจัยจากกลุ่มผู้ใช้งานโดยเลือกทำวิจัยจากกลุ่มประชากรผู้ที่มีประสบการณ์การใช้งานเทคโนโลยีการเงินแบบไม่ใช้บัตรเท่านั้น เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เป็นผลจากการใช้งานจริงทั้งหมด และให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นต่อไป

นอกจากนี้ยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปดัดแปลง เพื่อใช้สำหรับศึกษาการตัดสินใจเลือกใช้บริการการเงินแบบไม่ใช้บัตร จากปัจจัยทางด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากรูปแบบขั้นตอนการให้บริการได้อีกด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ลีอนาม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาตลอดจนคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้สั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้ รวมทั้งประสบการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ร่วมรุ่น ตลอดจนที่ทำงาน และที่อื่น ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณค่าต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุพพการีที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดูและส่งเสริมทางด้านการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่ให้การกำลังใจเป็นอย่างดี และที่สำคัญต้องขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือที่ดีให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

ธัญรัตน์ ดิยอภิสิทธิ์ และ อรรถพล สมุทรคุปต์. (2558). ตัวแบบในการคัดเลือกผู้ให้บริการการบำรุงรักษายานพาหนะ โดยอาศัยเทคนิคฟัซซี เอเอชพี. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 140-127.

ปราโมทย์ ลีอนาม. (2556). การจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้วยกระบวนการลำดับชั้น เชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี:

แนวความคิดและการประยุกต์. วารสารการจัดการสมัยใหม่, (1)11, 1-13.

เสริมวิทย์ วัชรไชยคุปต์ และ พิรามรณ์ สวัสดิ์พรพัลลภ. (2553). การประยุกต์ใช้วิธี AHP และ Fuzzy AHP ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กกลุ่มน้ำชี. โครงการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Veedvil. (2560). ครั้งแรกของเอเชียถอนเงินจากตู้ ATM ด้วยคิวอาร์โค้ดไม่ต้องใช้บัตร. ค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2560 จาก <http://www.veedvil.com/tech/mobile-gadget/mobile/qr-code-atm-withdraw-with-mymo-by-gsb/>

Kabir, G. and Hasin, M.A.A. (2011). Comparative analysis of AHP and Fuzzy AHP models for multicriteria inventory classification. **International Journal of Fuzzy Logic Systems (IJFLS)**, 4.

Kabir, G. and Sumi, R.S. (2010). An Ontology-Based Intelligent System with AHP to Support Supplier Selection, **Suranaree Journal of Science and Technology**, 17(3), 249-257.

- Kwong, C. K., and Bai, H. (2002). A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 367-377.
- Lee, A. R. (1999). **Application of Modified Fuzzy AHP Method to Analyze Bolting Sequence of Structural Joints**. Ph.D. Dissertation UMI Dissertation Services Lehigh University.
- Vaidya, S. O. and Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, 2006(169), 1-29.
- Saaty, T.L. (2000). **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory**. 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications.

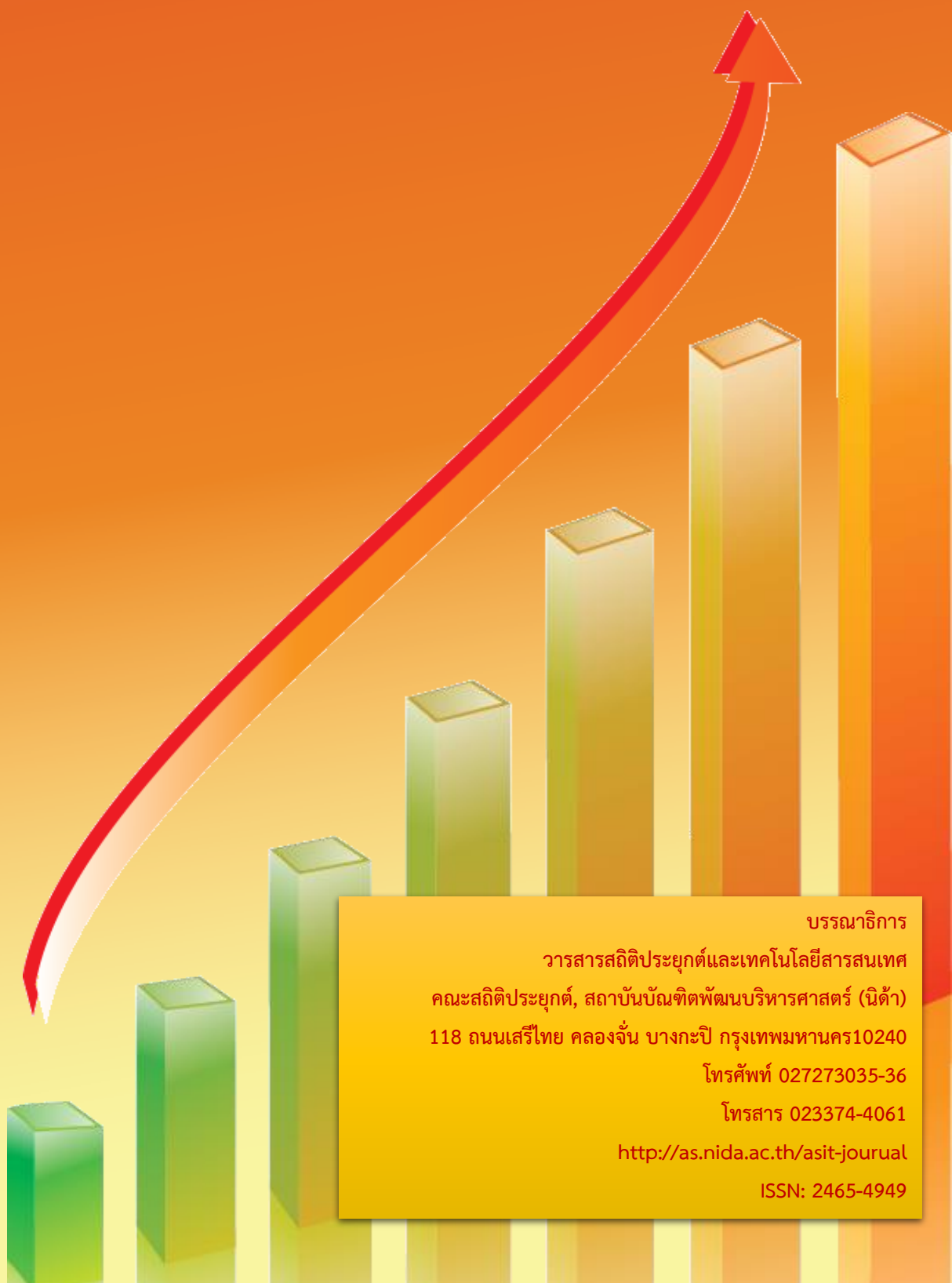
ติดต่อหรือส่งบทความ

บรรณาธิการวารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
118 ถ. เจริญไทย แขวงคลองจั่น
เขตบางกะปิ กทม. 10240

โทรศัพท์ : 02-727-3078

โทรสาร : 02-374-3061

อีเมลล์ : asit-journal@as.nida.ac.th



บรรณาธิการ

วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะสถิติประยุกต์, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (นิด้า)

118 ถนนเสรีไทย คลองจั่น บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

โทรศัพท์ 027273035-36

โทรสาร 023374-4061

<http://as.nida.ac.th/asit-journal>

ISSN: 2465-4949