แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการเงินคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็ม

นายราชวณิชย์ ชำนาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

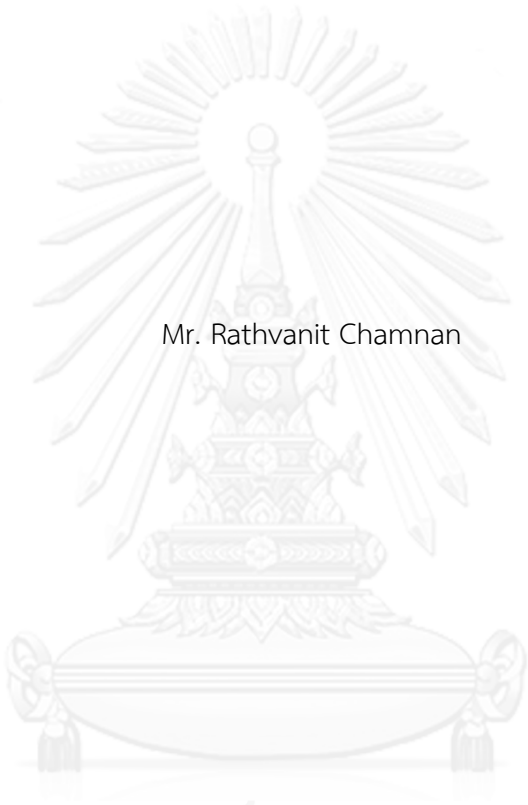
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

A MATHEMATICAL MODEL TO HANDLE OPTIMAL CASH FOR ATM CENTER

Mr. Rathvanit Chamnan



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Software Engineering
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการเงินคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็ม
โดย	นายราชวณิชย์ ชำนาญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ราชวณิชย์ ชำนาญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการเงินคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็ม. (A MATHEMATICAL MODEL TO HANDLE OPTIMAL CASH FOR ATM CENTER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา, 96 หน้า.

การตัดสินใจในปัจจุบันเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การตัดสินใจที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อธุรกิจหรือองค์กร การประยุกต์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาทางธุรกิจ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดมาประกอบการพิจารณา ปัญหาของการบรรจุเงินสดในตู้เอทีเอ็มของธนาคารสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ปัญหาของการจัดการเงินคงคลังเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดของตู้เอทีเอ็มเป็นช่องทางหนึ่งที่ธนาคารสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้น กลยุทธ์ในการหาค่าที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานที่สอดคล้องกันของการเติมและการถอนเงินสดของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (GAs) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้หลักการคัดเลือกและเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนใน คือ การสร้างประชากรเริ่มต้น การประเมินประชากร การคัดเลือกสายพันธุ์ การปฏิบัติการทางสายพันธุ์ และการแทนที่ต้นกำเนิดสายพันธุ์ ขั้นตอนที่สำคัญของวิธีทางพันธุกรรม คือ ขั้นตอนการคัดเลือกสายพันธุ์ ซึ่งจะเลือกโครโมโซมที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำไปเป็นประชากรรุ่นต่อไป และขั้นตอนการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ที่ประกอบด้วย การสลับสายพันธุ์หรือการข้ามสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ หรือการผ่าเหล่า (Mutation)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5570993521 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING
KEYWORDS: AUTOMATIC TELLER MACHINE / GENETIC ALGORITHMS / INVENTORY MANAGEMENT

RATHVANIT CHAMNAN: A MATHEMATICAL MODEL TO HANDLE OPTIMAL CASH FOR ATM CENTER. ADVISOR: PROF. PRABHAS CHONGSTITVATANA, Ph.D., 96 pp.

Decision making in the present time is a complex process. The wrong decision will impact the business or organizations. The application of scientific methods to make decisions to solve business problems can obtain the best or the most appropriate results. The problem of filling the ATM of bank cash machine can be solved by applying Genetic Algorithm. The problem of treasury management to reduce cost of filling the prepaid ATM in a channel banks can be formulated as an optimization problem. Therefore, strategies to find the optimal value can be used to ensure a consistent behavior of refilling and withdrawal of cash by customers in each period.

Genetic Algorithms (GAs) is the optimum search method that used principle of natural selection of biology by simulating of genetic evolution. There are five steps in the method: initial population, fitness computation, selection, genetic operators and termination condition. The important steps of GAs are selection step which will select appropriate chromosomes to be population to the next generation and genetic operators that is composed of crossover operator and mutation operator.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Computer Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Software Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศ.ดร. ประภาส จงสถิตย์วัฒนา ที่ได้เสียสละเวลาในการให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาที่มีประโยชน์ต่อการศึกษา อีกทั้งให้ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดียิ่ง รวมถึงตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ช
กิตติกรรมประกาศ..... ซ
สารบัญ..... ฌ
รายการอ้างอิง..... 2
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 4

บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....2
1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....3
1.7 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย.....4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับงานวิจัย.....5
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....5
2.2.1 การหาค่าความเหมาะสม (Search Optimization) 5
2.2.2 จีนิติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs).....7
2.2.3 ขั้นตอนการทำงานของจีนิติกอัลกอริทึม.....9
2.2.4 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness function).....11
2.2.5 กระบวนการคัดเลือกโดยหลักพันธุกรรม (GAs Operators).....12
2.2.5.1 ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection Operator).....12
2.2.5.2 ขั้นการสลับตำแหน่งของยีน (Crossover Operator).....13
2.2.5.3 ขั้นดัดแปลงยีน (Mutation Operator) หรือการผ่าเหล่า.....15
2.2.6 แผนผัง (Flowchart) การทำงานตามขั้นตอนของ GAs.....16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวการให้บริการเอทีเอ็ม (General Knowledge of Service ATM).....17
2.3.1 ประวัติความเป็นมาโดยสังเขป.....17
2.3.2 ปริมาณบัตรทั่วประเทศ.....18
2.3.3 รายละเอียดเกี่ยวกับตู้เอทีเอ็ม (ATM) ของธนาคารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....19
2.3.4 ขั้นตอนการแจ้งเติมเงินที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคาร.....23
2.3.5 ประเภทการทำรายการที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคาร.....24
2.3.6 องค์ประกอบของตู้เอทีเอ็ม.....29
2.3.7 ข้อจำกัดทางทางกายภาพตู้เอทีเอ็ม.....30
2.4 วิธีการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มที่ธนาคารใช้ในปัจจุบัน.....40
2.4.1 ข้อด้อยของวิธีการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินเอทีเอ็ม ในปัจจุบันของธนาคาร.....32
2.4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการอื่น.....33
2.4.3 การคำนวณต้นทุนการเสียโอกาสของเงินสดคงค้างในตู้เอทีเอ็ม.....35
2.4.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการเติมเงินเอทีเอ็ม.....38
2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....40

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 42
3.1 ประชากรเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่าง..... 42
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 45
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 47
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบันขององค์กร..... 47
3.5 การสร้างแบบจำลองการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสม 50
3.5.1 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหา..... 51
3.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือสมการเป้าหมาย. 51
3.5.3 กระบวนการจีนิติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)..... 52
3.5.4 การสร้างแบบจำลองจีนิติกอัลกอริทึม..... 53
3.5.4.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population)..... 54
3.5.4.2 วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมหรือการประเมินประชากร..... 57
3.5.4.3 การคัดเลือก (Selection)..... 59
3.5.4.4 การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation)..... 62
3.5.4.4.1 ครอสโอเวอร์ (Crossover).....62
3.5.4.4.2 มิวเตชัน (Mutation)..... 66
3.5.4.5 การแทนที่ (Replacement)..... 67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.6 อัลกอริทึม (Algorithm) สำหรับการเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนของ GAs..... 68
3.7 สรุปการดำเนินงานตามขั้นตอนของจีนิติกอัลกอริทึม..... 69

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 70
4.1 ความหมายและสัญลักษณ์ทางสถิติ..... 70
4.1.1 ประชากร (Population)..... 70
4.1.2 ตัวอย่าง (Sample)..... 72
4.1.3 การทดสอบความเชื่อถือได้ของเครื่องมือ..... 73
4.2 ผลการวิเคราะห์..... 75
4.2.1 วิธีการเติมเงินปัจจุบันที่ธนาคารดำเนินการ..... 75
4.2.2 การพยากรณ์ข้อมูล..... 76
4.2.3 ข้อมูลแท้จริง..... 77
4.3 ผลการเปรียบเทียบ..... 78
4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย..... 81
4.4.1 ความหมายและความสำคัญของการพยากรณ์ (Defining Forecasting)..... 81
4.4.2 ความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์..... 81
4.4.2.1 การหาค่าผิดพลาดเฉลี่ย (Mean Forecast Error: MFE)..... 81
4.4.2.2 การหาค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviaton: MAD)..... 82
4.4.2.3 การหาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)..... 82
4.4.2.4 การหาค่ารากที่สองของค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE)..... 82
4.4.2.5 การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE)..... 83
4.4.2.6 ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: EI)..... 83
4.4.2.7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)..... 83

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 86
5.1 สรุปผลงานวิจัย..... 86
5.2 อภิปลายผลงานวิจัย..... 88
5.3 ข้อเสนอแนะ.....89

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า
รายการอ้างอิง..... 91
ภาคผนวก..... 93
ภาคผนวก ก.....94
- ลักษณะพื้นฐานของแมทแลบ (Matlab)..... 95
- องค์ประกอบของโปรแกรมแมทแลบ (Matlab Program)..... 95
- การเรียกใช้งานเครื่องมือของจีนิติกอัลกอริทึม (GA Toolbox)..... 96

ภาคผนวก ข.....100
ภาคผนวก ค.....111
ภาคผนวก ง.....152
คำสั่ง MATLAB ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....153
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของรูปแบบการหาค่าความเหมาะสม....6
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดลักษณะของกระบวนการ GAs....8
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดลักษณะขององค์ประกอบ GAs....8
ตารางที่ 2.4 รายละเอียดลักษณะแต่ละขั้นตอนของ GAs....10
ตารางที่ 2.5 เส้นทางการเติมเงินสดตู้เอทีเอ็มของธนาคาร....19
ตารางที่ 2.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดตามระยะทางการขนส่ง (สำหรับศูนย์เงินกรุงเทพ)....21
ตารางที่ 2.7 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดตามระยะทางการขนส่ง (สำหรับศูนย์เงินต่างจังหวัด)....22
ตารางที่ 2.8 ตารางการหาค่าเฉลี่ยของการถอนเงินออกจากตู้เอทีเอ็ม....31
ตารางที่ 2.9 การจำแนกพฤติกรรมการทำรายถอนเงินสดตามจำนวนวัน (วันทำการปกติและวันหยุดนักขัตฤกษ์)....34
ตารางที่ 2.10 ปริมาณวงเงินสดที่เติมในตู้เอทีเอ็ม....34
ตารางที่ 2.11 โอกาสและความเป็นไปได้ของปริมาณเงินสดที่ต้องเติมในตู้เอทีเอ็ม....35
ตารางที่ 2.12 ต้นทุนค่าเสียโอกาสของเส้นทางเติมเงินจังหวัดนครปฐม (ช่วงปกติ)....37
ตารางที่ 2.13 ต้นทุนค่าเสียโอกาสของเส้นทางเติมเงินจังหวัดนครปฐม (ช่วงเทศกาล)....37
ตารางที่ 2.14 ปัจจัย ข้อจำกัด และช่วงระยะเวลาสำหรับการหาค่าที่เหมาะสม....39
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสถิติการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มในแต่ละวัน....42
ตารางที่ 3.2 กลุ่มตัวอย่างของตู้เอทีเอ็มในเส้นทางของจังหวัดนครปฐม....44
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างวิธีการที่ธนาคารดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน....47
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลจากระบบ BIZVIEW....49
ตารางที่ 3.5 ข้อมูลการถอนเงินเฉลี่ยของตู้หมายเลข T229B065B950P073....49
ตารางที่ 3.6 คำจำกัดความตัวของแปรตัดสินใจและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ....51
ตารางที่ 3.7 วงเงินปัจจุบันที่เติมในตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐม....54
ตารางที่ 3.8 การกำหนดขอบเขตของวงเงินที่มีโอกาสถูกสุ่มเลือก....56
ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความเหมาะสม....58
ตารางที่ 3.10 การคำนวณค่าความน่าจะเป็นตามฟังก์ชันความเหมาะสม....59
ตารางที่ 3.11 การคำนวณค่าความคาดหวังว่าจะสุ่มได้ตามฟังก์ชันความเหมาะสม....60
ตารางที่ 3.12 การเรียงลำดับข้อมูลตามค่าความน่าจะเป็นจากค่าน้อยไปหาค่ามาก....61
ตารางที่ 3.13 แสดงวิธีการสุ่มข้อมูลของระบบในแต่ละรอบ....62
ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างข้อมูลรายการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มในอดีต....63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า
ตารางที่ 4.1 วิธีการกำหนดเดือนที่ใช้เป็นเดือนฐานในการคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ..... 74
ตารางที่ 4.2 การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ..... 74
ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ..... 75
ตารางที่ 4.4 ปริมาณเงินสดปัจจุบันที่สั่งเติมในตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557..... 76
ตารางที่ 4.5 การพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557..... 77
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557..... 78
ตารางที่ 4.7 ผลต่างของวิธีการในปัจจุบัน วิธีการของ GAs และข้อมูลแท้จริง..... 79
ตารางที่ 4.8 ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์..... 84
ตารางที่ 4.9 แสดงความคาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาดของวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริง..... 85
ตารางที่ 4.10 แสดงความคาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาดของการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง..... 85
ตารางที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของวิธีการปัจจุบันกับวิธีของ GAs..... 85
ตารางผนวกที่ ข-1 กำหนดจำนวนรอบการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs 10 รอบ และทำซ้ำ
ด้วยวิธีเดิม 10 ครั้ง (จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้/เดือนมกราคม 2557).....101
ตารางผนวกที่ ข-2 กำหนดจำนวนรอบการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs 50 รอบ และทำซ้ำ
ด้วยวิธีเดิม 10 ครั้ง (จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้/เดือนมกราคม 2557).....103
ตารางผนวกที่ ข-3 กำหนดจำนวนรอบการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs 100 รอบ และทำซ้ำ
ด้วยวิธีเดิม 10 ครั้ง (จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้/เดือนมกราคม 2557)..... 105
ตารางผนวกที่ ข-4 กำหนดจำนวนรอบการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs 200 รอบ และทำซ้ำ
ด้วยวิธีเดิม 10 ครั้ง (จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้/เดือนมกราคม 2557)..... 107
ตารางผนวกที่ ข-5 กำหนดจำนวนรอบการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs 400 รอบ และทำซ้ำ
ด้วยวิธีเดิม 10 ครั้ง (จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้/เดือนมกราคม 2557)..... 109
ตารางผนวกที่ ค-1 ปริมาณการสั่งเติมเงินสดในปัจจุบันที่ธนาคารดำเนินการ
(วงเงินปกติ : จำนวนเอทีเอ็ม 37 ตู้)..... 112
ตารางผนวกที่ ค-2 สรุปจำนวนวันที่เงินหมดจากตู้เอทีเอ็มในปัจจุบันที่ธนาคารดำเนินการ.....115
ตารางผนวกที่ ค-3 การพยากรณ์ข้อมูลสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มเดือนมกราคม พ.ศ. 2557.....116
ตารางผนวกที่ ค-4 การพยากรณ์ข้อมูลสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557.....117
ตารางผนวกที่ ค-5 การพยากรณ์ข้อมูลสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557.....118
ตารางผนวกที่ ค-6 ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินไปจากตู้เอทีเอ็มเดือนมกราคม
พ.ศ. 2557..... 119
ตารางผนวกที่ ค-7 ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินไปจากตู้เอทีเอ็มเดือนกุมภาพันธ์
พ.ศ. 2557..... 123
ตารางผนวกที่ ค-8 ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินไปจากตู้เอทีเอ็มเดือนมีนาคม พ.ศ.
2557..... 127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า
ตารางผนวกที่ ค-9 สรุปข้อมูลแท้จริงจากการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคารเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 131
ตารางผนวกที่ ค-10 สรุปข้อมูลแท้จริงจากการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคารเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 132
ตารางผนวกที่ ค-11 สรุปข้อมูลแท้จริงจากการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคารเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 133
ตารางผนวกที่ ค-12 การเปรียบเทียบ วิธีการปัจจุบัน ข้อมูลพยากรณ์ ข้อมูลแท้จริง 134
ตารางผนวกที่ ค-13 ความแตกต่างระหว่างวิธีการเติมเงินที่ธนาคารใช้ในปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริง 136
ตารางผนวกที่ ค-14 ความแตกต่างระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง 138
ตารางผนวกที่ ค-15 การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลพยากรณ์ 140
ตารางผนวกที่ ค-16 การหาค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลพยากรณ์ 142
ตารางผนวกที่ ค-17 การหาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลพยากรณ์ 144
ตารางผนวกที่ ค-18 การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง 146
ตารางผนวกที่ ค-19 การหาค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง 148
ตารางผนวกที่ ค-20 การหาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง 150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 2.1 แนวคิดการทดลองด้วยการจำลอง..... 5
รูปที่ 2.2 วิธีการหาค่าความเหมาะสม..... 6
รูปที่ 2.3 วัฏจักรของจีนิติกอัลกอริทึม.....7
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนทั่วไปของ GAs เชื่อมโยงเข้ากับระบบเติมเงิน ATM ของธนาคาร..... 9
รูปที่ 2.5 การครอสโอเวอร์ 1 ตำแหน่ง (One-point Crossover)..... 14
รูปที่ 2.6 การครอสโอเวอร์ 2 ตำแหน่ง (Two-point Crossover)..... 14
รูปที่ 2.7 การครอสโอเวอร์หลายตำแหน่ง (Uniform Crossover)..... 15
รูปที่ 2.8 แผนผังขั้นตอนการทำงานของ GAs..... 16
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงจำนวนบัตรพลาสติกในประเทศไทย..... 18
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงปริมาณการทำรายการที่ตู้เอทีเอ็ม..... 18
รูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนการแจ้งเติมเงินเอทีเอ็มของธนาคาร..... 23
รูปที่ 2.12 แสดงลำดับขั้นตอนการทำรายการที่ส่งผลต่อปริมาณเงินสดของตู้เอทีเอ็ม..... 25
รูปที่ 2.13 Use Case Diagram สำหรับการถอนเงิน..... 26
รูปที่ 2.14 Activity Diagram สำหรับการสอบถามยอดเงินในบัญชี..... 27
รูปที่ 2.15 Sequence Diagram สำหรับการสอบถามยอดเงินในบัญชี..... 28
รูปที่ 2.16 Sequence Diagram สำหรับการถอนเงิน..... 28
รูปที่ 2.17 แสดงกล่องเงินด้านหลังตู้เอทีเอ็ม..... 29
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกล่องเงินภายในตู้เอทีเอ็ม..... 29
รูปที่ 3.1 GA Toolbox ของ MATLAB..... 46
รูปที่ 3.2 การสร้างแบบจำลองการแก้ปัญหาการเติมเงินเอทีเอ็ม.....50
รูปที่ 3.3 แผนภูมิสายงานแสดงกระบวนการจีนิติกอัลกอริทึม..... 53
รูปที่ 3.4 แสดงวัฏจักรจีนิติกอัลกอริทึม..... 54
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การถูกสุ่มเลือกขึ้นมาใช้งาน..... 56
รูปที่ 3.6 การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 1 โครโมโซมต้นแบบจากการสุ่ม..... 65
รูปที่ 3.7 การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 2 โครโมโซมจากข้อมูลในอดีต..... 65
รูปที่ 3.8 การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 3 การเลือกบิตย่อยจากโครโมโซมพ่อแม่..... 65
รูปที่ 3.9 การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 4 การสลับบิตย่อยระหว่างโครโมโซมพ่อแม่..... 66
รูปที่ 3.10 การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 4 โครโมโซมรุ่นต่อๆ มาหรือรุ่นลูก..... 66
รูปที่ 3.11 การเลือกบิตสำหรับมิวเทชันระหว่างโครโมโซมรุ่นลูก..... 67
รูปที่ 3.12 การแลกเปลี่ยนบิตระหว่างมิวเทชันของโครโมโซมรุ่นลูก..... 67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 4.1 การหาความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมูล..... 71
รูปที่ 4.2 กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับการพยากรณ์ด้วย GAs..... 80
รูปที่ 4.3 กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริง..... 80
รูปที่ 4.4 กราฟความแตกต่างระหว่างการพยากรณ์ด้วย GAs กับข้อมูลแท้จริง..... 81
รูปที่ 5.1 การลดลงของปริมาณสำรองเงินสด..... 87
รูปที่ 5.2 ค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์..... 87
รูปที่ 5.3 การลดลงของค่าความผิดพลาดแบบ MAPE..... 88
รูปที่ผนวกที่ ก-1 พื้นที่ทำงานของแมทแลบ (Matlab Desktop)..... 97
รูปที่ผนวกที่ ก-2 ขั้นตอนการเรียกใช้งาน GA Toolbox ในแมทแลบ..... 98
รูปที่ผนวกที่ ก-3 ส่วนประกอบของเครื่องมือ Optimization Tool..... 99
รูปที่ผนวกที่ ค-1 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของเดือนมกราคม.....153
รูปที่ผนวกที่ ค-2 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของเดือนกุมภาพันธ์..... 153
รูปที่ผนวกที่ ค-3 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของเดือนมีนาคม..... 153
รูปที่ผนวกที่ ค-4 กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริงของเดือน
มกราคม.....137
รูปที่ผนวกที่ ค-5 กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริงของเดือน
กุมภาพันธ์.....137
รูปที่ผนวกที่ ค-6 กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริงของเดือน
มีนาคม.....137
รูปที่ผนวกที่ ค-7 กราฟความแตกต่างระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของเดือน
มกราคม.....139
รูปที่ผนวกที่ ค-8 กราฟความแตกต่างระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของ
เดือนกุมภาพันธ์.....139
รูปที่ผนวกที่ ค-9 กราฟความแตกต่างระหว่างข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของเดือน
มีนาคม..... 139

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ		ความหมาย
ATM	=	Automatic Teller Machine
GAs	=	Genetic Algorithms
GAT	=	Genetic Algorithms Tool
PIN	=	Personal Identification Number
BOT	=	Bank of Thailand
BATHNET	=	Bank of Thailand Automated High-value Transfer Network
T	=	System Date
T-1	=	System Date - 1
T-2	=	System Date - 2
BKK	=	Bangkok
AVG	=	Average
G4S	=	G4S security services (Thailand) Co., Ltd.
BIZVIEW	=	ระบบงานภายในธนาคารที่ทำหน้าที่ติดตามยอดเงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็ม
MATLAB	=	โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีสิ่งแวดล้อมในการคำนวณของตัวเอง และมีภาษาเฉพาะตัวในการเขียนโปรแกรมได้ โดย MATLAB มาจากคำ 2 คำรวมกัน คือ Matrix และ Laboratory ซึ่งหมายถึงห้องปฏิบัติการเมททริกซ์
TOOLBOX	=	ชุดเครื่องมือที่ใช้งานกับ MATLAB
M-file	=	สคริปท์และฟังก์ชัน (Script and Function) สำหรับบรรจุคำสั่ง Matlab

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

เครื่องฝากถอนเงินอัตโนมัติ (ATM) หรือเรียกง่ายๆ ว่าตู้เอทีเอ็ม หมายถึงเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งให้บริการแก่ผู้ถือบัตรเอทีเอ็มของธนาคาร โดยใช้บัตรร่วมกับรหัส (PIN) ในการทำรายการฝากหรือถอนเงินสด หรือบริการอื่นๆ เช่น การโอนเงิน การสอบถามยอดคงเหลือ การชำระค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น ในปัจจุบันการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านตู้เอทีเอ็มของธนาคารพาณิชย์กำลังได้รับความนิยมสูงจากลูกค้าธนาคาร เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และไม่ยุ่งยากซับซ้อน

1.1 **ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

การดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเงินคงคลังของศูนย์เอทีเอ็มหนึ่งๆ เช่น การจัดการเงินสดเพื่อนำไปใส่หรือเติมที่ตู้เอทีเอ็มในปริมาณและเวลาที่เหมาะสม เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้า ทำให้มีต้นทุนเกิดขึ้นในการบริหารจัดการ เช่น ต้นทุนการนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็ม ต้นทุนการถือครองเงินสด รวมถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินสด ที่จะนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อจำนวนเงินสดที่นำไปใส่ไว้ในตู้เอทีเอ็มสูงกว่าความต้องการลูกค้า ในขณะเดียวกันจำนวนเงินที่ใส่ไว้ไม่เพียงพอกับความต้องการ ก็จะทำให้ต้นทุนเงินขาดแคลนขึ้น ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าลดลง ภาพลักษณ์ของธนาคารแย่ลง ลูกค้าเปลี่ยนไปใช้บริการที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคารอื่นที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้ธนาคารเจ้าของบัตร (Issuer Bank) ต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการทำธุรกรรมทางการเงินของลูกค้า (Transaction Fee) ให้แก่ธนาคารเจ้าของตู้เอทีเอ็ม (Acquirer Bank) อีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา “การบริหารเงินคงคลังให้มีประสิทธิภาพ” โดยมุ่งเน้นเฉพาะต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการบริหารจัดการ และกลยุทธ์ในการบริหารเงินสดในตู้เอทีเอ็ม เช่น ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ ต้นทุนค่าเสียโอกาส เป็นต้น ซึ่งจะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยโดยมีเป้าหมายให้ได้ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นต่ำที่สุด แต่จะไม่ครอบคลุมถึงต้นทุนราคาเครื่องเอทีเอ็มที่จ่ายครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ค่าเช่าสถานที่ตั้งตู้เอทีเอ็มที่จ่ายชำระเป็นรายเดือน

จีนิติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) หรือ ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม เป็นแบบจำลองที่ถูกเลือกนำมาใช้สำหรับงานวิจัยนี้ เนื่องจากปัจจุบันถือได้ว่าเป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้หลักการคัดเลือกและเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ

1.2 **วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1) เพื่อหาปริมาณการสั่งเติมเงินที่เหมาะสมของแต่ละตู้เอทีเอ็ม ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อรองรับความต้องการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคารในแต่ละเดือน

2) เพื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการบริหารเงินคงคลังให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และใช้ประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับธุรกิจหรือองค์กร

3) เพื่อภาพลักษณ์ที่ดีของธุรกิจหรือองค์กร และความเชื่อมั่นของลูกค้าของธนาคาร

1.3 **ขอบเขตของงานวิจัย**

1) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นถึงวิธีการค้นหาคำตอบที่ได้จากหลักการของจีนิติกอัลกอริทึมเท่านั้น เพื่อค้นหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการนำเงินสดไปเติมในตู้เอทีเอ็มของธนาคารในแต่ละช่วงเวลา

2) งานวิจัยใช้ข้อมูลการสถิติทำรายการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคาร จากตู้เอทีเอ็มของธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน) มาเป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์

3) งานวิจัยใช้ข้อมูลของตู้เอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของฝ่ายปฏิบัติการงานอิเล็กทรอนิกส์หรือศูนย์เอทีเอ็มเฉพาะเส้นทางนครปฐมเท่านั้น ไม่รวมตู้เอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของสาขา

1.4 **ข้อตกลงเบื้องต้น**

1) ใช้กับศูนย์เงินสดเพียง 1 ศูนย์ คือ ศูนย์เงินสดกรุงเทพมหานคร ที่รับผิดชอบการบริหารจัดเงินสดให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าที่มาทำรายการถอนเงินที่เครื่องเอทีเอ็มของธนาคาร

2) ใช้ข้อมูลตู้เอทีเอ็มที่ติดตั้งตามเส้นทางการเติมเงินของจังหวัดนครปฐม (Nakhon Pathom Route) จำนวน 37 ตู้

3) ใช้ข้อมูลสถิติการถอนเงินย้อนหลัง 18 เดือนมาเป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ คือ ข้อมูลจากเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2555 และ มกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

4) การนำเงินสดไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า จะพิจารณานำไปลงทุนในเงินฝากออมทรัพย์อัลตร้าเซฟวิ่ง (Ultra Savings) ซึ่งให้ผลตอบแทนสูงสุดในปัจจุบัน ด้วยอัตราผลตอบแทนร้อยละ 2.20 บาทต่อปี เพื่อใช้คำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาส

5) ระยะเวลาในการพยากรณ์ล่วงหน้า (Forecast) 10 วัน สำหรับการเติมเงินช่วงปกติ และเปรียบเทียบข้อมูลพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง เพื่อหาต้นทุนต่ำที่สุดของเดือน รวมทั้งวิเคราะห์ความคาดเคลื่อนของข้อมูล

1.5 **ข้อจำกัดของงานวิจัย**

1) การนำข้อมูลสถิติการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มย้อนหลังมาใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้า จะต้องไม่เกิดเหตุการณ์ตู้เอทีเอ็มเสียหรือหยุดการบริการภายในเดือนที่ย้อนหลังนั้น หรือภายในเดือนที่ต้องการพยากรณ์ จึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับการพยากรณ์

2) การพยากรณ์เมื่อเทียบกับข้อมูลแท้จริงแล้ว อาจจะมีข้อมูลที่เป็นลบหรือติดลบ (ข้อมูลพยากรณ์น้อยกว่าข้อมูลแท้จริง) หรือเป็นบวก (ข้อมูลแท้จริงข้อมูลมากกว่าพยากรณ์) ก็ได้

3) งานวิจัยนี้สามารถหาคำตอบภายใต้ขอบเขตของศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มที่ทำการศึกษาเท่านั้น กรณีที่ต้องการนำไปใช้การศูนย์เติมเงินอื่นๆ จะต้องมีการปรับพารามิเตอร์หรือตัวแปรให้เหมาะสมศูนย์เติมเงินนั้นๆ เนื่องจากศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มแต่ละศูนย์จะมีค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการที่ไม่เท่ากัน

4) เครื่องมือที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม (GA Toolbox) ไม่สามารถแสดงคำตอบพร้อมกันทั้ง 37 ตู้ได้ จะใช้วิธีสร้าง Script file และ Run Program ผ่าน Script file แทน

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

พันธุศาสตร์ ภาษาอังกฤษคือ genetics โดยมีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคำว่า “genno” ซึ่งแปลว่า “การให้กำเนิด” ดังนั้น พันธุศาสตร์คือสาขาแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยา ซึ่งว่าด้วยการศึกษา ดีเอ็นเอ (DNA), หน่วยพันธุกรรม หรือ ยีน (gene), พันธุกรรม (heredity), โรคทางพันธุกรรม การถ่ายถอดลักษณะทางพันธุกรรม การควบคุมการแสดงออกทางพันธุกรรม และวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตต่างๆ [www.thaibiotech.info, 2009-2013]

จีนิติกอัลกอริทึม [Goldberg, 1989] เป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบเฟ้นสุ่ม ที่เลียนแบบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบธรรมชาติ เพื่อหาค่าเหมาะสมโดยรวม ได้อาศัยการสมมติจุดคำตอบขึ้นมาหลายๆ จุดก่อน แล้วประยุกต์ใช้หลักการค้นหาจุดที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าเหมาะที่สุด (Optimization) คือ การได้ผลเฉลยดีที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ของปัญหาในฟังก์ชันจุดประสงค์ที่กำหนด [อภิชัย ฤตวิรุฬห์, 2555]

ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) เป็นฟังก์ชันที่ต้องการหาค่าเหมาะที่สุดสำหรับปัญหากำหนดการเชิงเส้นคณิตศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขบังคับของปัญหา [อภิชัย ฤตวิรุฬห์, 2555]

เงื่อนไขบังคับ (Constraint) เป็นสมการหรืออสมการที่สัมพันธ์กับตัวแปรในปัญหาค่าเหมาะที่สุด [อภิชัย ฤตวิรุฬห์, 2555]

1.7 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

1) รวบรวมข้อมูลองค์ความรู้ที่สนใจจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ

2) วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานธุรกิจของธนาคาร

3) กำหนดพารามิเตอร์และตัวแปรที่ต้องใช้ในการตัดสินใจให้กับแบบจำลอง

4) เก็บรวบรวมข้อมูลการเบิกถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มในอดีตย้อนหลัง 18 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) คำนวณข้อมูลตามแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ตามขอบเขตที่กำหนด

6) เปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต

7) สรุปผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ความคาดเคลื่อน ความแปรปรวนจากสิ่งที่ทำนายไว้

8) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงาน

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ธนาคารสามารถลดต้นทุนในการบริหารเงินคงคลัง และจัดการจำนวนเงินที่เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า

2) ธนาคารสามารถลดความเสี่ยงในการขนส่งเงินสดที่มีปริมาณมาก เพื่อนำไปเติมตามเส้นทางที่กำหนด

3) ธนาคารสามารถสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้า เมื่อมาใช้บริการผ่านตู้เอทีเอ็มธนาคาร

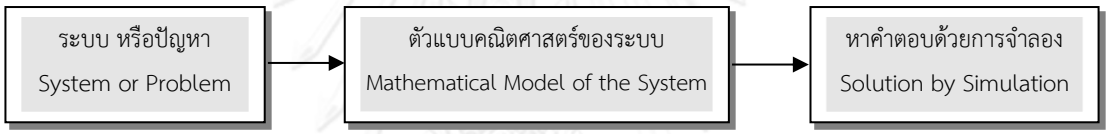
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำลองเป็นการทดลองเพื่อหาคำตอบจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยมักจะแยกปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อยๆ หรือเป็นองค์ประกอบเล็กๆ ซึ่งสัมพันธ์ด้วยกฎทางคณิตศาสตร์ง่ายๆ แต่อาจจะมีจำนวนมาก จากนั้นจึงทำการคำนวณซ้ำจากองค์ประกอบและกฎง่ายๆ ดังกล่าว จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ

2.1 **แนวคิดเกี่ยวกับงานวิจัย**

การจำลอง (Simulation) เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์วิธีหนึ่งซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะนำไปสู่ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ การทดลองด้วยการจำลองเป็นการทดลองกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาหรือระบบที่สนใจ เช่น ปัญหาการบริหารเงินคงคลังเพื่อกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินในตู้เอทีเอ็ม ตามโมเดลในรูปที่ 2.1



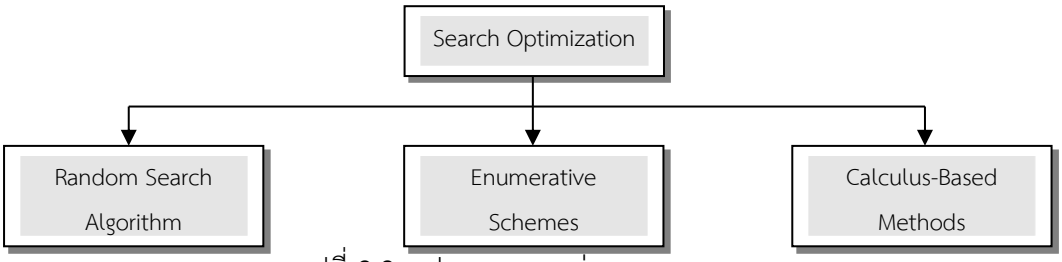
รูปที่ 2.1: แนวคิดการทดลองด้วยการจำลอง

2.2 **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย**

2.2.1 การหาค่าความเหมาะสม (Search Optimization)

การหาค่าความเหมาะสม หมายถึง แนวทางการแก้ปัญหาหรือการหาคำตอบหรือผลลัพธ์ของระบบที่เราสนใจ เพื่อให้ได้ค่าความเหมาะสมมากที่สุดที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มหนึ่งๆ ต้องการหาจำนวนเงินที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานลง การแก้ปัญหาการหาค่าความเหมาะสม จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงปัญหาที่ต้องการทำการแก้ไขนั้นเหมาะสมกับการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด โดยได้มีการนำทฤษฎีและเทคนิคการหาค่าความเหมาะสมต่างๆ มากมายเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหา หนึ่งในนั้นคือการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และมีผู้นำไปใช้ในสาขาวิชาต่างๆ อย่างกว้างขวางมากมาย เช่น ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านอุตสาหกรรมการขนส่ง ด้านการแพทย์ เป็นต้น

การหาค่าความเหมาะสมของปัญหาต่างๆ [Goldberg, 1989] โดยทั่วๆ ไปแล้วจะมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และตารางที่ 2.1



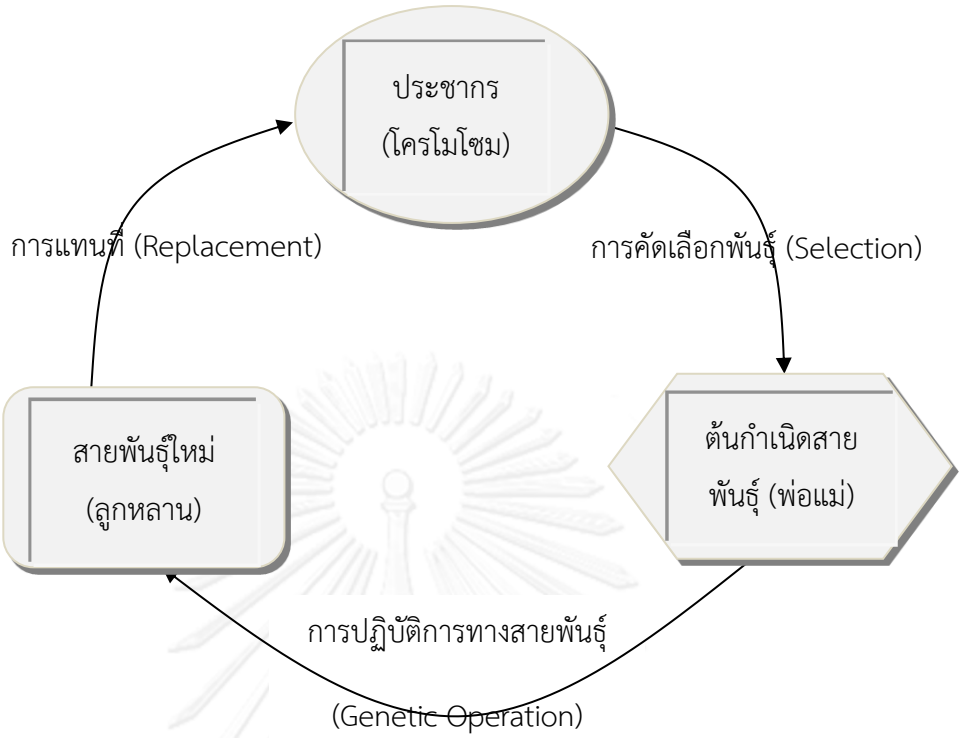
รูปที่ 2.2: รูปแบบการหาค่าความเหมาะสม

ตารางที่ 2.1: รายละเอียดของรูปแบบการหาค่าความเหมาะสม

รูปแบบ	ลักษณะวิธีการ	ตัวอย่าง
Random Search Algorithm	มีการสุ่มเลือกประชากรในตอนต้นของกระบวนการ หลังจากนั้นจะมีกระบวนการ ซึ่งเป็นแนวทางที่ทำให้เกิดการลู่เข้าหาคำตอบของปัญหา	Genetic Algorithms (GAs)
Enumerative Schemes	หาคำตอบได้จากจุดทุกจุดในพื้นที่ค้นหา (Search Space) ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์เป็นขั้นตอน ซึ่งมากเกินความจำเป็น และยังต้องใช้ความรู้พิเศษบางประการในการแก้ไขปัญหานั้นๆ	Dynamic Programming
Calculus-Based Methods	หาเกรเดียนต์ของฟังก์ชัน (Gradient of a function) แล้วให้เท่ากับศูนย์ สำหรับฟังก์ชั่นหลายมิติจะหาค่าตอบโดยการทำให้ค่าความชันของฟังก์ชั่นเป็นศูนย์ในทุกทิศทาง	Newton Method

2.2.2 จีนิติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs)

จีนิติกอัลกอริทึม หรือเรียกโดยย่อว่า GAs เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดหนึ่ง โดย Holland (1992) เป็นผู้บุกเบิกแบบจำลองชนิดนี้ เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ จีนิติกอัลกอริทึมเป็นการคำนวณอย่างหนึ่งที่สามารถกล่าวได้ว่ามีวิวัฒนาการอยู่ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ และได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computing) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพ และมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด จีนิติกอัลกอริทึมเป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบให้กับระบบ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณอย่างหนึ่ง วัฏจักรของจีนิติกอัลกอริทึม (Cycle of Genetic Algorithms) โดยธรรมชาติแล้วประกอบไปด้วย 3 กระบวนการหลักๆ ที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.3: วัฏจักรของจีนิติกอัลกอริทึม

ตารางที่ 2.2: รายละเอียดลักษณะของกระบวนการ GAs

กระบวนการที่	ลักษณะกระบวนการของ GAs
1) Selection	เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดีในระบบ ไปเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป
2) Genetic Operation	เป็นกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมผสานมาจากพ่อแม่ หรือได้จากการแปรผันยีนของพ่อแม่ เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น
3) Replacement	เป็นขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกว่าควรจะเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไรไปแทนประชากรเก่าในกลุ่มใด

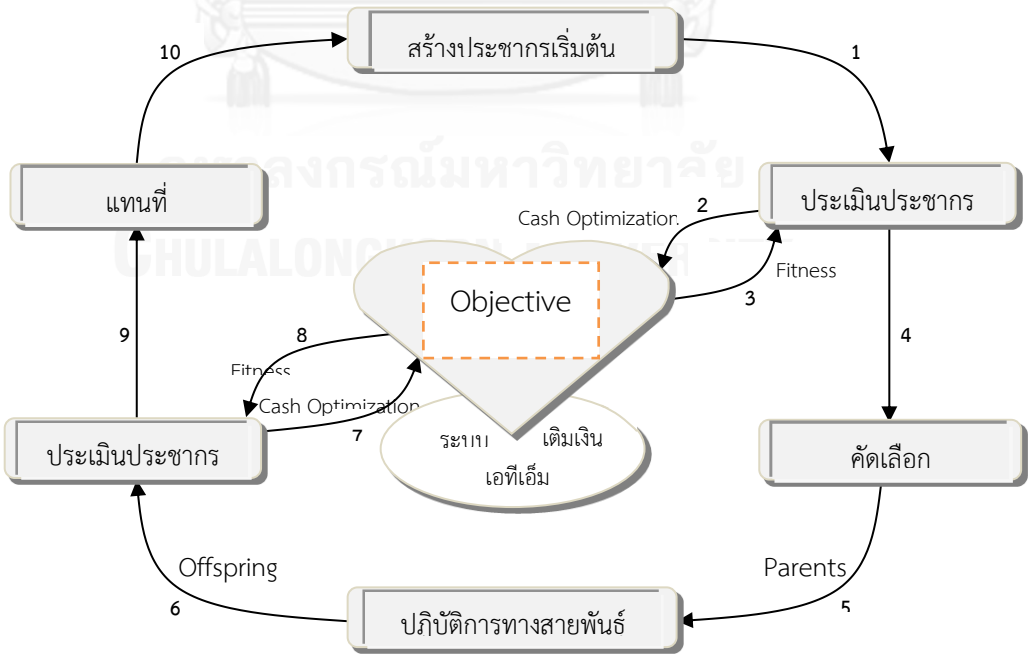
จีนิติกอัลกอริทึมมีการจำลองวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบธรรมชาติ กล่าวคือ กระบวนการภายในของจีนิติกอัลกอริทึมทำให้คำตอบของระบบที่มีอยู่เกิดวิวัฒนาการในตัวเอง อันจะนำไปสู่การปรับตัวให้กลายเป็นคำตอบที่ดีกว่าและดีที่สุดได้ จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าองค์ประกอบในวัฏจักรของจีนิติกอัลกอริทึมจะประกอบไปด้วย จำนวนประชากร ต้นกำเนิดสายพันธุ์ และสายพันธุ์ใหม่ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3: รายละเอียดลักษณะขององค์ประกอบ GAs

องค์ประกอบที่	ลักษณะองค์ประกอบของ GAs
1) Population	ประชากร ประกอบไปด้วยกลุ่มของโครโมโซม (Chromosome) ซึ่งเป็นตัวแทนของคำตอบในระบบที่ต้องการค้นหา
2) Parents	ต้นกำเนิดสายพันธุ์ เป็นกลุ่มประชากรที่ถูกคัดเลือกมาเพื่อเป็นตัวแทนในการให้กำเนิดสายพันธุ์ใหม่ในรุ่นถัดไป (Next Generation) ประชากรกลุ่มนี้จะเปรียบเสมือนกับเป็นพ่อแม่ สำหรับใช้ในการสืบทอดสายพันธุ์ให้ลูกหลานต่อไป
3) Offspring	สายพันธุ์ใหม่ หรือ ลูกหลาน เป็นประชากรกลุ่มใหม่ที่ได้รับการถ่ายถอดสายพันธุ์มาจากพ่อแม่ โดยคาดหวังที่จะได้รับสายพันธุ์ที่ดีที่สุดเพื่อถ่ายทอดต่อๆ กันในประชากรรุ่นถัดไป

2.2.3 ขั้นตอนการทำงานของจีนิติกอัลกอริทึม

ขั้นตอนทั่วไปของจีนิติกอัลกอริทึม และการเชื่อมโยงเข้ากับระบบในโลกของความเป็นจริงเพื่อทำการค้นหาคำตอบที่ต้องการ คำตอบของระบบที่ต้องการให้จีนิติกอัลกอริทึมทำการค้นหาจะอยู่ในรูปของโครโมโซมในกลุ่มของประชากร (คำตอบที่ต้องการจะต้องเป็นโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่ม) ดังนั้นระบบจะสามารถรู้ได้ว่าคำตอบที่มีอยู่ในจีนิติกอัลกอริทึม ณ เวลาหนึ่งๆ นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ด้วยการประเมินค่าของโครโมโซม ระบบจะมีการเชื่อมต่อกับจีนิติกอัลกอริทึมผ่านฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เพื่อใช้ในการประเมินค่าของโครโมโซม สำหรับแต่ขั้นตอนการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.4: ขั้นตอนทั่วไปของ GAs เชื่อมโยงเข้ากับระบบเติมเงิน ATM ของธนาคาร

ตารางที่ 2.4: รายละเอียดลักษณะแต่ละขั้นตอนของ GAs

ขั้นตอนที่	ลักษณะแต่ละขั้นตอนของ GAs
1) Population	สร้างประชากรเริ่มต้น โดยปกติจะใช้การสุ่ม (Random)
2) Population Evaluation	ประเมินค่าประชากรหรือโครโมโซมของกลุ่มประชากรทั้งหมดด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เนื่องจากระบบไม่สามารถเข้าใจค่าของโครโมโซมภายในจีนิติกอัลกอริทึมได้ ดังนั้นโครโมโซมจะต้องผ่านการถอดรหัสก่อนที่จะนำไปทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์
3) Fitness	คำนวณหาค่าความเหมาะสมแล้วส่งกลับไปยังจีนิติกอัลกอริทึม
4) Selection	การคัดเลือกโดยใช้ค่าความเหมาะสมทำการคัดเลือกโครโมโซมบางกลุ่มเพื่อนำมาเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ ซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดสายพันธุ์ให้กับรุ่นถัดไป
5) Genetic Operation	การปฏิบัติการทางสายพันธุ์ เป็นการนำต้นกำเนิดสายพันธุ์มาทำการสร้างลูกหลานด้วยปฏิบัติการทางสายพันธุ์ โครโมโซมที่ได้ในขั้นตอนนี้ก็คือโครโมโซมลูกหลาน
6) Fitness	คำนวณค่าความเหมาะสมของโครโมโซมลูกหลาน โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับข้อ 3
7) Replacement	การแทนที่โดยโครโมโซมในประชากรเดิมจะถูกแทนที่ด้วยลูกหลานที่ได้จากข้อ 5 ประชากรเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกแทนที่ด้วยกลวิธีเฉพาะสำหรับขั้นตอนของการแทนที่โดยใช้ค่าความเหมาะสมในการตัดสิน

จากรูปที่ 2.4 การทำซ้ำจะเริ่มต้นทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 2 (Population Evaluation) ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ คำตอบที่ได้จะมาจากโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่มประชากร โดยที่สามารถใช้ค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการประเมินว่าคำตอบที่ได้เป็นที่ต้องการแล้วหรือไม่

Goldberg (1989) ได้กล่าวถึงความแตกต่างของ GAs กับกระบวนการค้นหาแบบฉบับทั่วไป โดยหลักการทำงานของ GAs นั้นแตกต่างจากเทคนิคการหาค่าสูงสุดต่ำสุดแบบเดิมๆ ตรงที่ว่า GAs จะใช้รหัส (Code) ของค่าพารามิเตอร์ในการปฏิบัติการแทนการใช้ค่าพารามิเตอร์โดยตรงในการหาคำตอบ GAs จะค้นหา (Search) โดยใช้ค่าเริ่มต้นหลายๆ ค่า (Population Search) ไม่ได้เริ่มต้นจากจุดหนึ่งไปหาจุดต่อไปที่ค่าที่เหมาะสมกว่าเหมือนวิธีเดิมๆ อีกต่อไป GAs สนใจเพียงฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) ที่ต้องการจะหาค่าที่เหมาะสมเป็นหลัก ไม่ต้องใช้ส่วนประกอบต่างๆ เหมือนโมเดลแบบอื่น และสุดท้ายก็คือ GAs ใช้หลักของความน่าจะเป็น (Probabilistic Rules) ในการสืบค้นหาค่าที่มีโอกาสถูกเลือกมากที่สุด

Michalewizc (1992) กล่าวว่า GAs จะค้นหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของฟังก์ชันโดยใช้กลุ่มของค่าเริ่มต้นกลุ่มหนึ่งที่สุ่มมาได้ (A Rich Database of Points) แล้วปีนหาค่าที่เหมาะสมใน Search Space ไปพร้อมกันทั้งกลุ่ม GAs จึงมีความเป็นไปได้ที่จะได้เปรียบวิธีที่ Search จากจุดที่หนึ่งไปจุดที่

สอง และจุดต่อๆ ไปเรื่อยๆ ทีละจุดตามวิธีแบบเดิมๆ GAs จึงเป็นเทคนิคที่จะให้ค่า Local Optimal ได้น้อยกว่าวิธีอื่นๆ แม้ว่าไม่เสมอไปที่ GAs จะให้ค่าที่ดีที่สุดก็ตาม

กัมปนาท (2547) GAs สามารถประยุกต์กับงานได้หลายประเภท หลายวงการด้วยกัน ได้แก่ งานวิจัยด้านชีววิทยา คอมพิวเตอร์ศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ งานวิจัยขั้นดำเนินการ (Operational Research) งานวิจัยเพื่อพัฒนาตัว GAs เอง งานวิจัยที่เกี่ยวกับ Hybrid Techniques งานวิจัยด้าน Image Processing และ Pattern Recognition งานวิจัย Parallel GAs Implementations งานด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ งานด้านสังคมศาสตร์ งานวิจัยเชิงพฤติกรรมศาสตร์ งานด้านการบริหารจัดการ การบริหารธุรกิจ และแม้แต่การดนตรี ซึ่งการประยุกต์ใช้ GAs เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของการวิจัยที่ประยุกต์โดย GAs ที่ตีพิมพ์ในช่วงปลายสหัสวรรษที่แล้ว โดยใช้ BIDS (Bath Information and Data Services, Science Citation Index) พบว่าจาก 1 เรื่องในปี 1986 สูงขึ้นเป็น 689 เรื่องในปี 1998

2.2.4 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness function)

โครโมโซมทุกตัวจะต้องมีค่าซึ่งบ่งบอกถึงความเหมาะสมที่จะพิจารณาว่าสมควรนำไปสืบสายพันธุ์ต่อหรือไม่สมควร ดังนั้นเมื่อแทนค่ายีนไปในสมการเป้าหมาย (Objective Function) โครโมโซมแต่ละตัวจะแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้ (Fitness) ทั้งนี้อาจเป็นเพียงค่าที่เป็นไปได้ (Possible Solution) แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ จากนั้นขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนตามกระบวนการของ GAs ซึ่งเลียนแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) ของ Charles Darwin เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Optimum Solution) โดยกลุ่มของโครโมโซมดังกล่าว (Population of Chromosome) จะถูกสุ่ม (Random) จับคู่กัน

2.2.5 กระบวนการคัดเลือกโดยหลักพันธุกรรม (GAs Operators)

กัมปนาท (2547) GAs ทำงานโดยใช้หลักของความน่าจะเป็น ดังนั้นกระบวนการคัดเลือกโดยหลักพันธุกรรม ทุกขั้นตอนจะถูกควบคุมไว้ด้วยหลักความน่าจะเป็น (Probabilistic Rules) โครโมโซมที่ดีที่สุดจะถูกเลือกให้คงอยู่ในรุ่น (Generation) ถัดไป ความน่าจะเป็นดังกล่าวซึ่งต่อไปนี้ขอเรียกว่า Probability of Selection, Probability of Crossover และ Probability of Mutation ถูกกำหนดขึ้นแตกต่างกันไปตามหลักการต่อไปนี้

2.2.5.1 ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection Operator)

Goldberg (1989) ขั้นการคัดเลือกโครโมโซม (Selection Operator) เปรียบเสมือนเครื่องมือในการคัดเลือกว่าโครโมโซมตัวใดจะรอดไปอยู่ในรุ่น (Generation) ถัดไป โดยมีตัวควบคุมที่สำคัญคือค่า Probability of Selection ($\mathbf{P}$) แบบที่ใช้กันโดยทั่วไปเรียกว่า Proportional Selection

- Proportional Selection คือ โอเปอเรเตอร์ที่ใช้คัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดตามสัดส่วนของค่า Fitness ของแต่ละโครโมโซมต่อผลรวมของ Fitness ในรุ่น (Generation) นั้น ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \quad \text{..... (2.1)}$$

เมื่อ

P_i แทนค่า Probability of Selection

f_i เป็นค่า Fitness ของ โครโมโซม *i* ใน Generation นั้น ๆ

n แทนจำนวนประชากรโครโมโซมทั้งหมด (Population Size)

- Rank Selection คือ โอเปอเรเตอร์การคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดเพื่อเก็บไว้ในรุ่น (Generation) ถัดไป โดยการจัดลำดับค่า Fitness ของแต่ละโครโมโซมที่ได้ในแต่ละรุ่น (Generation) เพื่อใช้ในกรณีที่โครโมโซมบางโครโมโซมที่มีค่า Fitness เด่นกว่าโครโมโซมอื่น ซึ่งหากใช้วิธี Proportional Selection จะทำให้การคัดเลือกไม่มีความหลากหลาย การใช้วิธี Rank Selection เพื่อที่จะให้การคัดเลือกโครโมโซมที่มี Fitness ด้อยได้มีโอกาสได้รับการคัดเลือก

- Tournament Selection

Goldberg and Deb (1989) ค้นพบว่าการใช้ Binary Tournament ช่วยให้ Eliminate the Random Noise ใน Selection Process และทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น ในการทำ Binary Tournament Selection โครโมโซมแต่ละตัวใน Population ปัจจุบัน จะถูก Copy ให้เป็น 2 ชุด จากนั้น Tournament Population จะถูก Random เพื่อจับคู่กัน (Tournament Pairings) จากนั้นจึงทำการหาค่า Fitness Value ของแต่ละโครโมโซมออกมา ตัวที่ให้ค่า Fitness ที่ดีกว่าถูกคัดไปอยู่ในรุ่น (Generation) ต่อไป ส่วนโครโมโซมที่ให้ค่า Fitness ที่แย่กว่าถูกคัดออก โดยวิธีนี้โครโมโซมที่ดีที่สุดนั้นจะชนะถึง 2 ครั้งและถูกคัดไปอยู่ในรุ่น (Generation) ต่อไป 2 ตัว ส่วนโครโมโซมตัวที่แย่ที่สุดจะแพ้ 2 ครั้ง และจะถูกคัดออกไป ถ้าหากการ Random จับคูโครโมโซมเกิดจับคู่โครโมโซมที่มีค่า Fitness เท่ากันต้องทำการ Random ใหม่

2.2.5.2 ขั้นตอนการสลับตำแหน่งของยีน (Crossover Operator)

เป็นขั้นที่สำคัญมากอีกขั้นหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ประเภท GAs หากละเลยหรือไม่ทำการครอสโอเวอร์จะทำให้การปฏิบัติการ GAs ไม่ได้ผล หรือไม่อาจเรียกว่าเป็น GAs ได้ต่อไป GAs มี

ตัวควบคุมคือ Probability of Crossover โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 ประเภทของครอสโอเวอร์จำแนกไว้โดย Goldberg (1989) และ Michalewicz (1992) ว่ามีอยู่ 3 แบบคือ

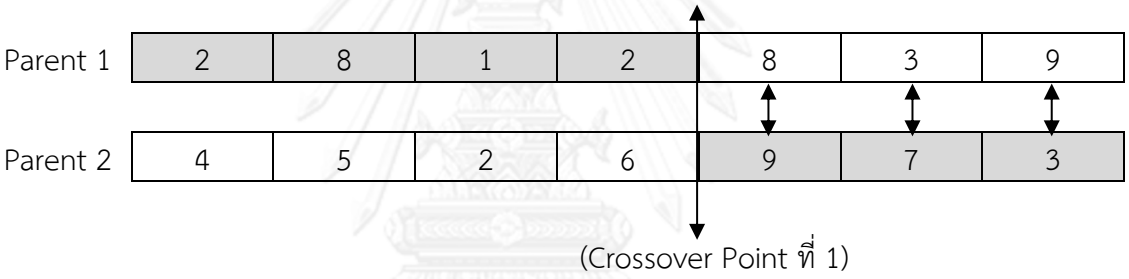
1) ครอสโอเวอร์ 1 ตำแหน่ง (One-point Crossover) มีการแลกเปลี่ยนแถวของยีนระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ที่มาจับคู่กัน ณ จุดใดจุดเดียวซึ่งเกิดจากการสุ่ม (Random)

2) ครอสโอเวอร์ 2 ตำแหน่ง (Two-point Crossover) มีการแลกเปลี่ยนแถวของโครโมโซม ณ จุดสุ่ม 2 จุด

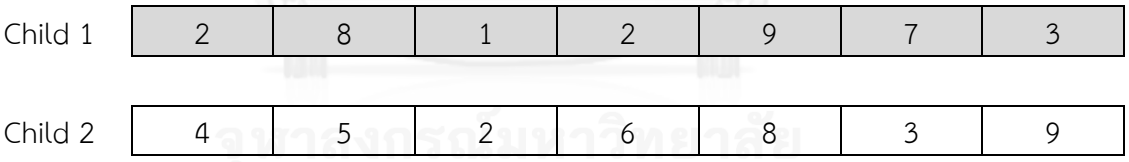
3) ครอสโอเวอร์หลายตำแหน่ง (Uniform Crossover) มีการแลกเปลี่ยนโครโมโซมเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งของยีน

การครอสโอเวอร์แต่ละประเภทสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 รูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 ตามลำดับ

- ก่อนครอสโอเวอร์ (Before)

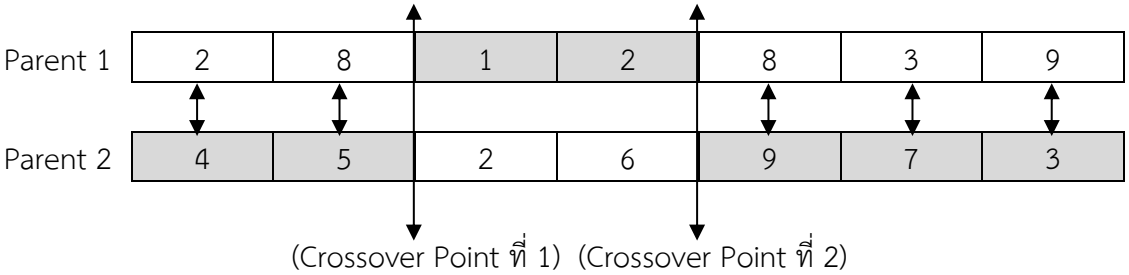


- หลังครอสโอเวอร์ (After)

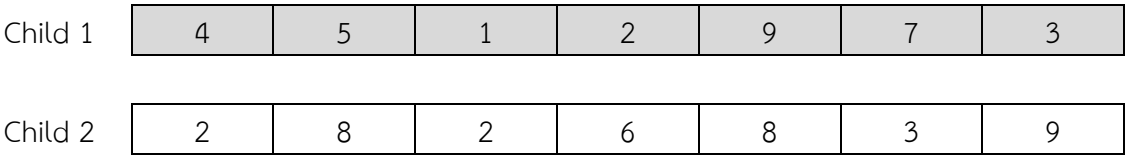


รูปที่ 2.5: การครอสโอเวอร์ 1 ตำแหน่ง (One-point Crossover)

- ก่อนครอสโอเวอร์ (Before)

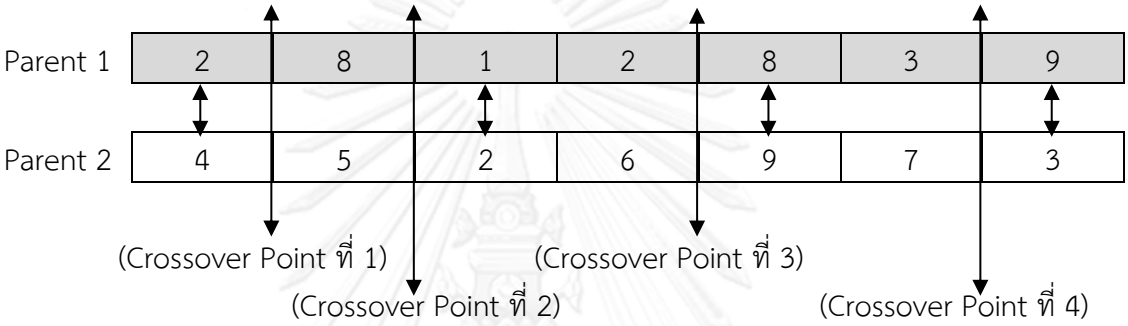


- หลังครอสโอเวอร์ (After)

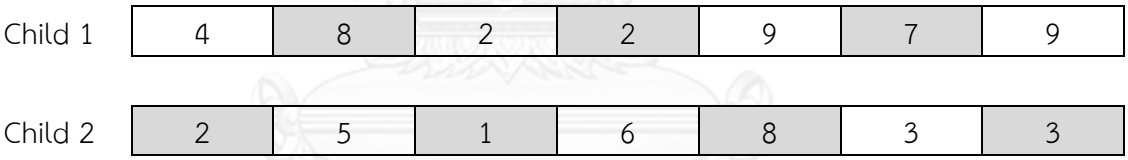


รูปที่ 2.6: การครอสโอเวอร์ 2 ตำแหน่ง (Two-point Crossover)

- ก่อนครอสโอเวอร์ (Before)



- หลังครอสโอเวอร์ (After)



รูปที่ 2.7: การครอสโอเวอร์หลายตำแหน่ง (Uniform Crossover)

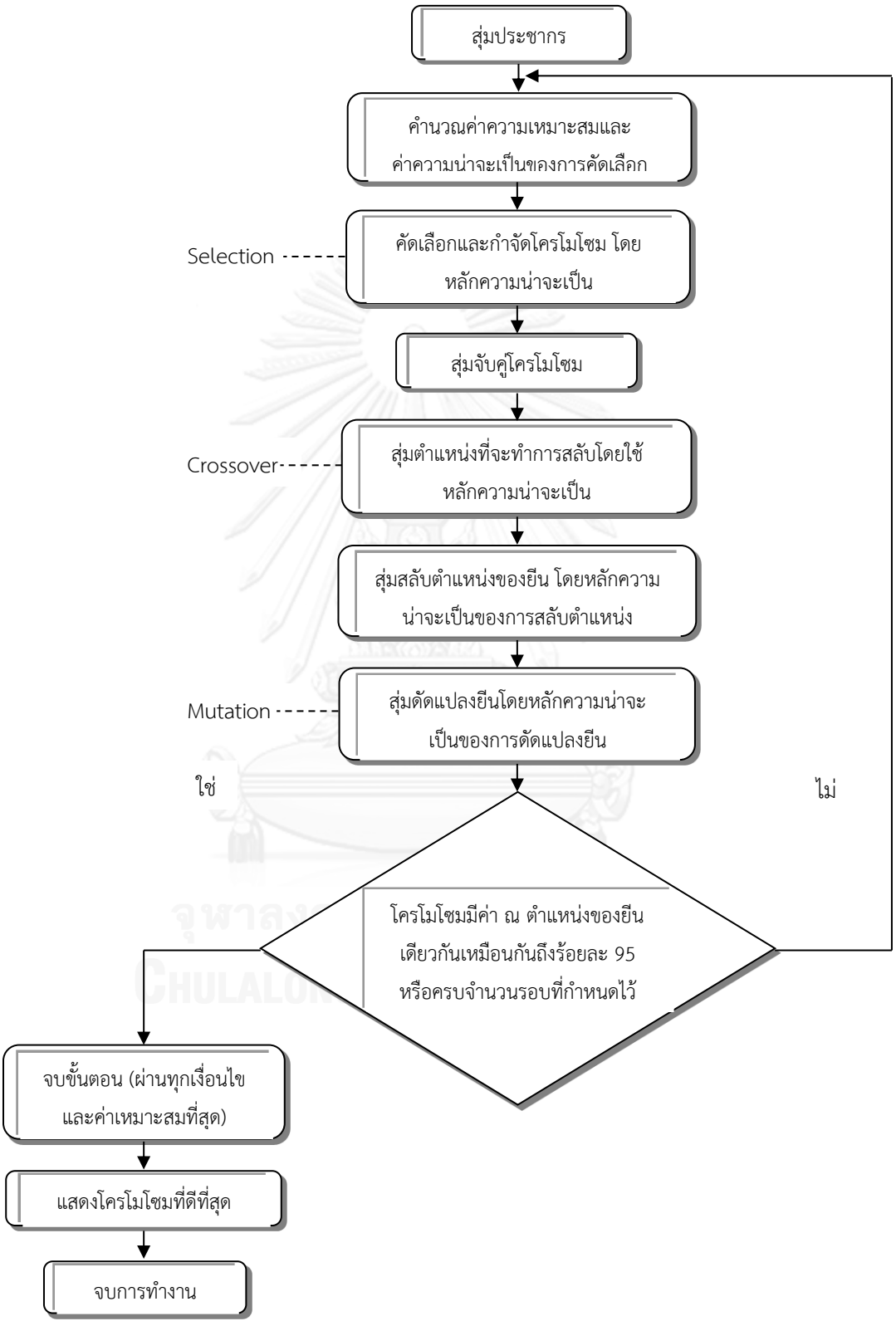
2.2.5.3 ขั้นตอนการดัดแปลงยีน (Mutation Operator) หรือการผ่าเหล่า

เป็นขั้นตอนที่ยีนถูกปรับเปลี่ยนดัดแปลงให้ผิดแผกไปจากโครโมโซมพ่อแม่โดยสิ้นเชิง ภายใต้การควบคุมของ Probability of Mutation ในระยะแรกๆ ของการพัฒนา GAs นั้น ยีนถูกแสดงค่าเป็นไบนารี่ การดัดแปลงยีน (Mutation) ก็คือ การเปลี่ยนค่า 0 เป็น 1 หรือในทางกลับกันจาก 1 เป็น 0 ในปัจจุบันยีนอาจเป็นค่าจำนวนจริง (Real Value Coding) มีรูปแบบการดัดแปลงยีนเกิดขึ้นอีกมาก Michalewicz (1992) ได้จำแนกไว้ 3 ประเภท คือ

- Uniform Mutation คือ ค่าของยีนจะถูกดัดแปลง ภายในค่าพิสัย (Range) ที่กำหนด
- Modified Uniform Mutation คือ ยีนจะถูกดัดแปลงโดยค่าคงที่เพียงค่าเดียว
- Non-Uniform Mutation คือ การดัดแปลงยีนโดยค่าที่ค่อยๆ ลดลงเมื่อ Generation ค่อยๆ เพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.6 แผนผัง (Flowchart) การทำงานตามขั้นตอนของ GAs



รูปที่ 2.8: แผนผังขั้นตอนการทำงานของ GAs

2.3 **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวการให้บริการเอทีเอ็ม (General Knowledge of Service ATM)**

เอทีเอ็ม (ATM) เป็นหนึ่งในนวัตกรรมสำคัญของบริการธนาคารที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้บริการสามารถทำธุรกรรมทางการเงินได้อย่างสะดวกสบายตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวัน โดยไม่ต้องเดินทางไปธนาคาร ด้วยเหตุนี้ เครื่องเอทีเอ็มจึงได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยมีเครื่องเอทีเอ็มของแทบทุกธนาคารที่พร้อมให้บริการอยู่แทบทุกซอกทุกมุมของประเทศเป็นหลักฐานยืนยันความนิยมดังกล่าว [www.bangkokbank.com]

เมื่อปี 2555 ประเทศไทยมีเครื่องเอทีเอ็มอยู่จำนวน 52,242 เครื่อง [รายงานระบบชำระเงิน, 2555]

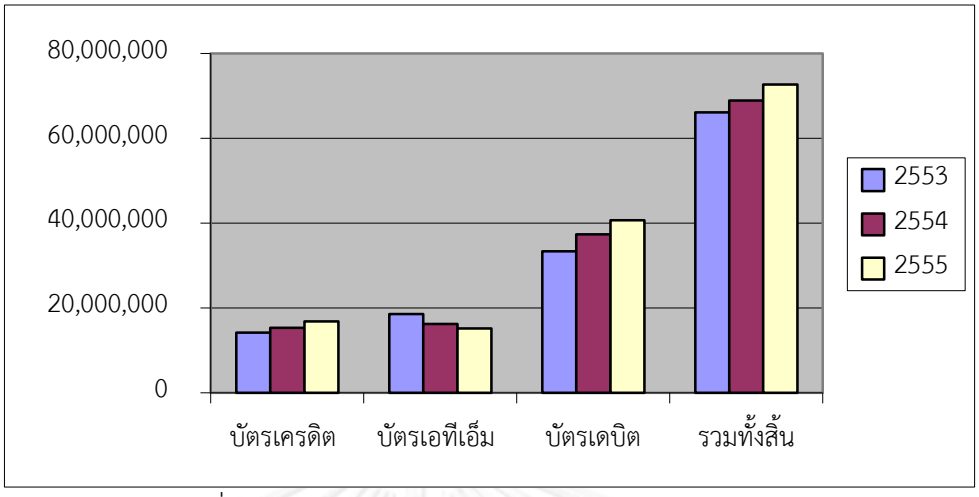
2.3.1 ประวัติความเป็นมาโดยสังเขป

เครื่องฝากถอนเงินอัตโนมัติ หรือที่รู้จักกันดีว่าเครื่องเอทีเอ็มนั้นเป็นเครื่องมือของธนาคารพาณิชย์ ที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศ ในอดีตเมื่อธนาคารพาณิชย์เริ่มให้บริการเครื่องเอทีเอ็มแก่ลูกค้านั้น ธนาคารแห่งประเทศไทยส่งเสริมให้ธนาคารพาณิชย์ต่างๆ ใช้เครื่องเอทีเอ็มร่วมกัน เพื่อลดการลงทุนที่ซ้ำซ้อน โดยในระยะแรกนั้นบริการเอทีเอ็มแบ่งเป็น 2 เครือข่าย ได้แก่ เครือข่ายแบงก์เนต นำโดยธนาคารกรุงเทพ และเครือข่ายสยามเนต นำโดยธนาคารไทยพาณิชย์ และธนาคารกสิกรไทย ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ธนาคารแห่งประเทศไทย ได้ผลักดันให้ธนาคารพาณิชย์ต่างๆ รวมกันจัดตั้งเครือข่ายเอทีเอ็มเป็นเครือข่ายเดียวทั่วประเทศ (ATM Pool) เพื่อให้ความสะดวกแก่ประชาชนมากยิ่งขึ้น ธุรกรรมที่กระทำผ่านเครื่องเอทีเอ็มต่างธนาคาร จะส่งผ่านบริษัทศูนย์ประมวลผล จำกัด (PCC) ที่ทำหน้าที่เป็น Switching Center สำหรับการชำระดุลบัตรเอทีเอ็มระหว่างธนาคาร โดยธนาคารพาณิชย์แต่ละแห่งจะแจ้งยอดเงินการเรียกเก็บระหว่างกัน และคำนวณดุลสุทธิแต่ละวันของธนาคารตนภายในเวลา 9.00 น. ของวันทำการถัดไป ธนาคารกรุงเทพ ทำหน้าที่เป็น Settlement Bank โดยธนาคารพาณิชย์ที่อยู่ใน ATM Pool จะเปิดบัญชีเงินฝากกระแสรายวันกับธนาคารกรุงเทพ ธนาคารที่เสียดุลจะโอนเงินเข้าบัญชีดังกล่าวโดยผ่านระบบบาทเนตภายในเวลา 14.00 น. และธนาคารกรุงเทพ จะทำการหักบัญชีจากธนาคารผู้เสียดุลเข้าบัญชีธนาคารผู้ได้ดุลภายในเวลา 15.30 น. โดยค่าธรรมเนียมการใช้เครื่องเอทีเอ็มข้ามธนาคาร จะมีการชำระเดือนละครั้งด้วยวิธีการเดียวกัน โดยบริษัทศูนย์ประมวลผลเป็นผู้คำนวณดุลและแจ้งยอดให้แต่ละธนาคารทราบ

2.3.2 ปริมาณบัตรทั่วประเทศ

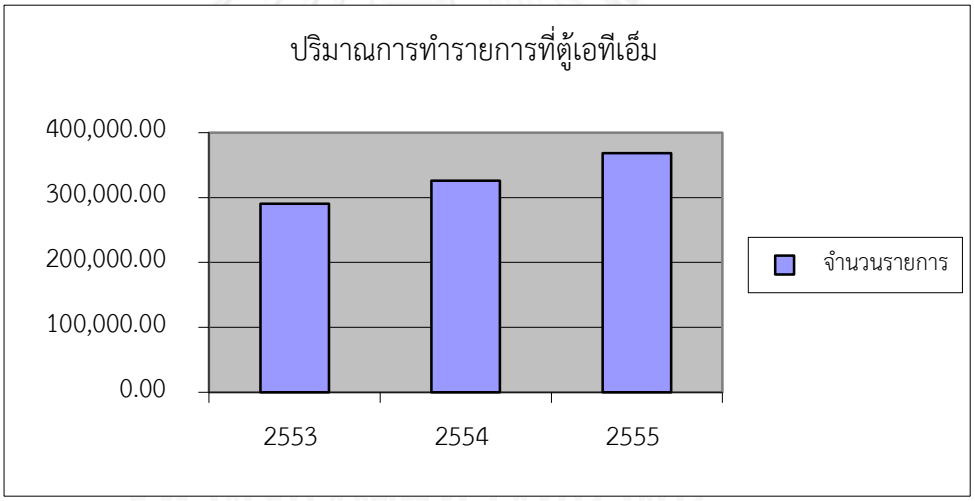
จำนวนบัตรพลาสติกที่ใช้สำหรับทำรายการที่เครื่องเอทีเอ็มในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีบัตรเครดิต จำนวน 16,870,025 ใบ บัตรเอทีเอ็มจำนวน 15,171,998 ใบ และบัตรเดบิตจำนวน 40,678,603 ใบ รวมบัตรทั้ง 3 ประเภทจำนวนทั้งสิ้น 72,720,626 ใบ

(หน่วย: ใบ)



รูปที่ 2.9: กราฟแสดงจำนวนบัตรพลาสติกในประเทศไทย

(หน่วย: พันรายการ)



ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศ

รูปที่ 2.10: กราฟแสดงปริมาณการทำรายการที่ตู้เอทีเอ็ม

2.3.3 รายละเอียดเกี่ยวกับตู้เอทีเอ็ม (ATM) ของธนาคารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ธนาคารมีตู้เอทีเอ็มจำนวนทั้งสิ้น 2,079 ตู้ (ข้อมูลธนาคารธนชาต ณ วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2556) ไว้คอยให้บริการกับลูกค้า โดยสามารถจำแนกตู้เอทีเอ็มออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามพื้นที่หรือสถานที่ตั้งนั้นๆ คือ

1) ตู้เอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของสาขา เป็นตู้เอทีเอ็มที่ทำการติดตั้งภายในพื้นที่สาขาหรือพื้นที่นอกสาขาและอยู่ใกล้เคียงกับที่ตั้งสาขา เช่น สาขาเพลินจิต สาขาสีลม สาขามาบุญครอง สาขารัชดาภิเษก สาขาเชียงใหม่ สาขาภูเก็ต เป็นต้น มีจำนวน 687 ตู้

2) ตู้เอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานใหญ่หรือศูนย์เอทีเอ็มหรือฝ่ายปฏิบัติการงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นตู้เอทีเอ็มที่ทำการติดตั้งนอกสาขาและอยู่ห่างไกลสาขา เช่น ตู้เอทีเอ็มที่ติดตั้งตามสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS) ตามมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล อาคารสำนักงาน เป็นต้น มีจำนวน 1,392 ตู้

สำหรับตู้เอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของฝ่ายปฏิบัติการงานอิเล็กทรอนิกส์ จะแบ่งวิธีการเติมเงินสดออกตามเส้นทางการเติมเงิน (Route) ซึ่งแบ่งได้ 30 เส้นทาง ดังแสดงได้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5: เส้นทางการเติมเงินสดตู้เอทีเอ็มของธนาคาร

เขตพื้นที่ตั้งตู้เอทีเอ็ม (จังหวัด/อำเภอ)	จำนวน (ตู้)	ค่าใช้จ่ายในการเติมเงินต่อตู้/ครั้ง (บาท)
1) กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล (นนทบุรี สมุทรปราการ ปทุมธานี)	693	620-700
2) สมุทรสาคร	103	620-700
3) สมุทรสงคราม	4	1,200-1,400
4) นครปฐม	37	1,200-1,400
5) อยุธยา	36	1,200-1,400
6) นครนายก	4	1,200-1,400
7) สุพรรณบุรี	8	1,200-3,850*
8) สระบุรี	10	1,200-3,850*
9) ราชบุรี	16	1,200-3,850*
10) กาญจนบุรี	10	2,500-3,850
11) ประจวบคีรีขันธ์	10	2,500-3,850
12) เพชรบุรี	5	2,500-3,850
13) สิงห์บุรี	2	2,500-3,850
14) ขอนแก่น	9	847-4,200
15) อุบลราชธานี	9	847-4,200
16) อุดรธานี	9	847-4,200
17) สุรินทร์	3	847-1,700
18) พิษณุโลก	9	847-4,200
19) นครสวรรค์	11	847-1,700
20) เชียงราย	3	847-1,700
21) หาดใหญ่	15	847-4,200
22) นครศรีธรรมราช	6	847-4,200
23) สกลนคร	1	847-1,000
24) ชลบุรี	105	847-7,175

ตารางที่ 2.5: เส้นทางการเติมเงินสดตู้เอทีเอ็มของธนาคาร (ต่อ)

เขตพื้นที่ตั้งตู้เอทีเอ็ม (จังหวัด/อำเภอ)	จำนวน (ตู้)	ค่าใช้จ่ายในการเติมเงินต่อตู้/ครั้ง (บาท)
25) ระยอง	58	847-4,338
26) ภูเก็ต	96	847-4,200
27) สุราษฎร์ธานี	58	847-4,717
28) นครราชสีมา	16	847-4,200
29) เชียงใหม่	29	847-4,675
30) ฉะเชิงเทรา	17	847-4,200
รวม	1,392	

* หมายถึง มีทั้งระยะทางไม่เกิน 200 กิโลเมตร และเกิน 200 กิโลเมตร
แหล่งที่มา : ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556

ค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ จะมีอัตราการเรียกเก็บเงินจากผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก (Outsourcing) ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระยะทาง สำหรับแต่เส้นทางจะมีวิธีการคำนวณค่าใช้จ่าย ดังนี้

1) ลำดับที่ 1-13 (กรุงเทพฯ – สิงห์บุรี) ข้อมูลจากตารางที่ 2.5 เมื่อนำมาเปรียบเทียบระยะทางในการขนส่งเงินจะแสดงได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6: การคำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดตามระยะทางการขนส่ง (สำหรับศูนย์เงินกรุงเทพ)

เขตพื้นที่เดียวกับศูนย์เติมเงิน	ข้ามจังหวัด	
	ห่างจากศูนย์เติมเงินไม่เกิน 200 กิโลเมตร	ห่างจากศูนย์เติมเงินเกิน 200 กิโลเมตร
620–700 บาท	1,200-1,400 บาท	2,500-3,850 บาท
กรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑล, สมุทรสาคร	สมุทรสงคราม, นครปฐม, อยุธยา, นครนายก	กาญจนบุรี, ประจวบคีรีขันธ์, เพชรบุรี, สิงห์บุรี
	สุพรรณบุรี, สระบุรี, ราชบุรี	

T หมายถึง การนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มในวันเดียวกับวันที่ได้คำสั่งแจ้งเติมเงิน
T-2 หมายถึง การนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มหลังจากได้คำสั่งแจ้งเติมเงิน 2 วัน
แหล่งที่มา: ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556

จากตารางที่ 2.6 ในกรณีที่ตั้งของตู้เอทีเอ็มอยู่ในเขตพื้นที่เดียวกับศูนย์เติมเงินของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก จะคิดค่าบริการในการเติมเงินสดให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 620 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 700 บาท/ตู้/ครั้ง แต่ถ้าที่ตั้งของตู้เอทีเอ็มมี

ระยะทางห่างจากศูนย์เติมเงินไม่เกิน 200 กิโลเมตรให้ถือว่าเป็นตู้ต่างจังหวัด จะคิดค่าบริการเติมเงินให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 1,200 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 1,400 บาท/ตู้/ครั้ง สำหรับตู้เอทีเอ็มมีระยะทางห่างจากศูนย์เติมเงินเกิน 200 กิโลเมตรและถือว่าเป็นตู้ต่างจังหวัด จะคิดค่าบริการเติมเงินให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 2,500 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 3,850 บาท/ตู้/ครั้ง

2) ลำดับที่ 14-30 (ขอนแก่น – ฉะเชิงเทรา) ข้อมูลจากตารางที่ 2.5 เมื่อนำมาเปรียบเทียบระยะทางในการขนส่งเงินจะแสดงได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.7 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการเติมเงินสดตามระยะทางการขนส่ง
(สำหรับศูนย์เงินต่างจังหวัด)

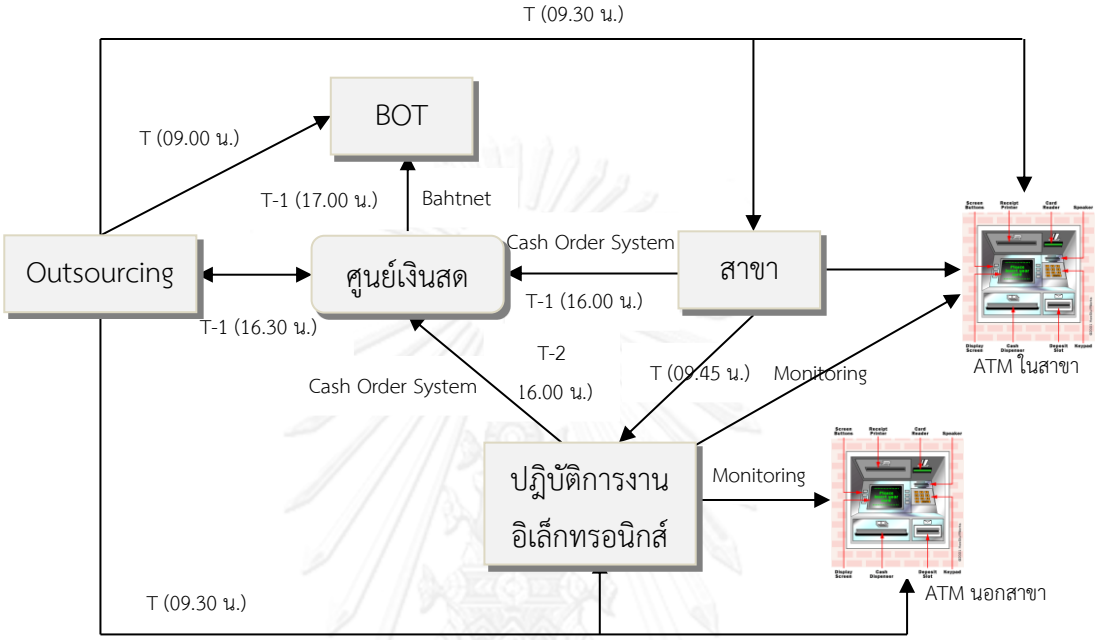
<table>
<tr><td rowspan="2">เขตพื้นที่เดียวกับศูนย์เติมเงิน</td><td colspan="3">ข้ามจังหวัด</td></tr>
<tr><td>ห่างจากศูนย์เติมเงินไม่เกิน 200 กิโลเมตร</td><td>ห่างจากศูนย์เติมเงินเกิน 200 กิโลเมตร</td><td>เพิ่มราคาข้ามเกาะ</td></tr>
<tr><td>847–1,000 บาท</td><td>1,450-1,700 บาท</td><td>3,850-4,200 บาท</td><td>3,299-7,175 บาท</td></tr>
<tr><td>สกลนคร</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">สุรินทร์, นครสวรรค์, เชียงราย,</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">ขอนแก่น, อุบลราชธานี, อุดรธานี, พิษณุโลก, หาดใหญ่, นครศรีธรรมราช, นครราชสีมา, ฉะเชิงเทรา, เชียงใหม่</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">ชลบุรี, ระยอง, สุราษฎร์ธานี, ภูเก็ต</td></tr>
</table>

T หมายถึง การนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มในวันเดียวกับวันที่ได้คำสั่งแจ้งเติมเงิน
T-2 หมายถึง การนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มหลังจากได้คำสั่งแจ้งเติมเงิน 2 วัน
แหล่งที่มา: ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556

จากตารางที่ 2.7 ในกรณีที่ตั้งของตู้เอทีเอ็มอยู่ในเขตพื้นที่เดียวกับศูนย์เติมเงินของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก จะคิดค่าบริการในการเติมเงินสดให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 847 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 1,000 บาท/ตู้/ครั้ง แต่ถ้าที่ตั้งของตู้เอทีเอ็มมีระยะทางห่างจากศูนย์เติมเงินไม่เกิน 200 กิโลเมตรให้ถือว่าเป็นตู้ต่างจังหวัด จะคิดค่าบริการเติมเงินให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 1,450 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 1,700 บาท/ตู้/ครั้ง สำหรับตู้เอทีเอ็มมีระยะทางห่างจากศูนย์เติมเงินเกิน 200 กิโลเมตรและถือว่าเป็นตู้ต่างจังหวัด จะคิดค่าบริการเติมเงินให้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคาร คือ กรณีปกติ (T-2) 3,850 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีเร่งด่วน (T) 4,200 บาท/ตู้/ครั้ง และกรณีที่ตู้เอทีเอ็มติดตั้งในพื้นที่ที่มีเกาะกลางทะเลจะต้องจ่ายค่าเรือเฟอร์รีในการขนส่งเงินข้ามฟากเพิ่มเข้าไปด้วย เช่น เกาะช้าง เกาะเสม็ดในจังหวัดระยอง หรือ เกาะล้านในจังหวัดชลบุรี หรือ เกาะลันตาในจังหวัดภูเก็ต หรือหาดลิ้นเกาะพงันในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นต้น

2.3.4 ขั้นตอนการแจ้งเติมเงินที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคาร

การแจ้งเติมเงินระหว่างศูนย์เอทีเอ็มของธนาคารกับบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก จะมีขั้นตอนในการส่งคำขอเติมเงินสด เมื่อเงินใกล้หมดหรือเงินหมด ดังแสดงรายละเอียดได้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11: แสดงขั้นตอนการแจ้งเติมเงินเอทีเอ็มของธนาคาร

จากรูปที่ 2.11 สำหรับเอทีเอ็มที่อยู่ในความรับผิดชอบของสาขาๆ จะพิจารณาส่งคำสั่งขอเติมเงินสดผ่านระบบคำขอเติมเงินสด (Cash Order System) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานภายในธนาคาร (In house) โดยที่สาขาจะทำการส่งข้อมูลไปยังศูนย์เงินสดๆ ทำหน้าที่ตรวจสอบยอดเงินคงเหลือประจำวัน พร้อมทั้งประมาณการใช้เงินให้เพียงพอกับความต้องการของสาขา และการสำรองศูนย์เงินสด และทุกสิ้นวันกลุ่มปฏิบัติการด้านศูนย์เงินบาท (เป็นส่วนงานที่อยู่ภายใต้ศูนย์เงินสด) จะทำการตรวจสอบรายงานธุรกรรมประจำวัน รายการสรุปยอดเงินคงคลัง เป็นต้น จากนั้นจะทำการสร้างรายการ (Generate Transaction) ส่งต่อไปยังผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก (Outsourcing) เมื่อผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกได้รับข้อมูล จะทำการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบของผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกเอง และตอบกลับมายังศูนย์เงินสดอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันการรับส่งข้อมูล ก่อนสิ้นวันศูนย์เงินสดจะทำการโอนเงินผ่านระบบบาทเนต (Bahtnet) เพื่อนำเข้าบัญชีของศูนย์เงินสดที่เปิดบัญชีไว้กับธนาคารแห่งประเทศไทย (BOT : The Bank of Thailand) โดยในวันรุ่งขึ้นผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก (วันที่ T) จะนำหลักฐานการขอเติมเงินสดของสาขา (วันที่ T-1) เพื่อนำไปขึ้นเงินที่ธนาคารแห่งประเทศไทย และนำเงินสดใส่รถขนเงินที่มีระบบรักษาความปลอดภัยและป้องกันการโจรกรรมอย่างแน่นหนา เพื่อนำไปเติมที่ตู้เอทีเอ็ม ณ สาขาที่รับแจ้ง

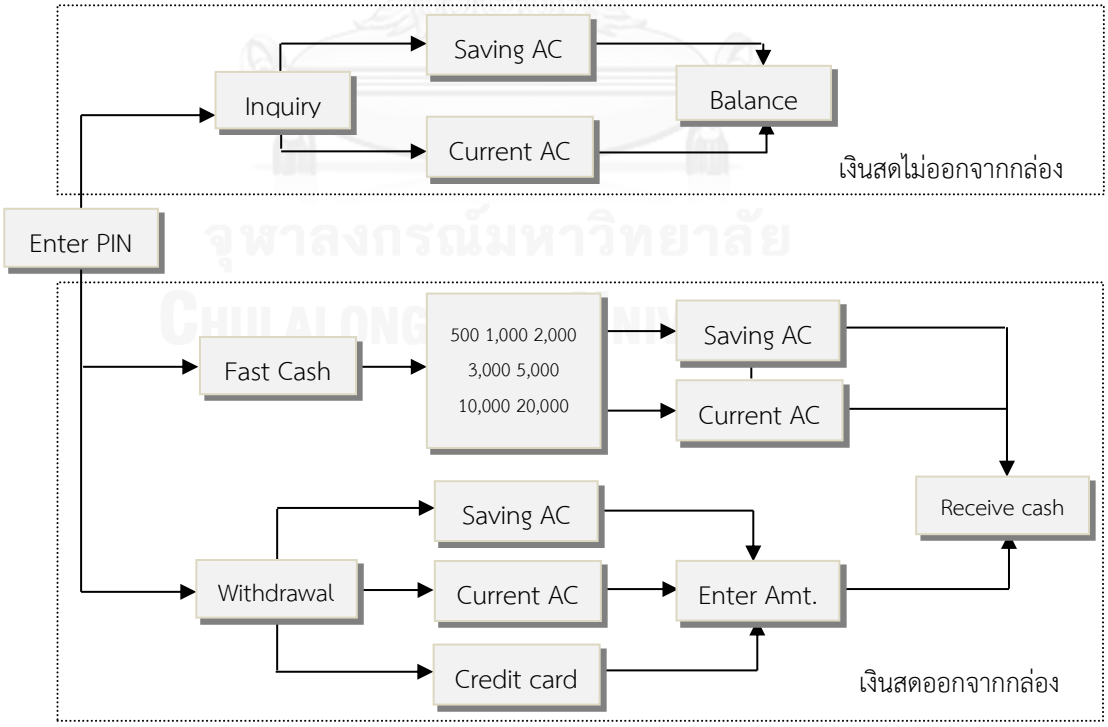
สำหรับเอทีเอ็มที่อยู่นอกสาขาธนาคาร จะมีส่วนปฏิบัติการ (Operation Section) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่อยู่ภายใต้สังกัดฝ่ายปฏิบัติการงานอิเล็กทรอนิกส์หรือศูนย์เอทีเอ็ม จะทำหน้าที่เฝ้าติดตาม

(Monitoring) สถานะ (Status) ของตู้เอทีเอ็ม เช่น ตู้เสีย ตู้ที่ปิดให้บริการ หน้าจอเครื่องเอทีเอ็มแสดงข้อมูลผิดปกติ จอไม่ติด หน้าจอมืด ภาพบวม รวมทั้งเงินในตู้เอทีเอ็มใกล้หมดหรือเงินหมด เป็นต้น กรณีที่เงินเหลือน้อยหรือเงินหมดศูนย์เอทีเอ็มจะส่งคำสั่งขอเติมเงินสดผ่านระบบคำขอเติมเงินสด (Cash Order System) ไปยังศูนย์เงินสด และศูนย์เงินสดจะส่งรายการข้อมูลต่อไปยังผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก เมื่อผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก ได้รับข้อมูลแล้วก็จะแจ้งยืนยันรายการกลับมาที่ศูนย์เงินสดอีกครั้งก่อนที่จะไปขอเบิกเงินสดจากธนาคารแห่งประเทศไทย และนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มที่ได้รับแจ้งจากเจ้าหน้าที่ธนาคาร

จำนวนเจ้าหน้าที่ธนาคารที่รับผิดชอบในการสั่งเติมเงิน ตรวจสอบและติดตามเป็นเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการอาวุโสจำนวน 4 คน (ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556) ที่ดูแลการเติมเงินตู้เอทีเอ็มนอกสาขาทั่วประเทศ

2.3.5 ประเภทการทำรายการที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคาร

การทำรายการที่ตู้เอทีเอ็ม ที่จะทำให้เกิดการถอนเงินสดออกจากตู้เอทีเอ็มหรือออกจากกล่องเงิน (Cash Boxes) ที่ส่งผลต่อปริมาณเงินสดในตู้ที่ลดลง ประกอบไปด้วย 3 รายการ เท่านั้น คือ รายการถอนด่วน (Fast Cash) ถอนระบุจำนวนเงิน (Withdrawal) และถอนเงินจากบัตรเครดิต (Credit Card) ส่วนรายการอื่นๆ จะไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณเงินสดในตู้เอทีเอ็ม เช่น รายการโอนเงิน รายการชำระสินค้าและบริการ รายการเปลี่ยนวงเงิน เป็นต้น สำหรับขั้นตอนในการทำรายการที่ส่งผลต่อปริมาณเงินสด สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.12

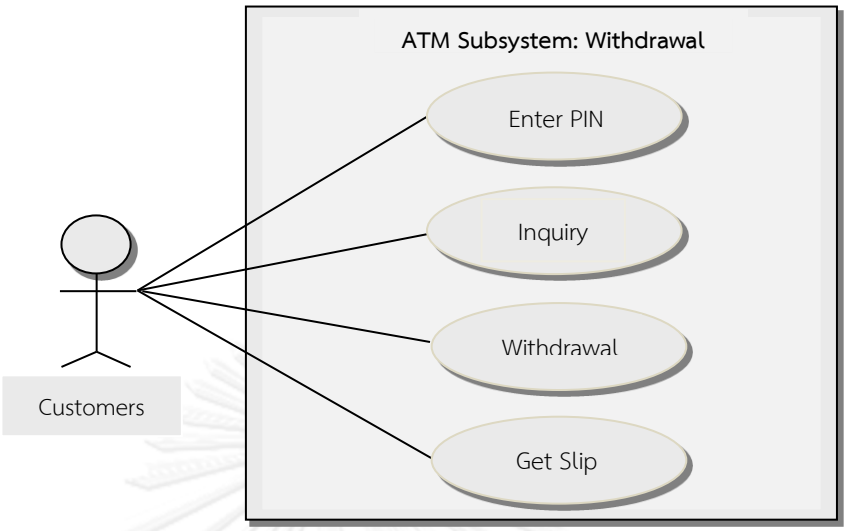


รูปที่ 2.12: แสดงลำดับขั้นตอนการทำรายการที่ส่งผลต่อปริมาณเงินสดของตู้เอทีเอ็ม

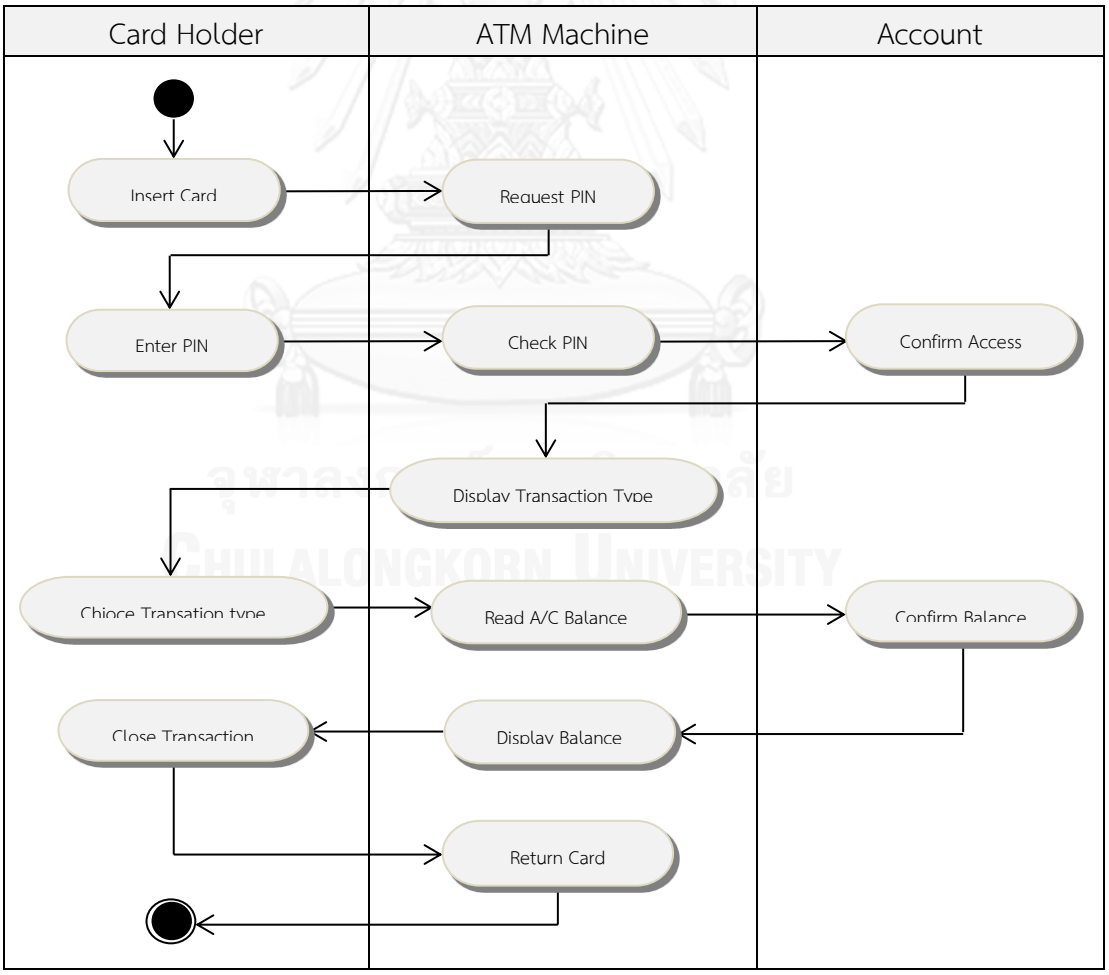
จากรูปที่ 2.12 ขั้นตอนโดยรวมที่ลูกค้าไปทำรายการที่ตู้เอทีเอ็ม จะเริ่มจากการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชีก่อน จากนั้นจึงจะทำการถอนเงินสดออกจากตู้เอทีเอ็ม ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้.-

1. นำบัตรเอทีเอ็ม (ATM Card) ใส่ในช่องเสียบบัตร
2. กดรหัสประจำตัว (Enter PIN) จำนวน 4 หลัก
3. ทำรายการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี (Inquiry)
   - 3.1 เลือกประเภทบัญชีออมทรัพย์ (Saving Account) โดยระบบจะแสดงทั้งยอดเงินคงเหลือ (Ledger Balance) ของบัญชีออมทรัพย์ และยอดที่สามารถถอนได้ (Available Balance)
   - 3.2 เลือกประเภทบัญชีกระแสรายวัน (Current Account) โดยระบบจะแสดงทั้งยอดเงินคงเหลือ (Ledger Balance) ของบัญชีกระแสรายวัน และยอดที่สามารถถอนได้ (Available Balance)
   - 3.3 รับบัตรเอทีเอ็มคืนจากตู้เอทีเอ็ม
4. ทำรายการถอนเงินด่วน (Fast Cash)
   - 4.1 เลือกจำนวนเงิน 500 1,000 2,000 3,000 5,000 10,000 20,000 บาท จากที่หน้าจอที่ระบบกำหนดไว้ให้
   - 4.2 ระบบทำการตรวจสอบยอดเงินจากบัญชีออมทรัพย์ก่อน ถ้าจำนวนเงินไม่พอจ่ายจะทำการตัดเงินจากบัญชีกระแสรายวัน (กรณีที่บัตรเอทีเอ็มใบนั้นผูกกับทั้งบัญชีออมทรัพย์และกระแสรายวัน)
   - 4.3 รับสลิปการทำรายการ (Transaction Slip) และรับบัตรเอทีเอ็มคืนจากตู้เอทีเอ็ม
5. ทำรายการถอนระบุจำนวนเงิน (Withdrawal)
   - 5.1 เลือกประเภทบัญชีออมทรัพย์ และระบุจำนวนเงินที่ต้องการถอนจากบัญชี (Enter Amount)
   - 5.2 เลือกประเภทบัญชีกระแสรายวัน และระบุจำนวนเงินที่ต้องการถอนจากบัญชี
   - 5.3 เลือกประเภทบัตรเครดิต (กรณีที่ใช้บัตรเครดิตทำรายการถอนเงินที่ตู้เอทีเอ็ม) และระบุจำนวนเงินที่ต้องการถอนจากวงเงินของบัตรเครดิต
   - 5.4 รับสลิปการทำรายการ และรับบัตรเอทีเอ็มคืนจากตู้เอทีเอ็ม

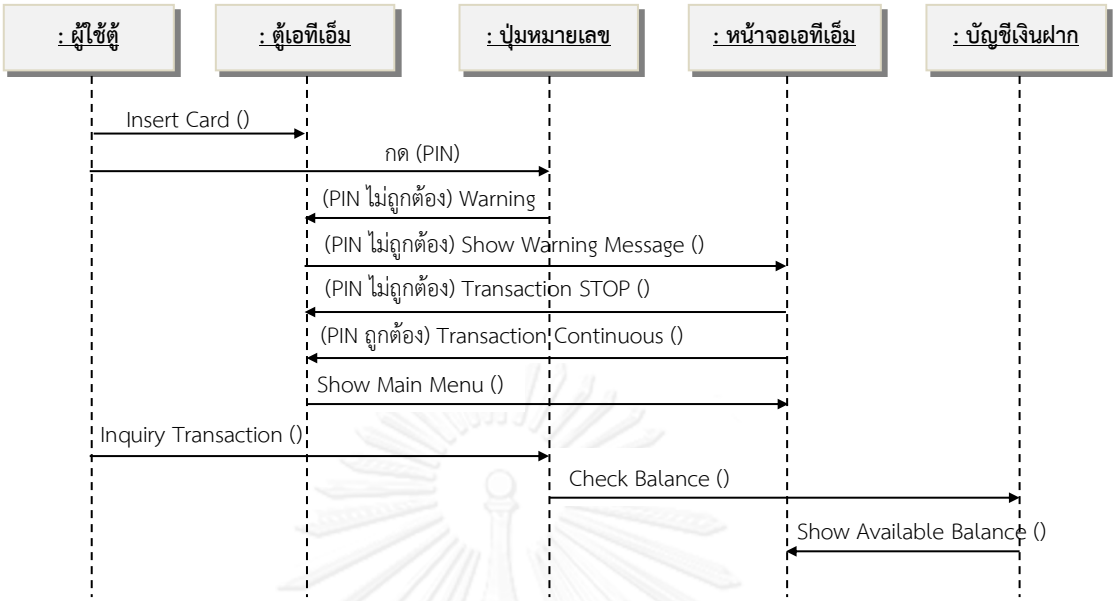
เมื่อนำลำดับขั้นตอนการทำรายการถอนเงินที่ลูกค้าทำรายการที่ตู้เอทีเอ็มมาเขียนเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล (UML: Unified Modeling Language) เช่น Use Case Diagram แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) และแผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.13 รูปที่ 2.14 รูปที่ 2.15 และ รูปที่ 2.16 ตามลำดับ



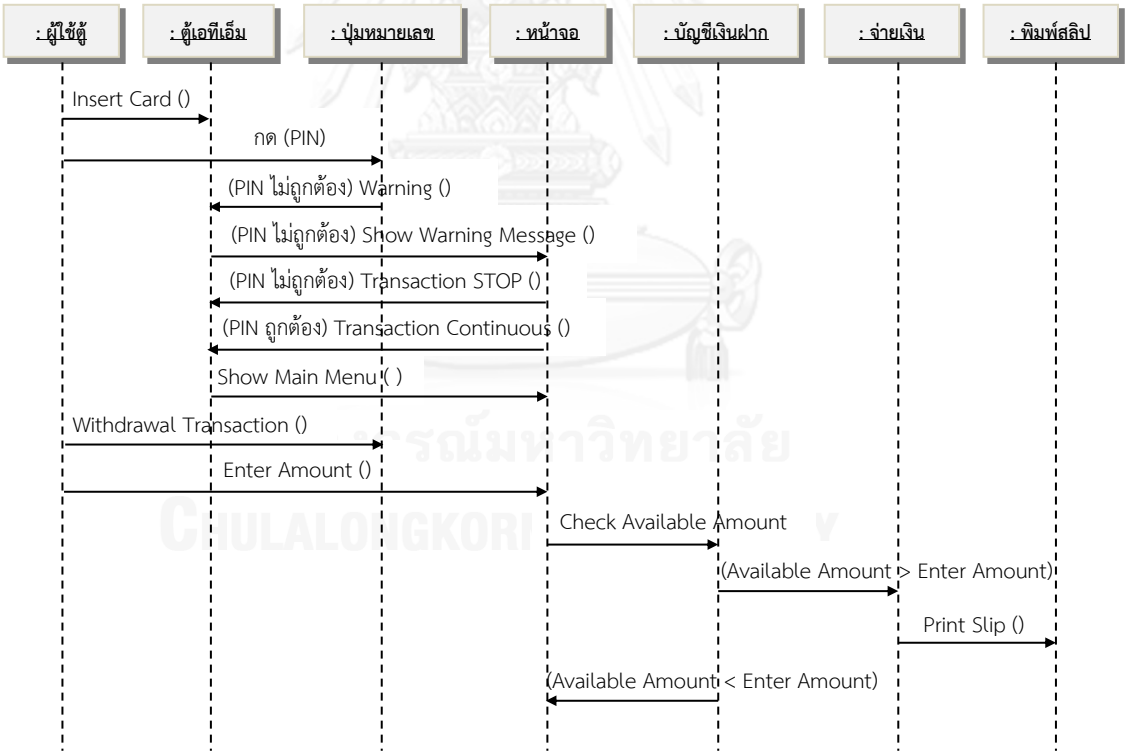
รูปที่ 2.13: Use Case Diagram สำหรับการถอนเงิน



รูปที่ 2.14: Activity Diagram สำหรับการสอบถามยอดเงินในบัญชี



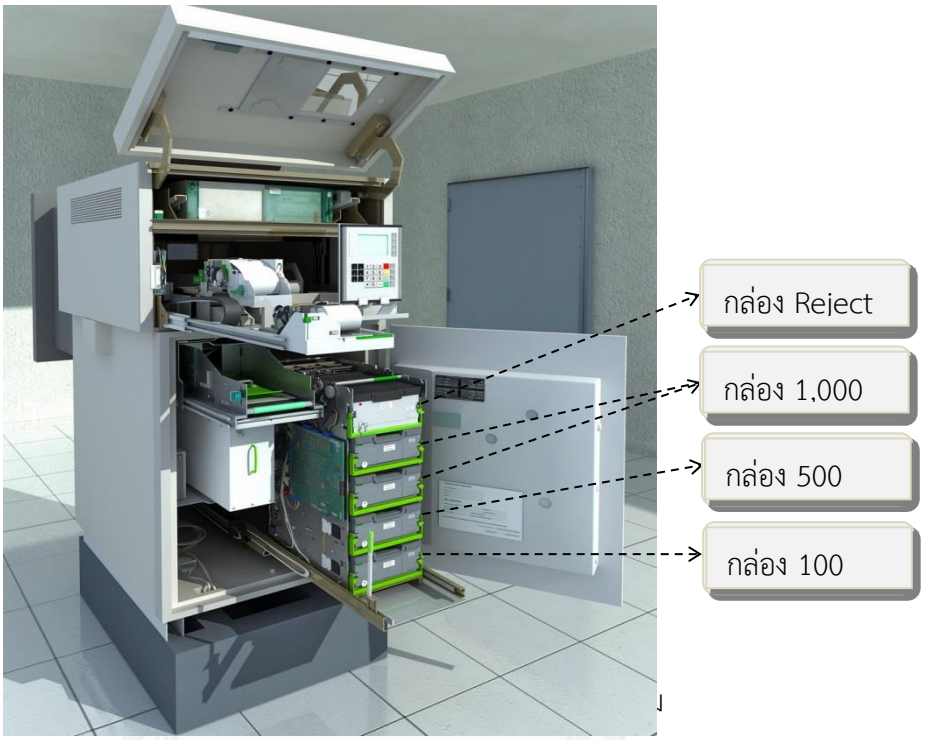
รูปที่ 2.15: Sequence Diagram สำหรับการสอบถามยอดเงินในบัญชี



รูปที่ 2.16: Sequence Diagram สำหรับการถอนเงิน

2.3.6 องค์ประกอบของตู้เอทีเอ็ม

เทคโนโลยีที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของระบบเอทีเอ็ม ก็คือ ระบบคอมพิวเตอร์ ที่รวบรวมข้อมูลบัญชีเงินฝากของลูกค้าธนาคารไว้ในฐานข้อมูล กับเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูล ทำให้สามารถเชื่อมโยงระบบคอมพิวเตอร์ออกไปทั่วเมือง ทั่วประเทศ หรือทั่วโลกได้ ผู้ใช้บัตรเอทีเอ็มสามารถเบิกเงินจากธนาคารได้จากตู้เอทีเอ็มที่ติดตั้งอยู่ทั่วไป



แหล่งที่มา : http://forum.cgarena.com/viewtopic.php

รูปที่ 2.18: แสดงลักษณะของกล่องเงินภายในตู้เอทีเอ็ม

2.3.7 ข้อจำกัดทางทางกายภาพตู้เอทีเอ็ม

จากรูปที่ 2.17 ข้างในตู้เอทีเอ็มจะประกอบไปด้วยกล่องสำหรับเติมเงิน (Cash Boxes) จำนวน 5 กล่อง คือ

- กล่องที่แรก เรียกว่า “กล่อง Reject” ซึ่งเป็นกล่องที่อยู่ด้านบนสุด มีไว้สำหรับรองรับเงินที่ลูกค้าถอนแล้วไม่รับเงิน หรือเงินที่ติดตามสายพานลำเลียงจะถูกส่งมาเก็บไว้ที่กล่อง Reject ซึ่งมีจำนวน 1 กล่อง
- กล่องที่สองและสาม เรียกว่า “กล่อง 1,000” ซึ่งเป็นกล่องที่อยู่ถัดลงมาจากกล่อง Reject มีไว้สำหรับเติมธนบัตรชนิด 1,000 บาท ซึ่งมีจำนวน 2 กล่อง โดยแต่ละกล่องสามารถบรรจุปริมาณธนบัตรได้สูงสุดจำนวน 2,500 ฉบับ
- กล่องที่สี่ เรียกว่า “กล่อง 500” ซึ่งเป็นกล่องที่อยู่ถัดลงมาจากกล่อง 1,000 มีไว้สำหรับเติมธนบัตรชนิด 500 บาท ซึ่งมีจำนวน 1 กล่อง และสามารถบรรจุปริมาณธนบัตรได้สูงสุดจำนวน 2,500 ฉบับ
- กล่องสุดท้าย เรียกว่า “กล่อง 100” ซึ่งเป็นกล่องที่อยู่ด้านล่างสุด มีไว้สำหรับเติมธนบัตรชนิด 100 บาท ซึ่งมีจำนวน 1 กล่อง และสามารถบรรจุปริมาณเงินได้สูงสุดจำนวน 2,500 ฉบับ

เมื่อนำธนบัตรบรรจุลงในกล่องเงินทั้งสี่กล่อง คือ กล่อง 1,000 500 100 จะสามารถบรรจุธนบัตรได้สูงสุด (Maximum Capacity) 10,000 ฉบับ รวมเป็นเงิน 6,500,000 บาท/ตู้
(2,500,000 + 2,500,000 + 1,250,000 + 250,000)

2.4 **วิธีการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มที่ธนาคารใช้ในปัจจุบัน**

การพยากรณ์ล่วงหน้า (Forecast) เพื่อแจ้งเติมเงินสดที่ตู้เอทีเอ็ม ปัจจุบันธนาคารจะใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย จากข้อมูลสถิติการถอนเงินย้อนหลัง 1 เดือน ของตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ และมีขั้นตอนดังนี้

1) เจ้าหน้าที่ธนาคาร นำข้อมูลออกจากระบบ (Export Data) BIZVIEW ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มของเดือนที่ผ่านมาหรือเดือนก่อนหน้านั้น นำออกมาเป็นแฟ้มข้อความ (Text File) และทำการเปิดไฟล์ (Open File) ด้วยไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) และจัดเก็บข้อมูลเป็นเอกซ์เซลไฟล์ (Excel File)

2) นำเอกซ์เซลไฟล์ (Excel File) มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Average) และหาค่าที่ทำการถอนสูงสุด (Peak) ในแต่ละวันดังสูตร

$$\text{สูตร การหาค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมปริมาณการถอนเงินสดในแต่ละวันของเดือน}}{\text{จำนวนวันของเดือน}}$$

3) ทุกวันตอนเช้าเจ้าหน้าที่ธนาคารจะต้องตรวจสอบและติดตาม (Monitoring) ปริมาณเงินคงเหลือทั้งหมดในแต่ละตู้ผ่านระบบ BIZVIEW และคำนวณหาจำนวนวันที่เงินจะหมดจากตู้เอทีเอ็มโดนนำยอดค่าเฉลี่ยที่ได้ในข้อที่ 2 มาหารด้วยยอดเงินในตู้เอทีเอ็มทั้งหมด รวมทั้งตรวจสอบและติดตามวันละหลายๆ ครั้งเพื่อให้ยอดใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

4) วิเคราะห์การแจ้งเติมเงิน โดยใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบดูแลตู้เอทีเอ็มนั้นๆ เช่น ตู้เอทีเอ็มบางตู้ที่อยู่ในห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ ถ้ายอดเงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็มต่ำกว่า 1 ล้านบาท เจ้าหน้าที่ธนาคารจะส่งคำสั่งแจ้งเติมเงินทันที (T-2) เพื่อป้องกันไม่ให้เงินขาดหรือผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกอาจจะติดปัญหาเรื่องรถส่งเงินเสียหรือเบิกเงินจากศูนย์ไม่ทัน สำหรับตู้เอทีเอ็มบางตู้ที่อยู่ห่างไกลและมีรายการถอนเงินน้อยเมื่อยอดเงินคงเหลือต่ำกว่า 3 – 4 แสนบาท เจ้าหน้าที่ธนาคารก็จะส่งคำสั่งแจ้งเติมเงินทันที (T-2) ซึ่งปริมาณคงเหลือในตู้เอทีเอ็มขั้นต่ำไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งและปริมาณของลูกค้าเป็นสำคัญ

ตัวอย่าง เช่น การถอนเงินที่ตู้เอทีเอ็มที่สาขามาบุญครอง ขั้นตอนที่ 1) และ 2) แสดงได้ดังในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.8: ตารางการหาค่าเฉลี่ยของการถอนเงินออกจากตู้เอทีเอ็ม

หมายเลขตู้	วันที่ทำรายการถอน (1-31 วัน) : จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T002B065B222P010	305,000	241,800	202,400	82,800	127,700	91,500	352,400	119,100	102,900
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	121,100	151,500	69,400	197,900	169,100	510,900	351,200	120,300	84,500
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	237,900	317,000	199,400	425,500	352,200	179,200	173,500	447,500	200,900
	28	29	30	31					
	151,600	303,600	486,200	221,800					
ค่าเฉลี่ย	236,593	237,000							
ปริมาณถอนสูงสุด	510,900								

แหล่งที่มา : ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556

ขั้นตอนที่ 3) แสดงได้ดังในตารางข้างล่าง

หมายเลขตู้	Hopper 100	Hopper 500	Hopper 1,000	Total	DAY
T002B065B222P010	188,400	276,000	971,000	1,435,400	6.06

และขั้นตอนที่ 4) นำข้อมูลจากตารางในขั้นตอนที่ 3) เงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็มอยู่ 1,435,400 บาท บรรจุในกล่อง 100 จำนวน 188,400 บาท ในกล่อง 500 จำนวน 276,000 บาท และในกล่อง 1,000 จำนวน 971,000 บาท โดยจำนวนวัน (DAY) หาได้จากนำยอดเงินคงเหลือทั้งหมด (Total) หารด้วยค่าเฉลี่ยของเดือนที่แล้ว (1,435,400 / 237,000 = 6.06) คือถ้าลูกค้ามาทำรายการถอนที่ตู้เอทีเอ็มด้วยค่าเฉลี่ย 237,000 บาท/วัน แล้วอีก 6.06 วันเงินจะหมดจากตู้เอทีเอ็ม แต่เจ้าหน้าที่ธนาคารจะไม่รอให้เงินหมด จะทำการวิเคราะห์ต่อว่าอีก 2 วันข้างหน้าลูกค้าจะทำการถอนไป 474,000 บาท (237,000 * 2) และจะทำให้เงินในตู้คงเหลือ 961,400 บาท (1,435,400 - 474,000)

ดังนั้นเจ้าหน้าที่ธนาคารจะมีคำสั่งแจ้งไปยังศูนย์เงินสด และศูนย์เงินสดเองจะสร้างรายการส่งต่อไปยังบริษัทขนส่งเงินภายนอก (Outsourcing) ให้นำเงินสดมาเติมที่ตู้เอทีเอ็มทันที โดยจะทำการเติมเงินสดในวงเงินปกติ 3,000,000 บาท/ครั้ง และวงเงินช่วงเทศกาล 4,000,000 บาท/ครั้ง (หน้าเทศกาล เช่นวันสงกรานต์ วันขึ้นปีใหม่ วันที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์ติดต่อกันหลายวัน) และจำนวนเงินที่คงค้างหรือคงเหลือในตู้เอทีเอ็มจำนวน 961,400 บาท จะนำกลับคืนไปยังสำนักงานใหญ่ของบริษัทขนส่งเงินภายนอกเพื่อทำการหักกลบลบกัน (Net Settlement) กับศูนย์เงินสดของธนาคารต่อไป

2.4.1 ข้อด้อยของวิธีการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินเอทีเอ็มในปัจจุบันของธนาคาร

1) ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือ เพราะใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังเพียง 1 เดือน ซึ่งไม่เพียงพอที่จะนำมาทำนายปริมาณเงินสดที่ต้องเติมในตู้เอทีเอ็มในครั้งต่อไป

2) ต้องทำการตรวจสอบและติดตามผล (Monitoring) สถานะ (Status) การถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มผ่านระบบ BIZVIEW ทุกวันๆ ละหลายครั้ง ทำให้ต้องใช้กำลังคนค่อนข้างมาก สิ้นเปลืองทรัพยากรอื่นๆ เช่น กระดาษ์พิมพ์ น้ำหมึกที่ใช้สำหรับพิมพ์ เป็นต้น

3) ไม่มีรูปแบบการทำนายที่ชัดเจน และเป็นมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ธนาคารแต่ละคนที่ดูแลศูนย์เอทีเอ็ม เช่น เจ้าหน้าที่ธนาคารบางคนจะใช้วิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากเดือนที่มีรายการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มแบบคงที่มาเป็นฐานในการคำนวณ เช่น เดือน มกราคม มีนาคม พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม เป็นต้น สำหรับเดือน กุมภาพันธ์ที่มีจำนวนวันน้อยหรือเดือนเมษายน รวมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีวันหยุดราชการหลายวันจะไม่นำมาเป็นฐานในการคำนวณ ซึ่งไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมในการถอนเงินสดจริงของลูกค้าธนาคาร

4) ปริมาณเงินสดที่เติมในตู้เอทีเอ็มแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจำนวนลูกค้าที่ทำรายการถอนเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ตู้เอทีเอ็มที่ตั้งอยู่ในอาคารรัชดาภิเษก (อาคารกลาสเฮ้าส์) วงเงินปกติ 4 ล้านบาท/ตู้/ครั้ง และวงเงินวันหยุดหน้าเทศกาล 5 ล้านบาท/ตู้/ครั้ง ตู้เอทีเอ็มที่ตั้งอยู่ในอาคารสีลม ยูไนเต็ด ชั้น 1 วงเงินปกติ 3 ล้านบาท/ตู้/ครั้ง และวงเงินวันหยุดหน้าเทศกาล 4 ล้านบาท/ตู้/ครั้ง เป็นต้น

5) ปริมาณเงินสดคงเหลือต่ำสุดในตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ ก่อนที่จะสั่งเติมเงินในครั้งถัดไปจะคงเหลือไม่เท่ากัน เช่น ตู้เอทีเอ็มที่ตั้งอยู่ในห้างสรรพสินค้ามาบุญครอง ชั้น 3 วงเงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็มต่ำกว่า 1 ล้านบาท เจ้าหน้าที่ธนาคารจะสั่งให้เติมเงินสดใหม่ทันที แต่ตู้เอทีเอ็มที่ตั้งอยู่ในอาคาร การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) สำนักงานใหญ่ มีวงเงินคงเหลือต่ำกว่า 4 แสนบาท เจ้าหน้าที่ธนาคารจะสั่งให้เติมเงินสดใหม่ทันทีเช่นกัน เป็นต้น

6) ข้อมูลจากการคำนวณที่ได้มา มีโอกาสสูงที่จะเกิดความผิดพลาดจากผู้เจ้าที่หน้าที่ธนาคารสั่งเติมเงินเอทีเอ็ม (Human Error) เนื่องจากต้องทำการกำหนดสูตรในการหาค่าเฉลี่ย (Average) ค่าสูงสุด (Peak) ให้กับเอกซ์เซลไฟล์ (Excel File) ทุกครั้ง

2.4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการอื่น

1) พฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าธนาคาร พิจารณาจากจำนวนวัน ที่ลูกค้าทำรายการถอนเงินที่ตู้เอทีเอ็มในแต่ละเดือน ของปีนั้น เช่น ปี พ.ศ. 2556 สามารถจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ เดือนที่มีจำนวน 31 วันใน 1 ปี ซึ่งมีอยู่ 7 เดือน ได้แก่ มกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม หรือเดือนที่มีจำนวน 30 วันใน 1 ปี จะมีอยู่ 4 เดือน ได้แก่ เมษายน มิถุนายน กันยายน และพฤศจิกายน หรือเดือนที่มีจำนวน 28-29 วัน จะมีอยู่ 1 เดือน ได้แก่ กุมภาพันธ์ (เดือนกุมภาพันธ์ที่มีจำนวน 29 วันซึ่งปกติจะมีทุก 4 ปี หรือเรียกว่าอธิกวาร (Leap Day)) สำหรับเดือนที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์จะมีลักษณะการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มจากลูกค้าธนาคารมากกว่าปกติทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9: การจำแนกพฤติกรรมการทำรายถอนเงินสดตามจำนวนวัน
(วันทำการปกติและวันหยุดนักขัตฤกษ์)

<table>
<tr><td>จำนวนวัน (Days)</td><td>ช่วง</td><td colspan="8">เดือน</td></tr>
<tr><td rowspan="2">31</td><td>ปกติ</td><td></td><td>มี.ค.</td><td></td><td></td><td></td><td>ต.ค.</td><td></td></tr>
<tr><td>เทศกาล</td><td>ม.ค. (ขึ้นปีใหม่)</td><td></td><td>พ.ค. (ฉัตรมงคล, วิสาขบูชา)</td><td>ก.ค. (อาสาฬหบูชา)</td><td>ส.ค. (วันแม่)</td><td></td><td>ธ.ค. (วันพ่อ, ปีใหม่)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td>ปกติ</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">มิ.ย.</td><td colspan="2">ก.ย.</td><td>พ.ย.</td></tr>
<tr><td>เทศกาล</td><td colspan="2">เม.ย. (สงกรานต์)</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">28-29</td><td>ปกติ</td><td colspan="8">-</td></tr>
<tr><td>เทศกาล</td><td colspan="8">ก.พ. (วันมาฆบูชา)</td></tr>
</table>

2) สถานที่ตั้งตู้เอทีเอ็มที่ให้บริการลูกค้าธนาคาร

พิจารณาจากปริมาณเงินสดที่เติมในตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ ปริมาณเงินสดน้อยหรือต่ำ ปานกลาง และปริมาณเงินสดมากหรือสูง โดยวิเคราะห์ตู้เอทีเอ็มที่ตั้งตามเส้นทางการเติมเงินของจังหวัดนครปฐม ที่มีจำนวน 37 เครื่อง ซึ่งปริมาณเงินสดที่ใช้เติมส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงปานกลาง เนื่องจากจังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดที่มีระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานครไม่มาก ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10: ปริมาณวงเงินสดที่เติมในตู้เอทีเอ็ม

ปริมาณ	จำนวนเงินที่เติม (บาท)	จำนวนตู้เอทีเอ็ม (ตู้)	
		ช่วงปกติ	ช่วงเทศกาล
ต่ำ	ต่ำกว่า 2,000,000	6	4
ปานกลาง	ตั้งแต่ 2,000,000 ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 4,000,000	28	28
สูง	มากว่า 4,000,000 ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 6,500,000	3	5
	รวม	37	37

จังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดเล็กๆ ด้วยระยะห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 56 กิโลเมตร (ที่มาของข้อมูล http://www.tourinthai.com/sitetravel/travel-detail.php?travel_id=187)
แหล่งที่มา : ข้อมูลธนาคารธนชาต, สิงหาคม พ.ศ. 2556

เมื่อพิจารณาจากพฤติกรรมการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคารร่วมกับสถานที่ตั้งตู้เอทีเอ็มที่ธนาคารให้บริการลูกค้า โดยนำข้อมูลจากตารางที่ 2.9 และตารางที่ 2.10 มาพิจารณารวมกัน เพื่อวิเคราะห์หาโอกาสที่จะเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็ม ซึ่งจะพบว่า ปริมาณเงินสดที่ต้องเติมสำหรับเส้นทางของจังหวัดนครปฐมจะอยู่ในช่วงปานกลาง คือ 2-4 ล้านบาท/ตู้ ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11: โอกาสและความเป็นไปได้ของปริมาณเงินสดที่ต้องเติมในตู้เอทีเอ็ม

จำนวนวัน (Days)	ช่วง	เดือน (โอกาสปริมาณเงินสดที่เติม)						
31	ปกติ		มี.ค. (ป)				ต.ค. (ป)	
	เทศกาล	ม.ค. (สูง)		พ.ค. (ป)	ก.ค. (ป)	ส.ค. (ป)		ธ.ค. (สูง)
30	ปกติ			มิ.ย. (ป)		ก.ย. (ป)	พ.ย. (ป)	
	เทศกาล	เม.ย. (สูง)						
28-29	ปกติ	-						
	เทศกาล	ก.พ. (ต่ำ)						

ป หมายถึง ปานกลาง

2.4.2 การคำนวณต้นทุนการเสียโอกาสของเงินสดคงค้างในตู้เอทีเอ็ม

ทุนเสียโอกาส พิจารณาจากการนำเงินคงค้างหรือคงเหลือในตู้เอทีเอ็มที่เหลือในแต่ละวันหลังจากเริ่มเติมเงินสดใหม่ไปลงทุน โดยนำเงินสดคงค้างที่เหลือไปฝากเงินในบัญชีเงินฝากประเภทเงินฝากออมทรัพย์อัลตร้าเซฟวิ่ง (Ultra Savings) ของธนาคาร (เงินฝากอัลตร้าเซฟวิ่ง เป็นเงินฝากออมทรัพย์ประเภทหนึ่งที่ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน) มีไว้เพื่อรองรับลูกค้าของธนาคาร) ที่ได้รับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.20 บาทต่อปี สำหรับลูกค้านิติบุคคลทั่วไป ซึ่งจะมีขั้นตอนในการคำนวณหาต้นทุนการเสียโอกาส ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนการเสียโอกาส

1) เมื่อบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอก (Outsourcing) นำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มในวันแรกจำนวน 2,500,000 บาท และในวันเดียวกันนั้นลูกค้าธนาคารทำการถอนเงินสดออกไปจากตู้เอทีเอ็มจำนวน 179,000 บาท (จำนวนค่าเฉลี่ยของเดือน)

2) วันที่สองจำนวนเงินสดคงเหลือในตู้เอทีเอ็มจำนวน 2,321,000 บาท (2,500,000-179,000) และนำไปคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาส จากสูตร

$$\text{ต้นทุนค่าเสียโอกาส} = \frac{\text{จำนวนเงินสดคงเหลือ} \times \text{อัตราดอกเบี้ย} \times \text{จำนวนวันที่ฝาก}}{\text{จำนวนวันใน 1 ปี}}$$

$$= \frac{2{,}321{,}000 \times 0.022 \times 1}{365}$$

$$= 139.89 \text{ บาท}$$

3) วันที่สามจำนวนเงินสดคงเหลือในตู้เอทีเอ็มจำนวน 2,142,000 บาท (2,321,000-179,000) และนำไปคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสดังนี้.-

$$= \frac{2{,}142{,}000 \times 0.022 \times 2}{365}$$

$$= 258.21 \text{ บาท}$$

4) วันต่อๆ มาทำการคำนวณซ้ำในลักษณะเดียวกับข้อที่ 2) และ 3) ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งปริมาณเงินสดในตู้เอทีเอ็มหมดลง และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกนำเงินสดไปเติมใหม่อีกรอบหนึ่ง

5) รวมต้นทุนค่าเสียโอกาสที่คำนวณได้ในแต่ละวัน สำหรับตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ (รวมจำนวนเงินที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2. ถึงขั้นตอนที่ 4.)

6) นำต้นทุนค่าเสียโอกาสของตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้มารวมกันสำหรับศูนย์เติมเงินหนึ่งๆ ตามเส้นทางการเติมเงินที่กำหนด (จำนวนตู้เอทีเอ็มทั้งหมดที่ศูนย์เติมเงินนำเงินไปเติม เช่น เส้นทางเติมเงินของจังหวัดนครปฐมมีจำนวน 37 เครื่อง)

สำหรับการคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสในแต่ละเดือน ทั้งในช่วงปกติและในช่วงเทศกาลโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2556 แสดงไนดังตารางที่ 2.12 และตารางที่ 2.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.12: ต้นทุนค่าเสียโอกาสของเส้นทางเติมเงินจังหวัดนครปฐม (ช่วงปกติ)

จำนวนตู้เอทีเอ็ม (ตู้) / เดือนที่	เส้นทางเติมเงินของจังหวัดนครปฐม (ช่วงปกติ : 10 วัน/รอบ)					
	จำนวนเงิน (บาท)			ต้นทุน (บาท)		รายได้ (บาท)
	เติมครั้งแรก (1)	ลูกค้าทำการถอนเฉลี่ย/วัน (2)	คงค้างในตู้เอทีเอ็ม* (3)=(1)-[(2)*10]	การเติมเงิน (4)	ค่าเสียโอกาส (5)	อัลตร้าเซฟวิ่ง (6)=(5)-(4)
37 / 12**	60,660,000	6,066,000	0	42,000	60,328	18,328
37 / 1	52,610,000	5,261,000	0	42,000	53,322	10,322
37 / 2	61,640,000	6,164,000	0	42,000	61,302	19,302
37 / 3	54,770,000	5,477,000	0	42,000	54,470	12,470
37 / 4	51,880,000	5,188,000	0	42,000	51,596	9,596
37 / 5	51,550,000	5,155,000	0	42,000	51,268	9,268
37 / 6	55,780,000	5,578,000	0	42,000	55,474	13,474
37 / 7	51,930,000	5,193,000	0	42,000	51,645	9,645
37 / 8	52,850,000	5,285,000	0	43,200	52,560	11,621
รวม	493,670,000	49,367,000	0	379,200	491,965	114,026

* หมายถึง ปริมาณเงินสดคงเหลือในตู้เอทีเอ็มหมดลงคือเติมเงินพอดีกับปริมาณการถอนเงินสดของลูกค้าธนาคาร
** หมายถึง ข้อมูลปี พ.ศ. 2555 และเวลาที่เหมาะสมคือ 10 วัน

จากข้อมูลในตารางที่ 2.12 การเติมเงินสดที่ตู้เอทีเอ็มจะใช้ระยะเวลา 10 วันต่อการเติม 1 ครั้ง และเมื่อศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มของจังหวัดนครปฐมบริหารเงินคงคลังให้มีประสิทธิภาพแล้ว จะทำให้ศูนย์เติมเงินมีโอกาสเพิ่มรายได้มากขึ้นจำนวน 342,078 บาทต่อ 8 เดือน (114,026x3)

ตารางที่ 2.13: ต้นทุนค่าเสียโอกาสของเส้นทางเติมเงินจังหวัดนครปฐม (ช่วงเทศกาล)

จำนวนตู้เอทีเอ็ม (ตู้) / เดือนที่	เส้นทางเติมเงินของจังหวัดนครปฐม (ช่วงเทศกาล : 7 วัน/รอบ)					
	จำนวนเงิน (บาท)			ต้นทุน (บาท)		รายได้ (บาท)
	เติมครั้งแรก (1)	ลูกค้าทำการถอน* เฉลี่ย/วัน (2)	คงค้างในตู้เอทีเอ็ม** (3)=(1)-[(2)*10]	การเติมเงิน (4)	ค่าเสียโอกาส (5)	อัลตร้าเซฟวิ่ง (6)=(5)-(4)
37 / 12***	141,192,400	24,889,300	-33,032,700	42,000	54,091	12,091
37 / 1	119,591,900	20,875,400	-26,535,900	42,000	46,974	4,974
37 / 2	138,963,600	22,794,100	-20,595,100	42,000	55,414	13,414
37 / 3	125,015,100	20,169,700	-16,172,800	42,000	50,321	8,321
37 / 4	132,861,100	20,876,100	-13,271,600	42,000	57,000	15,000
37 / 5	123,407,600	20,294,400	-18,653,200	42,000	51,258	9,258
37 / 6	132,330,100	21,901,100	-20,977,600	42,000	52,780	10,780
37 / 7	132,560,100	21,490,500	-17,873,400	42,000	55,594	13,594
37 / 8	125,072,000	21,042,800	-22,227,600	43,200	50,961	7,761
รวม	1,170,993,900	194,333,400	-189,339,900	379,200	474,393	95,193

* หมายถึง นำมูลค่าการถอนสูงสุด (Peak) มาเฉลี่ย โดยเติมเงินในตู้เอทีเอ็มสูงสุดไม่เกิน 6.5 ล้าน
** หมายถึง เครื่องหมายติดลบ (-) คือเติมเงินตู้เอทีเอ็มขาดหรือเติมเงินไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าธนาคาร, *** หมายถึง ข้อมูลปี พ.ศ. 2555 และเวลาที่เหมาะสมคือ 7 วัน

จากข้อมูลในตารางที่ 2.13 การเติมเงินสดที่ตู้เอทีเอ็มจะใช้ระยะเวลา 7 วันต่อการเติม 1 ครั้ง ซึ่งเป็นช่วงเทศกาลที่ต้องเติมเงินสดมากกว่าปกติทั่วไปเพื่อรองรับปริมาณการถอนเงินสดจากลูกค้าของธนาคาร และเมื่อศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มของจังหวัดนครปฐมบริหารเงินคงคลังให้มีประสิทธิภาพแล้ว จะทำให้ศูนย์เติมเงินมีโอกาสเพิ่มรายได้มากขึ้นจำนวน 380,772 บาทต่อ 9 เดือน (95,193x4)

2.4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการเติมเงินเอทีเอ็ม

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal) ต้องทำให้ต้นทุนการเสียโอกาส (Opportunity Cost) มีค่าให้ใกล้เคียงกับหรือไม่น้อยไปกว่าต้นทุนในการเติมเงินแต่ละครั้ง (ต้นทุนต่อตู้เอทีเอ็ม) เนื่องจากเมื่อต้นทุนการเสียโอกาสมีค่าใกล้เคียงกับต้นทุนในการเติมเงินแล้ว เมื่อนำปริมาณเงินจากการถอนเงินของลูกค้าคงเหลือในตู้เอทีเอ็มแต่ละวันไปลงทุนในรูปแบบอื่นจะให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการหาค่าที่เหมาะสมได้แก่ ระยะเวลาในการนำเงินสดไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มแต่ละครั้งจนกระทั้งเงินหมด สถานที่ตั้งของตู้เอทีเอ็มซึ่งอาจจะตั้งในเขตธุรกิจ เขตชุมชน หรือเขตห่างไกล รวมทั้งสถิติข้อมูลย้อนหลังที่นำมาใช้คำนวณเพื่อหาค่าความเหมาะ และการบริหารเงินคงคลังที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำเงินไปเติมที่เหมาะสม เป็นต้น ดังกำหนดสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ความเป็นไปได้

1) แบ่งวิธีการเติมเงินออกเป็น 2 ลักษณะ คือการเติมเงินช่วงปกติ กับการเติมเงินช่วงเทศกาล

2) ช่วงปกติใช้ระยะเวลา 10 วันต่อการเติมเงิน 1 ครั้งจนกระทั้งเงินหมด ช่วงเทศกาลจะใช้ระยะเวลา 7 วันต่อการเติมเงิน 1 ครั้งจนกระทั้งเงินหมด

3) ปริมาณการเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มแต่ละครั้ง ต้องไกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในการถอนเงินของของเดือนก่อนหน้า (ใช้ข้อมูล 18 เดือนมาเป็นฐานในการวิเคราะห์)

รายละเอียดของสมมติฐานที่กำหนด สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 2.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.14: ปัจจัย ข้อจำกัด และช่วงระยะเวลาสำหรับการหาค่าที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหาค่าที่เหมาะสม	การเติมเงินในตู้เอทีเอ็ม	
	ช่วงปกติ	ช่วงเทศกาล
1) ระยะเวลาการเติมเงินต่อครั้ง (วัน)	10	7
2) ปริมาณการถอนเงินของลูกค้า (บาท)	หาจากค่าเฉลี่ยปกติ	หาจากค่าสูงสุด (Peak)
3) ข้อจำกัดของกล่องเงินในตู้เอทีเอ็ม (Capability : กล่องเงินบรรจุได้สูงสุดกล่องละ 2,500 ฉบับจำนวน 4 กล่อง)	ใส่ธนบัตรสูงสุด 6.5 ล้านบาท	ใส่ธนบัตรสูงสุด 6.5 ล้านบาท

ตารางที่ 2.14 ปัจจัย ข้อจำกัด และช่วงระยะเวลาสำหรับการหาค่าที่เหมาะสม (ต่อ)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหาค่าที่เหมาะสม	การเติมเงินในตู้เอทีเอ็ม	
	ช่วงปกติ	ช่วงเทศกาล
4) ต้นทุนการเติมเงินต่อครั้ง (สัญญาจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกได้แก่ บริษัท G4S จำกัด) สำหรับเส้นทางจังหวัดนครปฐม	1,200 บาท/ตู้	1,200 บาท/ตู้
5) ต้นทุนการประกันภัยเงินสดในตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ (จ่ายเบี้ยประกันบริษัท SC ประกันภัย 2,800,000 บาท/ปี เอทีเอ็มจำนวน 2,079 ตู้)	1,346.80 บาท/ปี	1,346.80 บาท/ปี
6) รายได้จากดอกเบี้ยรับในการนำเงินสดคงค้างในตู้เอทีเอ็มไปลงทุน (ลงทุนในเงินฝากออมทรัพย์อัลตร้าเซฟวิ่ง (Ultra Savings) ของธนาคาร	ร้อยละ 2.20/ปี	ร้อยละ 2.20/ปี
7) ปริมาณเงินสดที่เติมในตู้เอทีเอ็มในแต่ครั้ง	ต้องใกล้เคียงกับปริมาณการถอนเงินของลูกค้า	ต้องใกล้เคียงกับปริมาณการถอนเงินของลูกค้า
8) จำนวนสถิติข้อมูลการถอนเงินในอดีต ย้อนหลัง (เดือน)	12	12
9) จำนวนตู้เอทีเอ็มภายในศูนย์เติมเงินของจังหวัดนครปฐม (ตู้)	37	37
10) ปริมาณเงินคงค้างในตู้เอทีเอ็มเมื่อครบรอบการเติมใหม่	ต้องให้เหลือน้อยที่สุด	ต้องให้เหลือน้อยที่สุด

2.4 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ศุภัชญา โชตยะกุล และคณะ [1]: Optimal Cash Inventory Management for ATM Network with Subjective Demand: A Probabilistic Approach, การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2554 วันที่ 8-9 กันยายน 2554, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการบริหารการคงคลังเงินสดในเครือข่ายเครื่องกดเงินสดอัตโนมัติ (Automatic Teller Machines: ATMs) สำหรับหนึ่งศูนย์การจัดการเงินสด (Cash Center) ของธนาคารแห่งหนึ่ง โดยอาศัยวิธีการปริมาณการสั่งในการสร้างตัวแบบปัญหา และแก้ปัญหาด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นแบบผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือกำหนดปริมาณการเติมเงินที่เหมาะสมในแต่ละตู้เอทีเอ็มใน ช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้ต้นทุนรวมในการบริหารจัดการเงินคงคลังในเครือข่ายเอทีเอ็มต่ำที่สุด

Akkaranee Phukdeewongand และคณะ [2]: การกำหนดปริมาณเงินสดสำรองที่เหมาะสมให้เครื่องเบิกถอนเงินอัตโนมัติ: กรณีศึกษาธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทย (Determination of Optimal Cash Level Reserved in Automated Teller Machines (ATMs) : A Case Study of a Commercial Bank in Thailand), วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน ปี 1 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2556), คณะสถิติประยุกต์ สถาบนับัณฑติพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA)

เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเงินสดสำรองที่เหมาะสมให้กับเครื่องเบิกถอนเงินสดอัตโนมัติของธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทย การวิเคราะห์ใช้ตัวแบบ Newsvendor โดยกำหนดระดับการให้บริการที่ 98% ตัวแปรสุ่ม ซึ่งแทนปริมาณเงินเบิกถอนในแต่ละรอบเติมเงิน (3.5 วัน) สร้างมาจาก 2 วิธีดังนี้ 1) พิจารณาปริมาณเบิกถอนรวมต่อรอบเติม 2) พิจารณาปริมาณเบิกถอนต่อหนึ่งรายการถอนร่วมกันกับจำนวนรายการถอนต่อรอบเติม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลรายการกดเงินสดย้อนหลัง 24 เดือน ของเครื่องเบิกถอนเงินสดจำนวน 11 เครื่องซึ่งถูกคัดเลือกจากบริเวณที่ต่างกัน และมีรายการเบิกถอนเงินสดอย่างต่อเนื่อง พบว่า “นโยบายจากวิธีที่ 2 ทำให้ปริมาณเงินสดสำรองต่อรอบการเติมและปริมาณเงินสดคงเหลือเมื่อสิ้นรอบการเติมน้อยกว่านโยบายปัจจุบันและนโยบายจากวิธีที่ 1 โดยสามารถลดปริมาณเงินสดสำรองลงและลดปริมาณเงินสด คงเหลือเมื่อสิ้นรอบการเติมได้ 35.66% และ 59.01% ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณเงินที่เกินความต้องการของลูกค้า อีกนัยหนึ่ง คือสามารถช่วยลดเงินทุนที่จมอยู่กับเครื่องเบิกถอนเงินสดอัตโนมัติและทำให้กระแสเงินสดของธนาคารเกิดสภาพคล่องมากขึ้น”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย เป็นการใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ สถิติ และขั้นตอนวิธีช่วยในการตัดสินใจ โดยปกติจะใช้การดำเนินงานวิจัยในการวิเคราะห์ระบบที่มีอยู่ในโลกจริงที่มีความซับซ้อน โดยเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด

3.1 **ประชากรเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากร หมายถึง การกำหนดข้อมูลและการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติการเบิกถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มในอดีต แสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นข้อมูลตัวอย่างของตู้เอทีเอ็มที่ตั้งอยู่ในอาณาบริเวณของบริษัท เนอร์วาน่า ฟูดส์ จำกัด เลขที่ 99 หมู่ที่ 1 ถนนมาลัยแมน ซอยวัดทุ่งรี ตำบลทัพหลวง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม รหัสไปรษณีย์ 73000

ตารางที่ 3.1: ตัวอย่างสถิติการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มในแต่ละวัน

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073		
วันที่ทำรายการ	จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)	หมายเหตุ
01/08/2556	236,300	
02/08/2556	143,100	
03/08/2556	305,300	เสาร์
04/08/2556	89,300	อาทิตย์
05/08/2556	774,600	Peak
06/08/2556	91,300	
07/08/2556	90,900	
08/08/2556	106,700	
09/08/2556	59,400	
10/08/2556	60,600	เสาร์
11/08/2556	124,500	อาทิตย์
12/08/2556	18,600	Lowest
13/08/2556	41,500	
14/08/2556	44,500	
15/08/2556	33,000	
16/08/2556	129,200	
17/08/2556	43,700	เสาร์
18/08/2556	74,800	อาทิตย์
19/08/2556	28,100	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1: ตัวอย่างสถิติการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มในแต่ละวัน (ต่อ)

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073		
วันที่ทำรายการ	จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)	หมายเหตุ
20/08/2556	739,900	
21/08/2556	72,000	
22/08/2556	35,300	
23/08/2556	184,600	
24/08/2556	32,100	เสาร์
25/08/2556	48,800	อาทิตย์
26/08/2556	80,000	
27/08/2556	80,000	
28/08/2556	111,500	
29/08/2556	94,200	
30/08/2556	481,500	
31/08/2556	166,500	เสาร์
Total	4,621,800	AVG = 149,090, Round = 149,000

AVG = เป็นการเฉลี่ยทั้งเดือน, Peak = ยอดถอนเงินสูงสุด, Round = ฟังก์ชันการปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม, Lowest = ยอดถอนเงินต่ำสุด

แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ กลุ่มตัวอย่างของศูนย์เงินสดกรุงเทพมหานคร ได้ทำการว่าจ้างบริษัทขนส่งเงินสดภายนอก (G4S security services (Thailand) Co., Ltd.) ให้นำเงินสดไปเติมในตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐม (Nakhon Pathom Route) ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 37 ตู้ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2: กลุ่มตัวอย่างของตู้เอทีเอ็มในเส้นทางของจังหวัดนครปฐม

ลำดับที่	Terminal	Location-Name	Contact	AVG	Peak	วงเงินประกัน
1	T229B065B950P073	บริษัท เนอร์วาน่า ฟูดส์ จำกัด	G4S BKK	149,000	774,600	5,000,000
2	T240B065B950P073	นครปฐม รีสอร์ท คอนโด	G4S BKK	38,000	155,200	5,000,000
3	T251B065B950P073	ฟาร์มจระเข้ สามพราน	G4S BKK	52,000	188,800	5,000,000
4	TB67B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. พุทธมณฑลสาย 5	G4S BKK	113,000	293,600	5,000,000
5	TB70B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. สาย 4	G4S BKK	144,000	347,700	5,000,000
6	TB96B065B222P073	7-Eleven สาขาหมู่บ้าน ว. นิเวศน์	G4S BKK	102,000	335,500	5,000,000
7	TC11B065B950P073	โรงพยาบาลสนามจันทร์	G4S BKK	366,000	1,901,400	5,000,000
8	TC55B065B950P073	บ. ชัยพัฒนาอุตสาหกรรม จก. -BOOTH	G4S BKK	239,000	630,700	5,000,000

ตารางที่ 3.2: กลุ่มตัวอย่างของตู้เอทีเอ็มในเส้นทางของจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

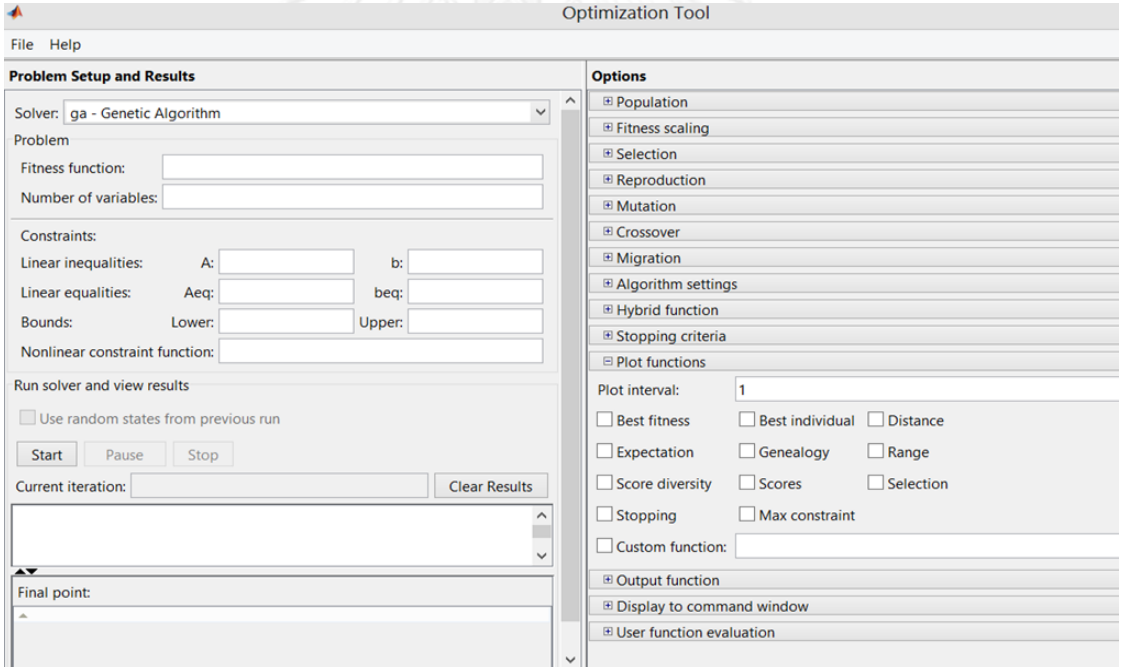
ลำดับที่	Terminal	Location-Name	Contact	AVG	Peak	วงเงินประกัน
9	TE80B065B222P073	7-Eleven สาขาสวนพุทธ (3742)	G4S BKK	213,000	438,800	5,000,000
10	TE83B065B222P073	หอพักเคทูพี (รติกรแมนชั่น)	G4S BKK	95,000	347,400	5,000,000
11	TF22B065B222P073	อ้อมใหญ่ แมนชั่น	G4S BKK	126,000	422,400	5,000,000
12	TF27B065B222P073	ลออพาณิชย์	G4S BKK	86,000	396,500	5,000,000
13	TF30B065B222P073	7-Eleven สาขาสามพราน ซอย 6 (2580)	G4S BKK	233,000	492,800	5,000,000
14	TF44B065B222P073	บ. ยูไนเต็ดไวน์เนอร์รี่ แอนด์ ดิสทิลเลอรี่ จก. -BOOTH	G4S BKK	202,000	1,410,700	5,000,000
15	TF80B065B222P073	7-Eleven สาขาเอื้ออาทร สาย 5	G4S BKK	78,000	259,300	5,000,000
16	TF82B065B222P073	7-Eleven สาขาหมู่บ้านกรีน ปาร์คโฮม	G4S BKK	200,000	675,800	5,000,000
17	TF93B065B222P073	บ. วัชรบรรจุภัณฑ์	G4S BKK	224,000	1,235,300	5,000,000
18	TH03B065B222P073	7-Eleven สาขามหาสวัสดิ์	G4S BKK	101,000	696,600	5,000,000
19	TH41B065B222P073	7-Eleven สาขาชุมชนนครชื่นชุ่ม	G4S BKK	171,000	500,200	5,000,000
20	TH93B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. อ้อมใหญ่	G4S BKK	139,000	366,200	5,000,000
21	TH94B065B222P073	วัดดอนหวาย #1 (ศาลาสังฆทาน)	G4S BKK	72,000	215,700	5,000,000
22	TK42B065B950P073	วัดศรีษะทอง	G4S BKK	171,000	347,200	5,000,000
23	TL29B065B950P073	โรงแรมเวลล์ - นครปฐม	G4S BKK	200,000	790,900	5,000,000
24	TM03B065B950P073	โรงพยาบาลเทพากร	G4S BKK	172,000	943,500	5,000,000
25	TN64B065B222P073	7-Eleven สาขาพุทธมณฑล สาย 7	G4S BKK	509,000	2,054,400	5,000,000
26	TO25B065B222P073	บ. ตรีอรรถบูรณ์ พุทธมณฑล สาย 5-BOOTH	G4S BKK	32,000	143,200	5,000,000
27	TO44B065B950P073	ร้านมานะเภสัช (ตลาดใหม่คุณาวรรณ) -BOOTH	G4S BKK	168,000	472,700	5,000,000
28	TO87B065B222P073	บ. สยามแฮนด์ จก. นครปฐม	G4S BKK	67,000	551,200	5,000,000
29	TP19B065B950P073	ห้างหุ้นส่วน เจียมโชติวัฒน์	G4S BKK	9,000	20,900	5,000,000
30	TP68B065B222P073	7-Eleven สาขาตลาดดอนหวาย	G4S BKK	-	-	5,000,000
31	TP85B065B222P073	7-Eleven สาขาวัดเทียนดัด	G4S BKK	306,000	763,600	5,000,000
32	TT30B065B222P073	บ. อุตสาหกรรมถุงพลาสติกไทย จก. สามพราน	G4S BKK	171,000	1,201,500	5,000,000
33	TT57B065B222P073	บ. ซีพาร์ท อุตสาหกรรม จก. สามพราน-BOOTH	G4S BKK	97,000	884,800	5,000,000
34	TT62B065B222P073	ร้านรักบ้านเกิด (สามพราน) ซอยหมอศรี	G4S BKK	70,000	210,500	5,000,000
35	TU38B065B222P073	7-Eleven สาขาเกียรติร่วมมิตร (สาย 4)	G4S BKK	92,000	224,800	5,000,000
36	TU39B065B222P073	ร้านเอส 2 เอส มินิมาร์ท	G4S BKK	73,000	341,200	5,000,000

37	TU76B065B950P073	อาคาร KU-Town	G4S BKK	5,000	7,200	5,000,000

AVG = เป็นการเฉลี่ยทั้งเดือน, Peak = ยอดถอนเงินสูงสุด, BKK = Bangkok
แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

3.2 **เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย**

งานที่นำเอาจีนิติกอัลกอริทึมมาใช้ส่วนใหญ่ จะเป็นการจำลองสถานการณ์ ดังนั้น จึงจำเป็นที่ต้องมีซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการคำนวณจีนิติกอัลกอริทึม สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมแพร่หลายในวงการวิศวกรรม รวมทั้งยังได้มีผู้พัฒนาจีนิติกอัลกอริทึมทูลบ็อกซ์ (GA Toolbox) ขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการคำนวณอีกด้วย สำหรับในชุดซอฟต์แวร์แมทแลบ (MATLAB) เวอร์ชัน 7.0 ขึ้นไปได้มีการพัฒนากล่องเครื่องมือทูลบ๊อกซ์ (Toolbox) ของ GAs อยู่ในชื่อ Genetic Algorithm and Direct Search ซึ่งเป็นส่วนขยายมาจาก Optimization Toolbox (MATLAB SIMULINK Version 7.10.0.449 R2010a 32-bit (win 32)) ตัวอย่างหน้าจอจีนิติกอัลกอริทึมทูลบ็อกซ์ (GA Toolbox) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1: GA Toolbox ของ MATLAB

สเปคของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- Computer Acer Aspire P3 รุ่น Ultrabook
- Processor : Intel Core™ i5-3339Y
- Memory : 4 GB DDR3

- Hard Drive : 120 GB SSD
- Screen : 11.6” LED Screen (1366× 768 pixe)
- Camera 5.0MP/HD WebCam

ซอฟต์แวร์ (Software)

- Genuine Windows 8 64 bits
- Microsoft Excel 2010, Microsoft Word 2010

3.3 **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

แหล่งข้อมูล หมายถึง ที่มาของข้อมูลที่นำมาใช้เพื่องานวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) กับทุติยภูมิ (Secondary Data)

3.3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาซึ่งมาจากฝ่ายปฏิบัติการงานอิเล็กทรอนิกส์หรือศูนย์เอทีเอ็มของธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน) โดยรวบรวมข้อมูลทั้งต้นทุนที่ใช้ในการเติมเงินต่อครั้ง ยอดการถอนเงินในแต่ละตู้ ต้นทุนในการประกันเงินในตู้ และข้อมูลชื่อสถานที่ตั้งตู้เอทีเอ็ม เป็นต้น

3.3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทางด้านวิชาการ เกี่ยวกับวิธีการของจีนิติกอัลกอริทึม แนวคิดและทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการบริหารเงินคงคลังของศูนย์เอทีเอ็ม รวมถึงหนังสือ วารสาร บทความต่างๆ วิทยานิพนธ์ สารนิพนธ์ การค้นคว้าอิสระ ที่เกี่ยวข้องการงานวิจัย โดยสามารถค้นคว้าข้อมูลได้จากห้องสมุดจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และข้อมูลจากเว็บไซต์ (Website) ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ท (Internet)

3.4 **การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบันขององค์กร**

วิธีการเติมเงินที่ตู้เอทีเอ็มของธนาคารที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะเติมเงินจำนวน 4,000,000 บาท ต่อการสั่งเติม 1 ครั้ง (ที่ตั้งตู้บริษัท เนอร์วาน่า ฟูดส์ จำกัด) แสดงได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3: ตัวอย่างวิธีการที่ธนาคารดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073		
วันที่ทำรายการ	จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)	จำนวนเงินคงเหลือในตู้
01/08/2556	236,300	4,000,000*
02/08/2556	143,100	3,763,700
03/08/2556	305,300	3,620,600
04/08/2556	89,300	3,315,300
05/08/2556	774,600	3,226,000
06/08/2556	91,300	2,451,400
07/08/2556	90,900	2,360,100
08/08/2556	106,700	2,269,200
09/08/2556	59,400	2,162,500
10/08/2556	60,600	2,103,100
11/08/2556	124,500	2,042,500
12/08/2556	18,600	1,918,000
13/08/2556	41,500	1,899,400
14/08/2556	44,500	1,857,900
15/08/2556	33,000	1,813,400
16/08/2556	129,200	1,780,400
17/08/2556	43,700	1,651,200
18/08/2556	74,800	1,607,500
19/08/2556	28,100	1,532,700
20/08/2556	739,900	1,504,600
21/08/2556	72,000	764,700
22/08/2556	35,300	692,700
23/08/2556	184,600	657,400
24/08/2556	32,100	472,800** (T-2)
25/08/2556	48,800	440,700 (T-1)
26/08/2556	80,000	4,000,000 ***
27/08/2556	80,000	3,920,000
28/08/2556	111,500	3,840,000
29/08/2556	94,200	3,728,500
30/08/2556	481,500	3,634,300
31/08/2556	166,500	3,152,800

* หมายถึง เติมเงินครั้งแรก 4,000,000 บาท, ** หมายถึง เงินต่ำกว่า 543,900 บาทจะแจ้งเติมเงินรอบใหม่,

*** หมายถึง จำนวนเงินเติมรอบใหม่ 4,000,000 บาท
แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

จากข้อมูลในตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าการเติมเงินครั้งแรกจะเริ่มที่จำนวน 4,000,000 บาท (01/08/2556) และวันรุ่งขึ้นทุกๆ วันเจ้าหน้าที่ธนาคารจะคอยติดตามพฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าผ่านระบบ BIZVIEW ซึ่งจะแสดงยอดเงินที่ถูกถอนออกไป ยอดเงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็ม โดยแยกรายละเอียดให้เห็นจำนวนเงินในกล่อง 1,000 กล่อง 500 กล่อง 100 ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ทุกวันจนกว่าปริมาณเงินคงเหลือในตู้เอทีเอ็มต่ำกว่ายอดเงินเฉลี่ยของเดือนฐานที่นำมาคำนวณรวมกับยอดถอนเงินสูงสุดของเดือนนั้นๆ ดังแสดงได้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4: ตัวอย่างข้อมูลจากระบบ BIZVIEW

Terminal	Location	Hopper 100	Hopper 500	Hopper 1000	Total
T229B065B950P073	NER VA NA FOODS CO., LTD.	199,800	300,000	2,498,000	2,997,800

เรียกดูข้อมูลเมื่อ 06/08/2556 เวลา 10.00 น.
แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

ตารางที่ 3.5: ข้อมูลการถอนเงินเฉลี่ยของตู้หมายเลข T229B065B950P073

Year	2556	2556	2556	2556	2556	2556	2556
Month	01	02	03	04	05	06	07*
AVG	114,823	167,337	191,623	190,573	155,013	253,041	179,393
ROUND[ก]	115,000	167,000	192,000	191,000	155,000	253,000	179,000
PEAK[ข]	345,000	607,100	539,300	711,300	573,000	993,000	729,800
(ก+ข)/2	287,500	470,550	461,650	546,650	441,500	749,500	543,900

AVG หมายถึง เป็นการเฉลี่ยทั้งเดือน, Peak หมายถึง ยอดถอนเงินสูงสุด, Round หมายถึง ฟังก์ชันการปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม (ปัดเศษของ AVG), * หมายถึง เดือนฐานที่นำไปใช้ในการคำนวณ
แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

Chulalongkorn University

ตัวอย่าง การหายอดเงินคงเหลือต่ำสุดก่อนสั่งเติมเงินในรอบถัดไป พิจารณาจากข้อมูลตารางที่ 3.5 ซึ่งจะใช้ข้อมูลเดือนกรกฎาคม 2556 มาเป็นฐานในการคำนวณ ที่มีค่าเฉลี่ยในการถอนเงินที่ผ่านฟังก์ชั่นการปัดเศษแล้วจำนวน 179,000 บาท/เดือน และมียอดการถอนเงินสูงสุดอยู่ที่ 729,800 บาท เพราะฉะนั้นเมื่อนำข้อมูลทั้งสองมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งจะได้ 543,900 บาท ทำให้มีจุดที่ช่วยให้เจ้าหน้าที่ธนาคารตัดสินใจที่จะสั่งเติมเงินรอบใหม่ จึงดำเนินการแจ้งไปยังบริษัทขนส่งเงินภายนอกให้นำเงินสดมาเติมอีกครั้ง ซึ่งจะเท่ากับการเติมเงินในรอบแรกคือ 4,000,000 บาท

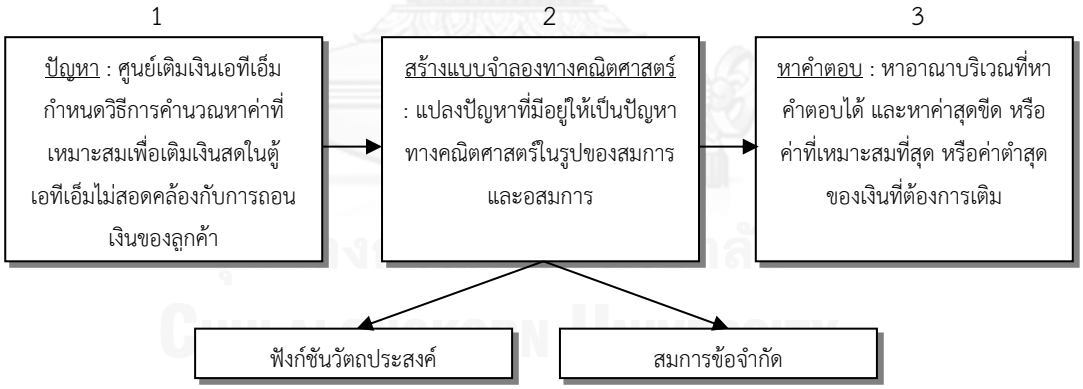
จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นว่าปริมาณการเติมเงินครั้งแรกของแต่ละตู้เอทีเอ็มจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ธนาคาร ซึ่งอาจจะเป็น 3,000,000 บาท 4,000,000 บาท 5,000,000 บาท ก็ได้ และจำนวนวันในการสั่งเติมเงินรอบใหม่ของแต่ละตู้เอทีเอ็มจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับพฤติกรรม

ในการถอนเงินของลูกค้าอาจจะเป็น 10 วัน 15 วัน 20 วัน 26 วัน หรือ 30 วัน ก็ได้ รวมทั้งจำนวนคงเหลือในตู้ต่ำสุดของแต่ละตู้ก็ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของเจ้าหน้าธนาคารที่เช่นกันว่าจะนำข้อมูลจากเดือนไหนมาใช้เป็นฐานในการคำนวณ ซึ่งเจ้าหน้าที่ธนาคารจะไม่ปล่อยให้เงินถูกถอนออกจากตู้เอทีเอ็มจนหมดแล้วจึงจะสั่งเติมเงินรอบใหม่ แต่จะคงเหลือเงินเอาไว้อาจจะเป็น 700,000 บาท 600,000 บาท 500,000 บาท เพื่อลดความเสี่ยงที่เจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเงินภายนอกที่อาจจะไม่สามารถนำเงินมาเติมได้ตามตารางเวลาที่กำหนดก็ได้ เช่น เกิดเหตุการณ์รถบรรทุกเงินเสียหรือเกิดอุบัติเหตุ หรือถูกโจรกรรมเงินระหว่างขนส่ง เป็นต้น

จะเห็นว่าวิธีการเติมเงินที่ธนาคารใช้อยู่ในปัจจุบันจะไม่สามารถคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสได้เลย เพราะระยะเวลาในการสั่งเติมเงินในแต่ละครั้งของแต่ตู้เอทีเอ็มไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาส จะต้องกำหนดระยะเวลาในการเติมเงินต่อครั้งให้คงที่ชัดเจน เช่น 7 วัน 10 วัน เป็นต้น

3.5 **การสร้างแบบจำลองการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสม**

ขั้นตอนการแก้ปัญหาสำหรับการเติมเงินในตู้เอทีเอ็ม จะต้องรู้และเข้าใจถึงปัญหาทางธุรกิจที่เกิดขึ้นภายในองค์กรเสียก่อน จากนั้นนำปัญหามาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ในที่นี้จะใช้วิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์และข้อจำกัด เพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2: การสร้างแบบจำลองการแก้ปัญหาการเติมเงินเอทีเอ็ม

3.5.1 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

การเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มจะแบ่งช่วงเวลาในการเติมเงินออกเป็นช่วงๆ ที่เท่ากัน คือจะทำการเติมเงินใหม่ทุกๆ 10 วัน และการกำหนดตัวแปรที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถกำหนดได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6: คำจำกัดความตัวของแปรตัดสินใจและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ

ตัวแปร	ความหมาย
X	จำนวนเงินที่เติมในตู้เอทีเอ็มครั้งแรกตอนต้นเดือน (งวดที่ 1)
Y	จำนวนเงินที่เติมในตู้เอทีเอ็มครั้งที่สอง (งวดที่ 2)
Z	จำนวนเงินที่เติมในตู้เอทีเอ็มครั้งที่สาม (งวดที่ 3)
n	จำนวนตู้เอทีเอ็มทั้งหมดในหนึ่งศูนย์เติมเงินที่ทำการศึกษา 37 ตู้
i	ATM; i=1,2,3,...,n
t	ระยะเวลาการสั่งเติมเงินเอทีเอ็ม
W	เปอร์เซ็นต์การถ่วงน้ำหนัก
Cap	ปริมาณเงินสดที่สามารถบรรจุได้ในตู้เอทีเอ็ม

3.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือสมการเป้าหมาย

คือ สมการที่ต้องการหาค่าต่ำสุด ของการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ในแต่ละเดือน และจะต้องเป็นสมการที่มีเป้าหมายเดียวเท่านั้น

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize Cost} = \sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ti} + Y_{ti} + Z_{ti}\right) \quad \text{..... (3.1)}$$

เมื่อ n คือ จำนวนตู้เอทีเอ็มที่ต้องการหาค่าความเหมาะสม
m คือ จำนวนวันที่ต้องสั่งเติมเงินใหม่

สมการข้อจำกัด

$$\text{Cap}_i < 6{,}500{,}000 \quad \text{..... (3.2)}$$

3.5.3 กระบวนการจีนิติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)

จีนิติกอัลกอริทึม เป็นกระบวนการคำนวณที่เลียนแบบกลไกการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นในกระบวนการคำนวณของจีนิติกอัลกอริทึมจึงมีคำศัพท์เฉพาะทางชีววิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

กระบวนการของจีนิติกอัลกอริทึม จะเริ่มด้วยการสุ่มเซตผลเฉลยที่เกิดจากการเข้ารหัสโดยใช้สายของตัวอักษร (String) ซึ่งเทียบได้กับโครโมโซม (Chromosome) เพื่อแทนผลเฉลยจริงของปัญหา ซึ่งโครโมโซมเหล่านี้จะประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยคือตัวอักษร (Character) คือ ยีน (Gene) โดยบริเวณที่อยู่ของยีนบนโครโมโซมคือลูคัส (Locus) และสถานะของยีนที่อยู่บนโครโมโซมเรียกว่าแอลิล (Allele) ลักษณะของโครโมโซมที่ถูกเข้ารหัสเหล่านี้เทียบได้กับจีโนโทป์ (Genotype) และเมื่อมีการ

ถอดรหัสโครโมโซมได้ผลเฉลยจริงของปัญหา ซึ่งผลเฉลยจริงของปัญหาจะเทียบได้กับฟีโนไทป์ (Phenotype)

กระบวนการจีนิติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Goldberg, 1989) ซึ่งได้อธิบายถึงองค์ประกอบพื้นฐานตลอดจนถึงกลไกของจีนิติกอัลกอริทึม โดยกระบวนการของจีนิติกอัลกอริทึมอย่างง่ายแสดงดังแผนภูมิสายงานในรูปที่ 3.3 และอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) สร้างกลุ่มของโครโมโซมซึ่งเป็นประชากร (Population) เริ่มต้นโดยการสุ่ม

2) ถอดรหัสโครโมโซมทุกโครโมโซมเพื่อให้ได้ตัวแปรจริงของปัญหา

3) นำตัวแปรจริงของปัญหาที่ได้มาคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของแต่ละโครโมโซมในประชากร

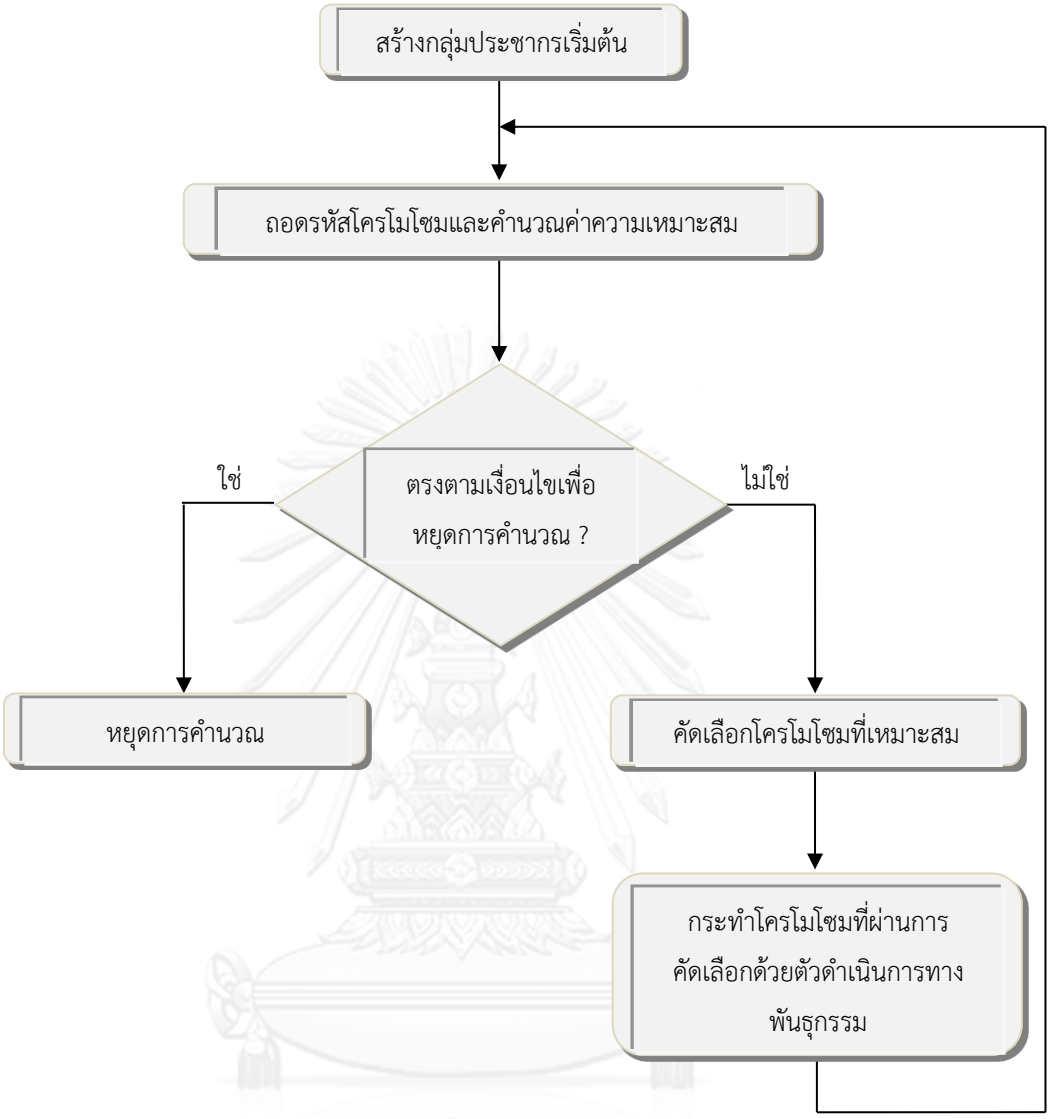
4) คำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของโครโมโซมจากค่าวัตถุประสงค์

5) สร้างประชากรชุดใหม่จากประชากรชุดเก่าด้วยการคัดเลือก (Selection) โดยพิจารณาจากค่าความเหมาะสม

6) นำประชากรที่ผ่านการคัดเลือกมากระทำด้วยตัวดำเนินทางพันธุกรรม (Genetic Operators) อันได้แก่ การผสมข้ามพันธุ์ (Crossing Over) และ การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นต้น

7) กลับไปทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 6 จนกระทั่งลู่เข้าสู่คำตอบของปัญหาที่ต้องการหรือเท่ากับจำนวนรอบของการทำซ้ำที่กำหนดไว้ ซึ่งจำนวนหนึ่งรอบจากตอนที่ 2 ถึง 6 เรียกว่าหนึ่งรุ่นของการคำนวณ (Generation)

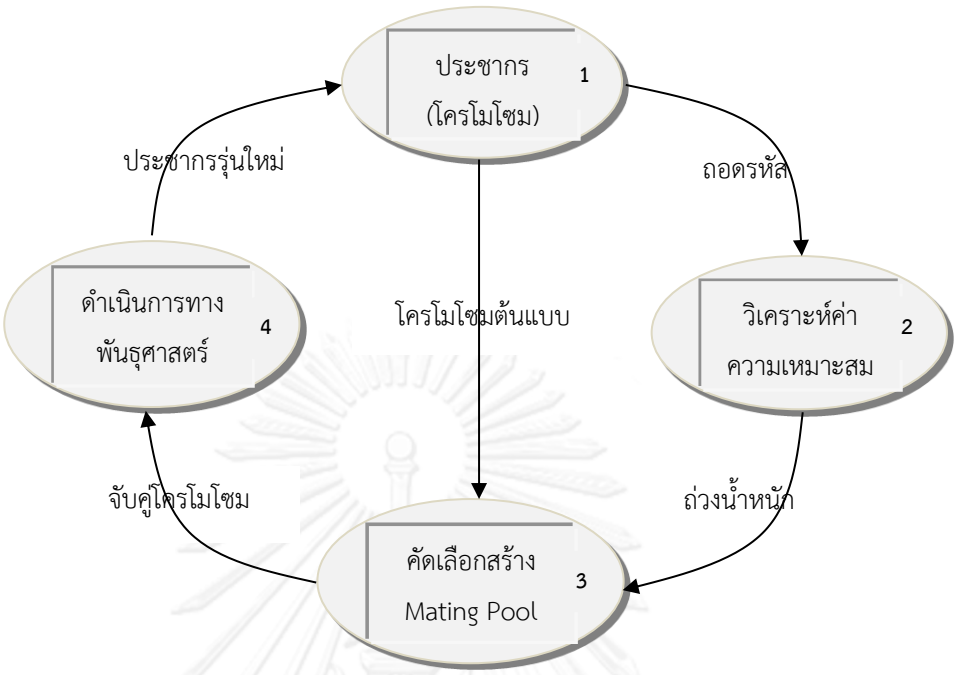
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.3: แผนภูมิสายงานแสดงกระบวนการจีนิติกอัลกอริทึม

3.5.4 การสร้างแบบจำลองจีนิติกอัลกอริทึม

การสร้างแบบจำลองจีนิติกอัลกอริทึม จะสามารถประมวลผลหาคำตอบของปัญหาได้ โดยสร้างวิวัฒนาการกลุ่มคำตอบในรุ่นต่อไปตามวัฏจักรการทำงานของจีนิติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm Cycle) ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ



รูปที่ 3.4: แสดงวัฏจักรจีนิติกอัลกอริทึม

3.5.4.1) การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) คือ การสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมา (Random Population) เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของแบบจำลองจีนิติกอัลกอริทึม โดยจะสุ่มจากวงเงินปกติที่เจ้าหน้าที่ธนาคารใช้สำหรับเติมให้กับตู้เอทีเอ็มในปัจจุบัน จำนวน 37 ตู้ ดังแสดงได้ในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7: วงเงินปัจจุบันที่เติมในตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐม

ลำดับที่	Terminal	Location	วงเงินปกติ*	วงเงินวันหยุด (เทศกาล)
1	T229B065B950P073	บริษัท เนอร์วาน่า ฟูดส์ จำกัด	2,500,000	3,000,000
2	T240B065B950P073	นครปฐม รีสอร์ท คอนโด	1,500,000	1,500,000
3	T251B065B950P073	ฟาร์มจระเข้ สามพราน	1,500,000	1,500,000
4	TB67B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. พุทธมณฑลสาย 5	2,500,000	3,000,000
5	TB70B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. สาย 4	4,000,000	4,000,000
6	TB96B065B222P073	7-Eleven สาขาหมู่บ้าน ว.นิเวศน์	2,000,000	2,500,000
7	TC11B065B950P073	โรงพยาบาลสนามจันทร์	5,000,000	4,500,000
8	TC55B065B950P073	บ. ชัยพัฒนาอุตสาหกรรม จก. -BOOTH	4,000,000	4,500,000
9	TE80B065B222P073	7-Eleven สาขาสวนพุทธ (3742)	3,500,000	3,500,000
10	TE83B065B222P073	หอพักเคทูพี (รติกรแมนชั่น)	1,500,000	2,000,000
11	TF22B065B222P073	อ้อมใหญ่ แมนชั่น	2,500,000	2,500,000
12	TF27B065B222P073	ลออพาณิชย์	2,500,000	2,500,000
13	TF30B065B222P073	7-Eleven สาขาสามพราน ซอย 6 (2580)	3,500,000	4,000,000
14	TF44B065B222P073	บ. ยูไนเต็ดไวน์เนอร์รี่ แอนด์ดิสทิลเลอรี่ จก. -BOOTH	3,000,000	4,000,000

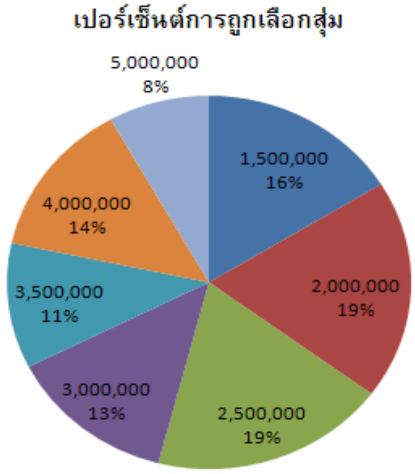
ตารางที่ 3.7: วงเงินปัจจุบันที่เติมในตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

ลำดับที่	Terminal	Location	วงเงินปกติ*	วงเงินวันหยุด (เทศกาล)
15	TF80B065B222P073	7-Eleven สาขาเอื้ออาทร สาย 5	2,000,000	2,000,000
16	TF82B065B222P073	7-Eleven สาขาหมู่บ้านกรีนปาร์คโฮม	3,500,000	4,000,000
17	TF93B065B222P073	บ. วัชรบรรจุภัณฑ์	4,000,000	4,000,000
18	TH03B065B222P073	7-Eleven สาขามหาสวัสดิ์	2,000,000	2,000,000
19	TH41B065B222P073	7-Eleven สาขาชุมชนนครชื่นชุ่ม	2,500,000	2,500,000
20	TH93B065B222P073	7-Eleven สาขา ปตท. อ้อมใหญ่	2,500,000	2,500,000
21	TH94B065B222P073	วัดดอนหวาย #1 (ศาลาสังฆทาน)	1,500,000	1,500,000
22	TK42B065B950P073	วัดศรีษะทอง	2,500,000	3,000,000
23	TL29B065B950P073	โรงแรมเวลล์ - นครปฐม	4,000,000	4,000,000
24	TM03B065B950P073	โรงพยาบาลเทพากร	3,000,000	3,500,000
25	TN64B065B222P073	7-Eleven สาขาพุทธมณฑลสาย 7	5,000,000	5,000,000
26	TO25B065B222P073	บ. ตรีอรรถบูรณ์ พุทธมณฑลสาย 5-BOOTH	1,500,000	1,500,000
27	TO44B065B950P073	ร้านมานะเภสัช (ตลาดใหม่คุณาวรรณ) -BOOTH	3,000,000	3,000,000
28	TO87B065B222P073	บ. สยามแฮนด์ จก. นครปฐม	1,500,000	2,000,000
29	TP19B065B950P073	ห้างหุ้นส่วน เจียมโชติวัฒน์	4,000,000	5,000,000
30	TP68B065B222P073	7-Eleven สาขาตลาดดอนหวาย	3,000,000	3,000,000
31	TP85B065B222P073	7-Eleven สาขาวัดเทียนดัด	5,000,000	5,000,000
32	TT30B065B222P073	บ. อุตสาหกรรมถุงพลาสติกไทย จก. สามพราน	3,500,000	3,500,000
33	TT57B065B222P073	บ. ซีพาร์ท อุตสาหกรรม จก. สามพราน-BOOTH	3,000,000	3,000,000
34	TT62B065B222P073	ร้านรักบ้านเกิด (สามพราน) ซอยหมอศรี	2,000,000	2,000,000
35	TU38B065B222P073	7-Eleven สาขาเกียรติร่วมมิตร (สาย 4)	2,000,000	2,500,000
36	TU39B065B222P073	ร้านเอส 2 เอส มินิมาร์ท	2,000,000	2,500,000
37	TU76B065B950P073	อาคาร KU-Town	2,000,000	3,000,000

* = หมายถึงวงเงินที่เจ้าหน้าธนาคารที่พิจารณาแล้วว่าเหมาะสมสำหรับการเติมเงินตู้เอทีเอ็ม
แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

ข้อมูลจากตารางที่ 3.7 จะเห็นว่าวงเงินต่ำสุดที่เจ้าหน้าที่ธนาคารใช้ในเติมเงินเอทีเอ็มคือ 1,500,000 บาท เช่น ตู้เอทีเอ็มลำดับที่ 2 สถานที่ตั้งนครปฐมรีสอร์ทคอนโด ลำดับที่ 3 สถานที่ตั้งฟาร์มจระเข้สามพราน ลำดับที่ 10 สถานที่ตั้งหอพักเคทูพี (รติกรแมนชั่น) ลำดับที่ 21 สถานที่ตั้งวัดดอนหวาย #1 (ศาลาสังฆทาน) ลำดับที่ 26 สถานที่ตั้งบริษัทตรีอรรถบูรณ์ พุทธมณฑลสาย 5 และลำดับที่ 28 สถานที่ตั้งบริษัทสยามแฮนด์จำกัดนครปฐม วงเงินสูงสุดที่เจ้าหน้าที่ธนาคารใช้ในเติมเงินเอทีเอ็ม คือ 5,000,000 บาท เช่น ตู้เอทีเอ็มลำดับที่ 7 สถานที่ตั้งโรงพยาบาลสนามจันทร์ ลำดับที่ 25 สถานที่ตั้ง 7-Eleven สาขาพุทธมณฑลสาย 7 และลำดับที่ 31 สถานที่ตั้ง 7-Eleven สาขาวัดเทียนดัด

สำหรับวงเงินที่เจ้าหน้าที่ธนาคารนำไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มจะมีเพียง 7 ค่าเท่านั้น คือ 1,500,000 บาท 2,000,000 บาท 2,500,000 บาท 3,000,000 บาท 3,500,000 บาท 4,000,000 บาท และ 5,000,000 บาท โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในการถูกเลือกสุ่มขึ้นมาใช้งานดังแสดงในรูปกราฟที่ 3.5



รูปที่ 3.5: กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การถูกสุ่มเลือกขึ้นมาใช้งาน

จากกราฟสามารถสร้างขอบเขตของจำนวนที่จะถูกสุ่มเลือกได้เป็น 6 ระดับ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดเป็นน้ำหนัก (Weight) เพื่อหาค่าความเหมาะสมต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8: การกำหนดขอบเขตของวงเงินที่มีโอกาสถูกสุ่มเลือก

Level	Boundaries Value	Percent (%) = W_j
1	1,500,000 – 1,999,900	16
2	2,000,000 – 2,499,900	19
3	2,500,000 – 2,999,900	19
4	3,000,000 – 3,499,900	13
5	3,500,000 – 3,999,900	11
6	4,000,000 – 5,000,000	8

เมื่อ j = จำนวน level ของวงเงิน

ดังนั้น X_i , Y_i , Z_i จะมีโอกาสถูกสุ่มเลือกขึ้นมาเป็นประชากรต้นแบบเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของแบบจำลอง จะพิจารณาจากขอบเขตล่างคือวงเงินต่ำสุดถึงขอบเขตบนคือวงเงินสูงสุด (ช่วงระหว่าง 1,500,000 ถึง 5,000,000 บาท) และพิจารณาเฉพาะวงเงินที่เป็นเลขหลักร้อยเท่านั้น เนื่องจากการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มจะไม่มีบริการถอนเงินที่ต่ำกว่า 100 บาท หมายถึงวงเงินขั้นต่ำที่ต้องระบุให้ถอนได้ คือ 100, 200, 300, ... , 20000 บาท/ครั้ง จะไม่มีวงเงินที่ต่ำกว่า 100 บาท เช่น 50, 80, 120, 550, 1999, 19560 บาท/ครั้ง เป็นต้น เพราะฉะนั้น ค่าที่เป็นไปได้ในการสุ่มเลือกขึ้นมาเป็นประชากรต้นแบบเป็นไปตามสมการที่ 3.3

Value LB + 100 < UB ..... (3.3)

เมื่อ LB คือ Lower bound หมายถึงขอบเขตล่างหรือวงเงินต่ำสุดที่เติมให้กับตู้เอทีเอ็ม
UB คือ Upper bound หมายถึงขอบเขตบนหรือวงเงินสูงสุดที่เติมให้กับตู้เอทีเอ็ม

จากสมการที่ 3 ค่าที่เป็นไปได้ที่มีโอกาสถูกสุ่มขึ้นมาเป็นประชากรต้นแบบจะมีจำนวนทั้งสิ้น 35,000 ค่า ตัวอย่างเช่น 1,500,000 1,500,100 1,500,200 ... 5,000,000 โดยทำการสุ่มเลือกเป็นรอบๆ เพื่อให้ค่า X_i ในรอบสุดท้ายจำนวน 37 ค่า, Y_i รอบสุดท้ายจำนวน 37 ค่า และ Z_i รอบสุดท้ายจำนวน 37 ค่า ดังแสดงในสมการที่ 3.4 และตารางที่ 3.9

$$IPoP_k = random\ generator\ (\ ) \quad \text{..... (3.4)}$$

เมื่อ *IPoP* คือ การสุ่ม Initial Population
k คือ จำนวนรอบการ generate data

3.5.4.2) วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมหรือการประเมินประชากร คือโครโมโซมหรือวงเงินที่ถูกสุ่มเลือกมาจะถูกถอดรหัสจากรูปแบบวงเงินที่กำหนดไว้ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา

3.5.4.2.1) ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function: *F*) เป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าความเหมาะสม (fitness) ของแต่ละวงเงินหรือโครโมโซม เปรียบเสมือนค่าความสามารถในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซมและเป็นฟังก์ชันที่กำหนดโอกาส หรือสัดส่วนที่แต่ละวงเงินเหมาะสมจะถูกคัดเลือกมากน้อยเพียงใด นั่นคือฟังก์ชันความเหมาะสมจะเป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงค่าคำตอบที่เกิดขึ้นจากชุดตัวแปรของปัญหาของโครโมโซมนั้นดีเพียงใด เพราะฉะนั้น Fitness Function จะพิจารณาจากฟังก์ชันเป้าหมาย คือ

$$F = \sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ti} + Y_{ti} + Z_{ti}\right) \quad \text{..... (3.5)}$$

3.5.4.2.2) การเข้ารหัสประชากร (Encoding Population: *E*) เป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนสำคัญ เพราะเป็นการออกแบบให้โครโมโซมเป็นตัวแทนของคำตอบจากระบบ ซึ่งจะใช้วิธีนำค่าที่ได้จากการสุ่มคำนวณตามฟังก์ชันความเหมาะสม ดังสมการข้างล่าง

$$E = \frac{\left(fitness\ function\right)}{1{,}000{,}000} \times \left(W_j\right) \quad \text{..... (3.6)}$$

เมื่อ q คือ จำนวนรอบในการสั่งเติมเงินของเดือน

W_j คือ น้ำหนักที่ค่าสุ่มมามีโอกาสถูกเลือกขึ้นมา พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ X_i, Y_i, Z_i ตกอยู่ในช่วงใดของตารางที่ 3.8

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าความเหมาะสมจากสมการที่ 3.5 และสมการที่ 3.6 แสดงได้ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9: ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความเหมาะสม

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073						
ลำดับ	โครโมโซม (จากการสุ่ม)			*E*	Wj	ค่าความเหมาะสม (fitness)
	X	Y	Z			
1	1,500,000	2,000,000	1,800,000	5.3/3 = 1.76	16%	0.281
2	3,500,000	2,000,000	2,500,000	8.0/3 = 2.66	19%	0.505
3	3,000,000	3,500,000	3,400,000	9.9/3 = 3.33	13%	0.429
4	5,000,000	2,000,000	4,000,000	11.0/3 = 3.66	11%	0.402
...	...	...	...	...	...	...
n	4,540,000	4,531,000	5,000,000	14.071/3 = 4.69	8%	0.375

ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มเป็นเพียงข้อมูลที่สมมติขึ้นมาเท่านั้น

จากข้อมูลในตารางที่ 3.10 จะเห็นว่า ชุดค่าความเหมาะสมในรุ่นเริ่มต้นมีค่าความเหมาะสมเป็น 0.505 0.429 และ 0.402 ตามลำดับ

3.5.4.3) การคัดเลือก (Selection) เป็นขั้นตอนที่จำลองแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อสร้าง mating pool โดยคัดเลือกชุดโครโมโซมรุ่นเก่าให้เป็นโครโมโซมต้นแบบหรือโครโมโซมพ่อ-แม่เพื่อใช้สร้างโครโมโซมรุ่นต่อไป โดยพิจารณาค่าความเหมาะสมเป็นตัวตัดสินว่าโครโมโซมใดในรุ่นเก่ามีโอกาสถูกสุ่มเลือกแต่ละครั้งสูง การกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกคัดเลือกต่อการสุ่มเลือกแต่ละครั้ง (Probability of Selected Value: *Psel*) ของแต่ละโครโมโซมโดยกำหนดค่าความเหมาะสมเทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังสมการที่ 3.7

$$P_{select\,i} = \frac{Fi}{\sum_{i=1}^{n} Fi} \quad \text{..... (3.7)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10: การคำนวณค่าความน่าจะเป็นตามฟังก์ชันความเหมาะสม

ลำดับ	โครโมโซม (จากการสุ่ม X Y Z)			*E*	ค่าความเหมาะสม (fitness)	ค่าความน่าจะเป็น ($Pselect_i$)
1	1,500,000	2,000,000	1,800,000	5.3/3 = 1.76	0.281	0.141
2	3,500,000	2,000,000	2,500,000	8.0/3 = 2.66	0.505	0.253
3	3,000,000	3,500,000	3,400,000	9.9/3 = 3.33	0.429	0.215
4	5,000,000	2,000,000	4,000,000	11.0/3 = 3.66	0.402	0.201
...	...	...	...	...	...	...
n	4,540,000	4,531,000	5,000,000	14.071/3 = 4.69	0.375	0.188
รวม (Total)					1.992	1.000
ค่าเฉลี่ย (Average)					0.398	0.199
ค่าสูงสุด (Maximum)					0.505	0.253

ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มเป็นเพียงข้อมูลที่สมมติขึ้นมาเท่านั้น และสมมติให้ n = 5

สามารถคำนวณค่าที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ (Expected Value: *Exp*) ของโครโมโซมในแต่ละรุ่นได้ดังสมการที่ 3.8

$$Expi = P_{select\,i} \times Popsize = \frac{Fi}{\overline{F}} \quad \text{..... (3.8)}$$

ตารางที่ 3.11: การคำนวณค่าความคาดหวังว่าจะสุ่มได้ตามฟังก์ชันความเหมาะสม

ลำดับ	โครโมโซม (จากการสุ่ม X Y Z)			*E*	ค่าความเหมาะสม (fitness)	ค่าความน่าจะเป็น ($Pselect_i$)	จำนวนที่คาดหวัง (Exp_i)
1	1,500,000	2,000,000	1,800,000	5.3/3 = 1.76	0.281	0.141	0.706
2	3,500,000	2,000,000	2,500,000	8.0/3 = 2.66	0.505	0.253	1.268
3	3,000,000	3,500,000	3,400,000	9.9/3 = 3.33	0.429	0.215	1.077
4	5,000,000	2,000,000	4,000,000	11.0/3 = 3.66	0.402	0.201	1.010
...	...	...	...	...	...	...	...
n	4,540,000	4,531,000	5,000,000	14.071/3 = 4.69	0.375	0.188	0.942
รวม (Total)					1.992	1.000	5.000
ค่าเฉลี่ย ($\overline{F}$)					0.398	0.199	1.000
ค่าสูงสุด (Maximum)					0.505	0.253	1.268

ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มเป็นเพียงข้อมูลที่สมมติขึ้นมาเท่านั้น และสมมติให้ n = 5

3.5.4.3.1) การเรียงลำดับ (Sorting) เพื่อให้ง่ายต่อการคัดเลือกโครโมโซมที่ผ่านการพิจารณาค่าความเหมาะสมมาแล้ว จะต้องนำข้อมูลมาเรียงลำดับตามตามค่าความน่าจะเป็นจากค่ามากไปหาค่าน้อยหรือจากค่าน้อยไปหาค่ามากก็ได้ ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12: การเรียงลำดับข้อมูลตามค่าความน่าจะเป็นจากค่าน้อยไปหาค่ามาก

ลำดับ	โครโมโซม (จากการสุ่ม X Y Z)			E	ค่าความเหมาะสม (fitness)	ค่าความน่าจะเป็น ($Psel_i$)	จำนวนที่คาดหวัง (Exp_i)
1	3,500,000	2,000,000	2,500,000	8.0/3 = 2.66	0.505	0.253	1.268
2	3,000,000	3,500,000	3,400,000	9.9/3 = 3.33	0.429	0.215	1.077
3	5,000,000	2,000,000	4,000,000	11.0/3 = 3.66	0.402	0.201	1.010
4	4,540,000	4,531,000	5,000,000	14.071/3 = 4.69	0.375	0.188	0.942
...	...	...	...	...	...	...	...
n	1,500,000	2,000,000	1,800,000	5.3/3 = 1.76	0.281	0.141	0.706
รวม					1.992	1.000	5.000
ค่าเฉลี่ย ($\overline{F}$)					0.398	0.199	1.000
ค่าสูงสุด (Maximum)					0.505	0.253	1.268

ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มเป็นเพียงข้อมูลที่สมมติขึ้นมาเท่านั้น และสมมติให้ n = 5

3.5.4.3.2) การแบ่งครึ่งข้อมูลหรือการลดลงครึ่งหนึ่ง (Halving) เป็นการคัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่ที่เหมาะสมเพื่อส่งต่อไปยังรุ่นลูกในรุ่นถัดไปได้ โดยกำหนดค่าที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดเรียงลำดับลงมา ส่วนโครโมโซมที่มีค่าความน่าจะเป็นต่ำจะไม่นำมาพิจารณาคัดเลือก

จากตัวอย่างการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในตารางที่ 3.13 โดยกำหนดจากค่าความเหมาะสมเทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด จะเห็นได้ว่าในการคัดเลือกโครโซมต้นแบบจาก 5 โครโมโซมนี้ โอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 1 ต่อการสุ่มแต่ละครั้งเท่ากับ 0.253 และโอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 2, 3 ต่อการสุ่มในแต่ละครั้งที่เท่ากับ 0.251, 0.201 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโครโมโซมลำดับที่ 1 มีค่าความเหมาะสมสูงที่สุดจะมีโอกาสถูกเลือกในจำนวนที่มากที่สุด ส่วนโครโมโซมลำดับที่ n มีค่าความเหมาะสมต่ำมากจึงมีโอกาสที่จะไม่ถูกเลือกเลย

3.5.4.3.3) การทำซ้ำ (Repeat) เป็นค้นหาโครโซมที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาเป็นโครโมโซมต้นแบบ โดยจะต้องไปผ่านกระบวนการสุ่มข้อมูล (Random) การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสม (Fitness) การคัดเลือก (Selection) จนกระทั้งได้โซมโครที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.13: แสดงวิธีการสุ่มข้อมูลของระบบในแต่ละรอบ

จำนวนรอบที่	จำนวนข้อมูลที่ได้จากสุ่ม	วิธีการคัดเลือกข้อมูล	หมายเหตุ
0	35,000	-	ข้อมูลทั้งหมดที่มีโอกาสถูกสุ่มจากระบบ
1	3,500	random, sort, and halving data	คงเหลือข้อมูลจำนวนเท่ากับ 3,500/2 หรือ 1,750 พร้อมปัดเศษเข้าสู่ศูนย์
2	1,750	random, sort, and halving data	คงเหลือข้อมูลจำนวนเท่ากับ 175/2 หรือ 87.5 พร้อมปัดเศษเข้าสู่ศูนย์จะได้ 88
3	88	random, sort, and halving data	คงเหลือข้อมูลจำนวนเท่ากับ 8.8/2 หรือ 4.4 พร้อมปัดเศษเข้าสู่ศูนย์จะได้ 5
4	5	random, sort, and halving data	คงเหลือข้อมูลจำนวนเท่ากับ 0.5/2 หรือ 0.25 พร้อมปัดเศษเข้าสู่ศูนย์จะได้ 1

3.5.4.4) การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่จำลองแบบธรรมชาติทางพันธุกรรม ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุกรรมศาสตร์ คือ ครอสโอเวอร์ (Crossover) และมิวเตชัน (Mutation) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.4.4.1) ครอสโอเวอร์ (Crossover)

ครอสโอเวอร์เป็นวิธีการรวมตัวใหม่ของโครโมโซม (recombination operator) โดยทำการรวมส่วนย่อยระหว่างโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ตั้งแต่สองโครโมโซมขึ้นไป เพื่อให้กลายเป็นโครโมโซมลูกหลาน โครโมโซมลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้จะมีพันธุ์กรรมจากต้นกำเนิดสายพันธุ์อยู่ในตัว

นำโครโมโซมต้นแบบ และโครโมโซมหรือวงเงินที่ลูกค้าทำการถอนที่ตู้เอทีเอ็มในอดีต ไปประเมินค่าด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์และจะต้องอยู่ในรูปที่ระบบเข้าใจ ดังนั้นถ้ากำหนดให้โครโมโซม S ที่เวลา t ใดๆ คือ S(t) เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของค่าการประเมินของโครโมโซมนี้กับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

$$f(S(t)) = f(s1(t), s2(t), \ldots, sL(t)) \quad \ldots\ldots (9)$$

เมื่อ s1(t), s2(t), . . . , sL(t) คือคำตอบของระบบที่ผ่านการถอดรหัสเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 3.14: ตัวอย่างข้อมูลรายการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มในอดีต

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073				
วันที่ทำรายการ	จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)			
	เดือนสิงหาคม ปี 2555	เดือนสิงหาคม ปี 2556	ผลรวม Σ	ค่าเฉลี่ยทุก 10 วัน (U_i , V_i , W_i)
01/08/2556	88,500	236,300	324,800	
02/08/2556	76,500	143,100	219,600	
03/08/2556	272,500	305,300	577,800	
04/08/2556	206,300	89,300	295,600	
05/08/2556	40,800	774,600	815,400	
06/08/2556	26,100	91,300	117,400	
07/08/2556	46,200	90,900	137,100	
08/08/2556	51,100	106,700	157,800	
09/08/2556	23,800	59,400	83,200	
10/08/2556*	23,500	60,600	84,100	281,280 = U_i
11/08/2556	183,900	124,500	308,400	
12/08/2556	89,600	18,600	108,200	
13/08/2556	78,500	41,500	120,000	
14/08/2556	10,800	44,500	55,300	
15/08/2556	51,000	33,000	84,000	
16/08/2556	70,600	129,200	199,800	
17/08/2556	25,200	43,700	68,900	
18/08/2556	12,300	74,800	87,100	
19/08/2556	16,800	28,100	44,900	
20/08/2556*	472,300	739,900	1,212,200	228,880 = V_i
21/08/2556	66,800	72,000	138,800	
22/08/2556	34,000	35,300	69,300	
23/08/2556	26,500	184,600	211,100	
24/08/2556	25,500	32,100	57,600	
25/08/2556	109,200	48,800	158,000	
26/08/2556	111,300	80,000	191,300	
27/08/2556	20,800	80,000	100,800	
28/08/2556	23,000	111,500	134,500	
29/08/2556	66,100	94,200	160,300	
30/08/2556*	272,800	481,500	754,300	197,600 = W_i

ตารางที่ 3.14: ตัวอย่างข้อมูลรายการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มในอดีต (ต่อ)

หมายเลขเครื่อง : T229B065B950P073				
วันที่ทำรายการ	จำนวนเงินที่ถูกถอน (บาท)			
	เดือนสิงหาคม ปี 2555	เดือนสิงหาคม ปี 2556	ผลรวม Σ	ค่าเฉลี่ยทุก 10 วัน (U_i , V_i , W_i)
31/08/2556	157,000	166,500	323,500	
รวม	2,779,300	4,621,800	7,401,100	

* = หมายถึงรอบการสั่งเติมเงินใหม่ทุก 10 วัน

แหล่งที่มา : ข้อมูลเดือนสิงหาคม, 2555, 2556 [ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน)]

จากข้อมูลในตารางที่ 3.15 จะเห็นว่า U_i คือ ค่าเฉลี่ยต่อวันจำนวน 281,280 บาทสำหรับการสั่งเติมเงินงวดแรก Vi คือ ค่าเฉลี่ยต่อวันจำนวน 228,880 บาทสำหรับการสั่งเติมเงินงวดที่สอง และ Wi คือ ค่าเฉลี่ยต่อวันจำนวน 197,600 บาทสำหรับการสั่งเติมเงินงวดที่สาม เพราะฉะนั้นจำนวนเงินที่ต้องเติมในตู้เอทีเอ็ม

$$X_i = U_i \times T = 281,280 \times 10 = 2,812,800 \quad \text{..... (10)}$$

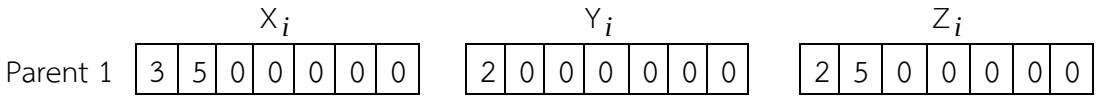
$$Y_i = V_i \times T = 228,880 \times 10 = 2,288,800 \quad \text{..... (11)}$$

$$Z_i = W_i \times T = 197,600 \times 10 = 1,976,000 \quad \text{..... (12)}$$

เมื่อ T คือจำนวนรอบในการสั่งเติมเงินในแต่ละครั้ง

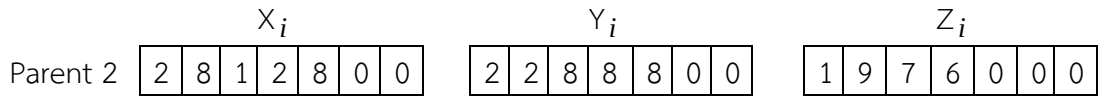
ดังนั้นจะนำค่า X_i , Y_i , Z_i จากสมการที่ 10, 11, 12 ไปการผ่านการครอสโอเวอร์กับโครโซมต้นแบบซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้โครโมโซมต้นแบบที่ผ่านการคัดเลือก (ข้อมูลจากตารางที่ 3.13) เป็น โครโมโซมพ่อแม่พันธ์ที่ 1 (Parent 1) และกำหนดให้ใช้จำนวน 7 บิต สำหรับจัดเก็บข้อมูลวงเงินที่นำไปเติมในตู้เอทีเอ็มไม่เกิน 7 หลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.6



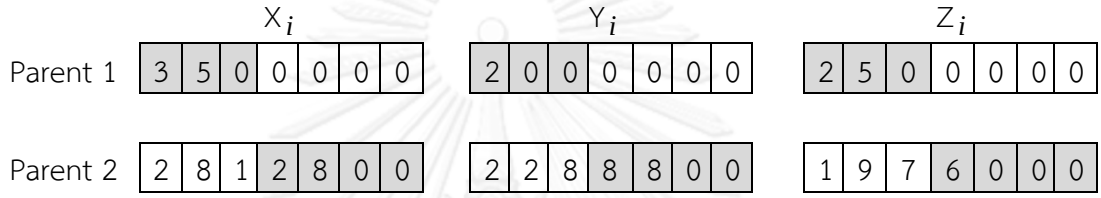
รูปที่ 3.6: การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 1 โครโมโซมต้นแบบจากการสุ่ม

2) กำหนดโครโมโซมจากข้อมูลการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มในอดีต (ข้อมูลจากสมการที่ 10, 11, 12) เป็นโครโมโซมพ่อแม่พันธ์ที่ 2 (Parent 2) และกำหนดให้ใช้จำนวน 7 บิต สำหรับจัดเก็บข้อมูลวงเงินที่นำไปเติมในตู้เอทีเอ็มไม่เกิน 7 หลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.7



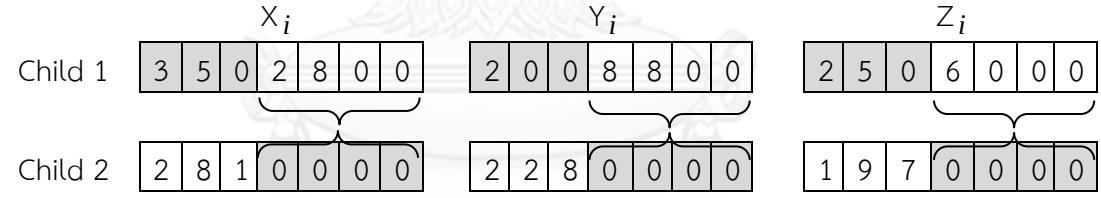
รูปที่ 3.7: การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 2 โครโมโซมจากข้อมูลในอดีต

3) เลือกบิตย่อย (Substring) ที่ต้องการทำครอสโอเวอร์ ตัวอย่าง เช่นโครโซมต้นแบบเลือกบิตย่อยที่ 1-3 และโครโมโซมวงเงินในอดีตเลือกบิตย่อยที่ 4-7 ดังแสดในรูปที่ 3.8



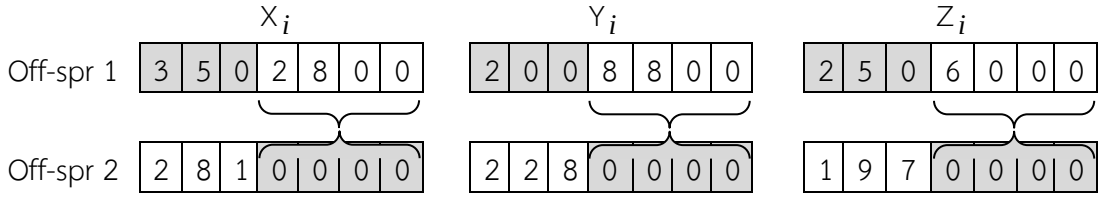
รูปที่ 3.8: การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 3 การเลือกบิตย่อยจากโครโมโซมพ่อแม่

4) ทำการครอสโอเวอร์หรือแลกเปลี่ยนบิตระหว่างโครโมโซมพ่อแม่พันธ์ ตัวอย่าง เช่น สลับระหว่างบิตที่ 4-7 ระหว่างโครโมโซมต้นแบบกับโครโซมวงเงินในอดีต ทำให้เกิดค่าหรือวงเงินใหม่ขึ้นกลายเป็นโครโมโซมในรุ่นลูกหรือรุ่นถัดไป ดังแสดในรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9: การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 4 การสลับบิตย่อยระหว่างโครโมโซมพ่อแม่

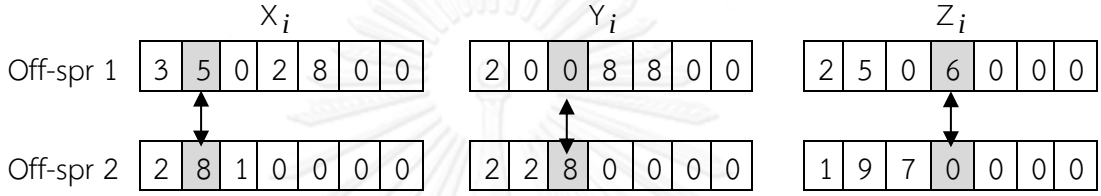
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



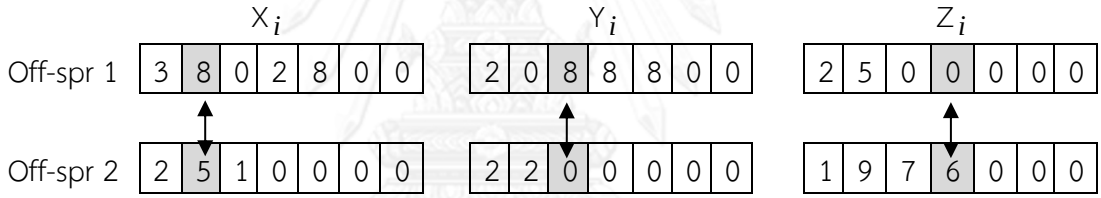
รูปที่ 3.10: การครอสโอเวอร์ขั้นตอนที่ 4 โครโมโซมรุ่นต่อๆ มาหรือรุ่นลูก

3.5.4.4.2) มิวเตชัน (Mutation)

มิวเทชันเป็นวิธีการแปรผันยีนหรือส่วนย่อยของโครโมโซม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในทางชีววิทยานั่นเอง ปกติแล้วอัตราการทำมิวเทชันจะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันนั้นมีค่าน้อย ถ้ามิวเทชันคือการเปลี่ยนแปลงยีนในโครโมโซมแล้ว มิวเทชันจะเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงตัวเลขของโครโมโซมนั่นเอง เพราะในทางปฏิบัติแล้ว ยีนของโครโมโซมก็คือบิตในระบบตัวเลขของคอมพิวเตอร์ ตัวอย่าง เช่น Xi เลือกบิตที่ 2, Yi เลือกบิตที่ 3 และ Zi เลือกบิตที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11: การเลือกบิตสำหรับมิวเทชันระหว่างโครโมโซมรุ่นลูก



รูปที่ 3.12: การแลกเปลี่ยนบิตระหว่างมิวเทชันของโครโมโซมรุ่นลูก

ประชากรรุ่นใหม่ เป็นชุดโครโมโซมของลูกที่เกิดจากขั้นตอนของวิวัฒนาการต่างๆ ทั้งหมด ซึ่งประชากรรุ่นใหม่ทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะถูกถ่ายถอดกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับวิวัฒนาการในรุ่นถัดไป ซึ่งเรียกวิวัฒนาการแบบนี้ว่า การถ่ายถอดแบบทั่วไปหรือรีโพรดักชันแบบทั่วไป (General Reproduction) กระบวนการต่างๆ จะถูกปฏิบัติซ้ำๆ จนกระทั่งถึงรุ่นที่มากที่สุด (Generation: Maxgen) ที่ต้องการ

3.5.4.5) การแทนที่ (Replacement)

การแทนที่ เป็นขั้นตอนหลังจากที่จีนิติกอัลกอริทึม (GAs) ได้โครโมโซมหรือประชากรรุ่นใหม่เรียบร้อยแล้ว และจะนำโครโมโซมลูกหลานใหม่นี้ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่าหรือประชากรต้นแบบ จุดประสงค์ในการแทนที่นั้นค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือการนำโครโมโซมลูกหลานมาแทนที่ประชากรรุ่นก่อน จะทำให้ประชากรรุ่นใหม่ประกอบไปด้วยโครโมโซมใหม่ๆ ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ดีกว่า เพราะได้สืบสายพันธุ์ที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว กลยุทธ์ในการคัดเลือกว่าโครโมโซมไหนจะถูกแทนที่นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

3.5.4.5.1) การแทนที่ประชากรทั้งรุ่น (Generational GAs) เป็นการนำประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเก่าทั้งหมด

3.5.4.5.2) การแทนที่ประชากรแบบบางส่วน (Partial GAs) เป็นการนำประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเก่าเพียงบางส่วนเท่านั้น

3.6 **อัลกอริทึม (Algorithm) สำหรับการเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนของ GAs**

ขั้นตอนหรือลำดับการประมวลผลในการแก้ปัญหาการเติมเงินเอทีเอ็มให้เหมาะสม ซึ่ง จะช่วยให้ผู้วิจัยเห็นขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น หรือ แนวคิดอย่างมีเหตุผลที่ผู้วิจัยใช้ในการอธิบายวิธีการอย่างเป็นขั้นตอนตามลำดับในการที่จะพัฒนาโปรแกรม

```
อัลกอริทึมของจีนิติกอัลกอริทึม     t:= 0;
        // สร้างประชากรโครโมโซมต้นกำหนดโดยการสุ่ม
        Initpopulation P(t);
        // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซมประชากรต้นกำเนิด
        Evaluate P(t);
        // ตรวจสอบเงื่อนไขความพอใจ (เช่น เวลา, ค่าความเหมาะสม เป็นต้น)
        While not terminate
        Begin
                t:= t+1;
                // คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจากประชากรรุ่นก่อน
                P'(t) := Selectparents P(t-1);
                // แลกเปลี่ยนส่วนยีนส์ภายในโครโมโซมต้นแบบ
                Reccombine P'(t);
                // มิวเตชันโครโมโซมต้นแบบ
                Mutate P'(t);
                // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นใหม่
                Evaluate P'(t);
                // ประชากรรุ่นใหม่กลายเป็นประชากรรุ่นต่อไป
                P(t) := P'(t);
        end;
end.
```

3.7 **สรุปการดำเนินงานตามขั้นตอนของจีนิติกอัลกอริทึม**

จากกระบวนการของงานวิจัยข้างต้น จะเห็นว่ากระบวนการหลักๆ ของจีนิติกอัลกอริทึมอย่างง่ายมี 5 ขั้นได้แก่ การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Coding), การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation), การคัดเลือก (Selection), การผสมข้ามพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะได้อธิบายพอสังเขปดังนี้

ขั้นตอนแรกของจีนิติกอัลกอริทึม คือการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม รวมทั้งรูปแบบโครโมโซมเสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มสร้างประชากรต้นกำเนิดตามรูปแบบโครโมโซมที่ได้กำหนดไว้ เมื่อได้ประชากรต้นกำเนิดแล้วก็ทำการวัดค่าความเหมาะสม (fitness) ของแต่ละโครโมโซม เพื่อคัดเลือกเข้าสู่กระบวนการจีนิติกโอเปอเรเตอร์ โดยทำการคัดเลือกเอาเฉพาะโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเป็นที่น่าพอใจชุดหนึ่งเก็บไว้ โครโมโซมที่คัดเลือกไว้นั้นจะถูกนำมาทำ การครอสโอเวอร์และมิวเตชันได้เป็นโครโมโซมชุดใหม่ ซึ่งเราจะนำโครโมโซมชุดใหม่นี้มาวัดค่าความเหมาะสม เพื่อทำการคัดเลือกและดำเนินการต่อไปจนสิ้นสุดตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ก็จะได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเป็นที่น่าพอใจ หรือได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้หลักทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับพจน์และสัญลักษณ์ทางสถิติต่างๆ โดยทำการพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มของเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2557 ล่วงหน้าด้วยวิธีของ GAs จากนั้นนำข้อมูลพยากรณ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการถอนเงินที่ตู้เอทีเอ็มของลูกค้าธนาคารที่เกิดขึ้นจริงในอนาคต

4.1 **ความหมายและสัญลักษณ์ทางสถิติ**

4.1.1 ประชากร (Population)

ประชากร (Population) คือ กลุ่มของสิ่งที่เราต้องการศึกษาทั้งหมด งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาจำนวนเงินที่เหมาะสมที่จะนำไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐม

ประชากรจำกัด (Finite Population) หมายถึง ประชากรที่เราสามารถบอกได้ว่ามีจำนวนสมาชิกเท่าใดได้อย่างแน่นอน โดยทั่วไปจะใช้สัญลักษณ์ N แทนจำนวนสมาชิกของประชากรจำกัด

ค่าเฉลี่ย (Mean) คือ ตัวเลขที่เป็นค่ากลางของตัวเลขชุดใดชุดหนึ่ง

ค่าเฉลี่ยของประชากร (Population Mean) แทนด้วยสัญลักษณ์ μ (อ่านว่า มิว) วิธีการหาค่าเฉลี่ยของประชากรหาได้จากสมการที่ 4.1

$$\mu = \frac{\sum X}{N} \qquad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

เมื่อ $\sum X$ แทนผลบวกของข้อมูลทั้งหมดในประชากร

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดของประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Mean Deviation) เป็นการวัดการกระจายที่ได้จากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ของความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมุลชุดนั้น ซึ่งค่าความแตกต่างเช่นนี้จะเรียกว่า ส่วนเบี่ยงเบน (Deveiation) และส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย แทนด้วยสัญลักษณ์ M.D. วิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของประชากรหาได้จากสมการที่ 4.2

$$\text{M.D.} = \frac{\sum |X-\mu|}{N} \qquad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.2)$$

เมื่อ $\sum |X-\mu|$ แทนผลบวกของค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ของความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมุลชุดนั้นๆ

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดของประชากร

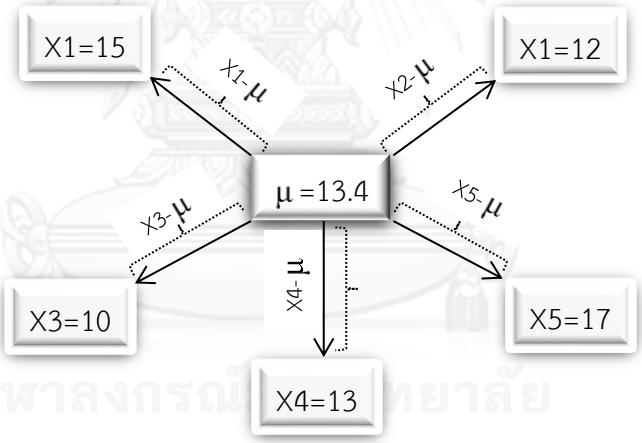
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของประชากร เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูล หาได้จากค่าหลักรากที่สองของค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง แทนด้วยสัญลักษณ์ σ (อ่านว่า ซิกมา) เป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะเป็นการคำนวณมาจากข้อมูลทุกตัวที่มีอยู่ วิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรหาได้จากสมการที่ 4.3

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\mu)^2}{N}} \quad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.3)$$

เมื่อ $\sum(X-\mu)^2$ แทนผลบวกของความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดนั้นๆ ยกกำลังสอง

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดของประชากร

ตัวอย่างการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1: การหาความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$$\sigma = \sqrt{\frac{[(X1-\mu)+(X2-\mu)+(X3-\mu)+(X4-\mu)+(X5-\mu)]^2}{N}}$$

$= 2.42$

ความแปรปรวน (Variance) ของประชากร คือ กำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร แทนด้วยสัญลักษณ์ σ^2 วิธีการหาค่าความแปรปรวนของประชากรหาได้จากสมการที่ 4.4

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X-\mu)^2}{N} \quad \text{..... (4.4)}$$

4.1.2 ตัวอย่าง (Sample)

ตัวอย่าง (Sample) คือ กลุ่มย่อยของประชากรที่เลือกมาศึกษา โดยมากการได้มาของตัวอย่างจะได้มาแบบสุ่ม บางครั้งเรียกอาจเรียกว่า ตัวอย่างสุ่ม (Random Sample) ก็ได้ และเรียกวิธีการได้มาซึ่งตัวอย่างว่า การเลือกตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) จะใช้สัญลักษณ์ n แทนขนาดของตัวอย่าง (Sample Size) สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างสุ่มในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Sample Mean) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\overline{X}$ (อ่านว่า X bar) วิธีการหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหาได้จากสมการที่ 4.5

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n} \quad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่) ..... (4.5)}$$

เมื่อ $\sum X$ แทนผลบวกของข้อมูลทั้งหมดในตัวอย่าง

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดในตัวอย่างหรือขนาดของตัวอย่าง

วิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของตัวอย่างหาได้จากสมการที่ 4.6

$$M.D. = \frac{\sum|X-\overline{X}|}{n} \quad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่) ..... (4.6)}$$

เมื่อ $\sum|X-\overline{X}|$ แทนผลบวกของค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ของความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของข้อมุลชุดนั้นๆ และ n แทนขนาดของตัวอย่าง

วิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างหาได้จากสมการที่ 4.7

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X})^2}{n-1}} \quad \text{(กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่) ..... (4.7)}$$

ความแปรปรวน (Variance) ของตัวอย่าง คือ กำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง แทนด้วยสัญลักษณ์ S^2 วิธีการหาค่าความแปรปรวนของตัวอย่างหาได้จากสมการที่ 4.8

$$S^2 = \frac{\sum(X-\overline{X})^2}{n-1} \quad \text{..... (4.8)}$$

4.1.3 การทดสอบความเชื่อถือได้ของเครื่องมือ

การทดสอบความเชื่อถือได้ (Validity) ของเครื่องมือประเมินผลเป็นการทดสอบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นมีความคงเส้นคงวา ความคงที่แน่นอน ความเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีของครอนบาค (Cronbach Method) มาใช้ในการทดสอบความน่าเชื่อถือ

วิธีของครอนบาค มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) หรือ ครอนบาคแอลฟา (Cronbach Alpha) วิธีการหาค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องมือด้วยวิธีของคอนบาคหาได้จากสมการที่ 4.9

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S_i^2}\right) \quad \text{..... (4.9)}$$

เมื่อ α แทนสัมประสิทธิ์ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

$\sum S_i^2$ แทนผลรวมของความแปรปรวนของข้อมูลที่วัดได้

S_i^2 แทนค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่วัดได้

n แทนจำนวนรายการทั้งหมดที่ใช้วัด

การหาค่าความเชื่อมั่นของงานวิจัยได้กำหนดจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs ออกเป็น 10, 50, 100, 200, 400 รอบ และทุกรอบให้ทำซ้ำอย่างละ 10 ครั้ง (อ้างอิงตามภาคผนวก ข ตารางผนวกที่ ข-1 ถึง ข-5) เมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมในแต่ละรอบแล้ว จะวิเคราะห์ค่าคำตอบที่ได้มีระยะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลมากน้อยเพียงใด โดยจำนวนเดือนที่นำมาเป็นฐานในการพยากรณ์หาค่าที่เหมาะสมจะพิจารณาดังนี้

ตารางที่ 4.1: วิธีการกำหนดเดือนที่ใช้เป็นเดือนฐานในการคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ

เดือนที่ต้องการพยากรณ์ (อนาคต)	เดือนฐาน	
	เดือนก่อนหน้าของเดือนที่ต้องการพยากรณ์ (อดีต)	เดือนเดียวกันกับเดือนที่พยากรณ์ของปีที่ผ่านมา (อดีต)
มกราคม 2557	ธันวาคม 2556	มกราคม 2556
กุมภาพันธ์ 2557	มกราคม 2557	กุมภาพันธ์ 2556
มีนาคม 2557	กุมภาพันธ์ 2557	มีนาคม 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2: การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

เดือนที่ใช้เป็นฐาน		จำนวนรอบการค้นหาคำตอบ (ครั้ง)					เฉลี่ย
		10	50	100	200	400	
ม.ค. 56	ธ.ค. 56	0.9221	0.9327	0.9221	0.9221	0.9221	0.9242
ก.พ. 56	ม.ค. 57	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221
มี.ค. 56	ก.พ. 57	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221	0.9221
รวม		2.7663	2.7769	2.7663	2.7663	2.7663	2.7684
เฉลี่ย		0.9221	0.9256	0.9221	0.9221	0.9221	0.9228

เกณฑ์ที่ใช้สำหรับการประเมินความเชื่อมั่น (Punpinij, 1990:113) จะใช้เกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 4.3: เกณฑ์การวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

ระดับความน่าเชื่อถือ	ความหมาย
0.80-1.00	มีความเชื่อถือได้สูงมาก
0.60-0.79	มีความเชื่อถือได้ค่อนข้างสูง
0.40-0.59	มีความเชื่อถือได้ปานกลาง
0.20-0.39	มีความเชื่อถือได้ต่ำ
0.01-0.19	มีความเชื่อถือได้ต่ำมาก

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 เมื่อทำการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับการเติมเงินเอทีเอ็มด้วยวิธีการทำซ้ำๆ กันจะเห็นว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมมากที่สุดคือ 100 รอบ เนื่องจากหากใช้จำนวนรอบมากกว่านี้ก็จะไม่ทำให้ระดับความเชื่อมั่นสูงขึ้น โดยระดับความเชื่อมั่นสำหรับการพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มของเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2557 เท่ากันคือ 0.9221 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นมีความเชื่อถือได้สูงมากเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 4.3

4.2 **ผลการวิเคราะห์**

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดการเงินคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็ม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลตัวอย่างการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มที่เกิดขึ้นจริงในอดีตเก็บรวบรวมมาจำนวน 18 เดือน คือตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ 2555 ถึงธันวาคม 2556 เพื่อนำมาพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตของเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2557 โดยกำหนดจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GAs จำนวน 100 รอบ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับตู้เอทีเอ็มแต่ละตู้ของศูนย์เติมเงินตามเส้นทาง (Route) ของจังหวัดนครปฐมจำนวน 37 ตู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1 วิธีการเติมเงินปัจจุบันที่ธนาคารดำเนินการ

ปริมาณเงินสดที่สั่งเติมในตู้เอทีเอ็มของธนาคารปัจจุบันจะแยกการพิจารณาจากออกเป็น 2 กรณีคือ ปริมาณเงินสดกรณีปกติและปริมาณเงินสดช่วงเทศกาล (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-1)

กรณีที่ 1 ปริมาณเงินสดกรณีปกติ คือการถอนเงินสดประจำวันของลูกค้าทั่วไปที่ไปใช้บริการที่ตู้เอทีเอ็ม ส่วนใหญ่จะพิจารณาจากข้อมูลในอดีตและประสบการณ์ของเจ้าหน้าประจำศูนย์เงินสดเป็นสำคัญ ยังไม่มีเครื่องมือสำหรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณเงินที่เหมาะสม

กรณีที่ 2 ปริมาณเงินสดช่วงเทศกาล การพิจารณาจะดูจากความต้องการเงินสดของลูกค้าในช่วงที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์ติดต่อกันหลายวัน เช่น ช่วงสงกรานต์ วันขึ้นปีใหม่ เป็นต้น ปริมาณเงินจะถูกสั่งเติมมากกว่ากรณีปกติทั่วไป

ทั้งสองกรณีจะสั่งเติมเงินสดในปริมาณที่เท่ากันทุกครั้งที่เงินหมดจากตู้ ตัวอย่างเช่น ลำดับที่ 1 หมายเลขตู้เอทีเอ็มคือ T229B065B950P073 สั่งเติมเงินครั้งแรกกรณีวงเงินปกติจำนวน 2,500,000 บาท เมื่อลูกค้าถอนเงินไปจากตู้เอทีเอ็มจนใกล้หมด เจ้าหน้าที่จะสั่งเติมเงินใหม่อีกครั้งด้วยจำนวนที่เท่าเดิมคือ 2,500,000 บาท ทำให้แต่ละตู้เอทีเอ็มมีจำนวนวันที่ใช้เงินหมดไม่เหมือนกันทำให้คำนวณต้นทุนในการสั่งเติมเงินยาก (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-2) ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้ระยะเวลาในการสั่งเติมเงินใหม่ทุกๆ 10 วัน เพื่อให้สามารถคำนวณต้นทุนได้ชัดเจนดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4: ปริมาณเงินสดปัจจุบันที่สั่งเติมในตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557

ATM (ภายใต้ศูนย์เงินสด: ตู้)	เดือน	วิธีสั่งเติมเงินปัจจุบัน (ช่วงระยะเวลาของเดือน: วันที่)			รวม
		1-10	11-20	21-28,31	
37	มกราคม	104,500,000	104,500,000	104,500,000	313,500,000
37	กุมภาพันธ์	104,500,000	104,500,000	104,500,000	313,500,000
37	มีนาคม	104,500,000	104,500,000	104,500,000	313,500,000
รวม		313,500,000	313,500,000	313,500,000	940,500,000

หมายเหตุ: ข้อมูลรวบรวมเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2556

4.2.2 การพยากรณ์ข้อมูล

โปรแกรมประมวลจะแสดงข้อมูลพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มทุกๆ 10 วัน สำหรับเดือนที่มี 28 วัน เช่น กุมภาพันธ์ 2557 หรือเดือนที่มี 31 วัน เช่น มกราคม มีนาคม 2557 โปรแกรมจะแสดงผลช่วงปลายเดือน จำนวน 8 วัน หรือ 11 วัน ตามลำดับ (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-3 ถึง ค-5) ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์ของเดือนมกราคม 2557 ตู้เอทีเอ็มลำดับที่ 1 หมายเลขตู้เอทีเอ็ม

คือ T229B065B950P073 โปรแกรมพยากรณ์ช่วงการเติมเงินครั้งแรกของเดือนหรือ 10 วันแรกของเดือน หรือตั้งแต่วันที่ 1-10 มกราคม จำนวนเงินที่ต้องเติมคือ 2,129,100 บาท ช่วงการเติมเงินครั้งที่สองของเดือนหรือตั้งแต่วันที่ 11-20 จำนวนเงินที่ต้องเติมคือ 2,080,600 บาท ช่วงการเติมเงินครั้งสุดท้ายหรือครั้งที่สามของเดือนหรือตั้งแต่วันที่ 21-31 จำนวนเงินที่ต้องเติมคือ 2,284,000 บาท เมื่อรวมทั้งสามช่วงหรือรวมทั้งเดือนจำนวนเงินที่ต้องเติมคือ 6,493,700 บาท ศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มจะต้องสำรองเงินสดเพื่อนำไปเติมในตู้เอทีเอ็มจำนวน 37 ตู้ ช่วงวันที่ 1-10 จำนวน 56,489,700 บาท ช่วงวันที่ 11-20 จำนวน 46,185,600 บาท และช่วงวันที่ 21-31 จำนวน 73,814,800 บาท รวมทั้งเดือนต้องสำรองเงินสดจำนวน 176,490,100 บาท สำหรับเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคมนั้นจะใช้หลักการพิจารณาเช่นเดียวกันกับเดือนมกราคม แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5: การพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557

ATM (ภายใต้ศูนย์เงินสด: ตู้)	เดือน	การตั้งสำรองเงินสด (ช่วงระยะเวลาของเดือน: วันที่)			รวม
		1-10	11-20	21-28,31	
37	มกราคม	56,489,700	46,185,600	73,814,800	176,490,100
37	กุมภาพันธ์	49,694,400	40,445,400	68,195,400	158,335,200
37	มีนาคม	59,648,400	46,833,000	49,292,500	155,773,900
รวม		165,832,500	133,464,000	191,302,700	490,599,200

หมายเหตุ: พยากรณ์เมื่อวันที่ 15 มกราคม 2557

ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.5 จะถูกพยากรณ์ไว้ล่วงหน้า โดยที่ยังไม่เกิดเหตุการณ์จริง ต้องรอเวลาจนกระทั่งสิ้นเดือนมกราคม แล้วทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ทำการพยากรณ์ไว้กับข้อมูลแท้จริงต่อไป สำหรับเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมก็ดำเนินการเช่นเดียวกัน

4.2.3 ข้อมูลแท้จริง

คือ ข้อมูลการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มของลูกค้าธนาคารที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม-มีนาคม 2557 จากฝ่ายบริการอิเล็กทรอนิกส์ของธนาคาร ข้อมูลที่ได้รับจะแสดงจำนวนเงินที่ถูกถอนไปจากตู้เอทีเอ็มแยกเป็นรายวัน (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-6 ถึง ค-8) ผู้วิจัยต้องทำการรวมยอดออกเป็นทุกๆ 10 วันด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-9 ถึง ค-11) ตัวอย่างเช่น ข้อมูลแท้จริงของเดือนมกราคม 2557 ตู้เอทีเอ็มลำดับที่ 1 หมายเลขตู้เอทีเอ็มคือ T229B065B950P073 ลูกค้าธนาคารได้ทำการถอนเงินออกไปจากตู้เอทีเอ็มดังกล่าวช่วง 10 วันแรกของเดือน หรือตั้งแต่วันที่ 1-10 มกราคม จำนวนเงิน 1,502,400 บาท ช่วงตั้งแต่วันที่ 11-20 จำนวนเงิน 1,210,600 บาท ช่วงสุดท้ายของเดือนหรือตั้งแต่วันที่ 21-31 จำนวนเงิน 2,079,900 บาท เมื่อรวมทั้งสามช่วงหรือรวมทั้งเดือนจำนวน

เงินที่เท่ากับ 4,792,900 บาท ความต้องการเงินสดของลูกค้าธนาคารสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มจำนวน 37 ตู้ในช่วงไตรมาสแรกของปี 2557 สรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6: ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557

ATM (ภายใต้ศูนย์เงินสด: ตู้)	เดือน	จำนวนเงินที่ถูกถอน (ช่วงระยะเวลาของเดือน: วันที่)			รวม
		1-10	11-20	21-28,31	
37	มกราคม	49,693,800	40,444,100	68,194,800	158,332,700
37	กุมภาพันธ์	59,648,400	46,832,200	49,291,900	155,772,500
37	มีนาคม	57,037,500	40,419,100	56,659,300	154,115,900
รวม		166,379,700	127,695,400	174,146,000	468,221,100

หมายเหตุ: รวบรวมข้อมูลจากฝ่ายบริการอิเลกทรอนิกส์ของธนาคารเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2557

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าเดือนมกราคมลูกค้าต้องการถอนเงินสดจำนวน 158,332,700 บาท เดือนกุมภาพันธ์ลูกค้าต้องการถอนเงินสดจำนวน 155,772,500 บาท และเดือนมีนาคมลูกค้าต้องการถอนเงินสดจำนวน 154,115,900 บาท รวมทั้งไตรมาสแรกของปี ลูกค้าต้องการถอนเงินสดทั้งสิ้นจำนวน 468,221,100 บาท

4.3 **ผลการเปรียบเทียบ**

เมื่อนำวิธีการสั่งเติมเงินสด ณ ปัจจุบันที่ธนาคารใช้อยู่ มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่พยากรณ์ด้วย GAs และเปรียบเทียบกับข้อมูลแท้จริง (อ้างอิงตามภาคผนวก ค ตารางผนวกที่ ค-12 ถึง ค-14) เพื่อหาผลต่างของข้อมูลจำนวนเงิน โดยนำข้อมูลจากตารางที่ 4.4 (ปริมาณเงินสดปัจจุบันที่สั่งเติมในตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557) ตารางที่ 4.5 (การพยากรณ์การเติมเงินเอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557) ตารางที่ 4.6 (ข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าธนาคารถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มไตรมาสที่ 1/2557) มาคำนวณสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.7

จากการเปรียบเทียบพบว่า วิธีการสั่งเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มในปัจจุบันที่ธนาคารใช้อยู่ต้องสำรองเงินสดปริมาณที่สูงถึงเดือนละ 313,500,000 บาท เมื่อรวมทั้งไตรมาสแรกของปีสูงถึง 940,500,000 บาท แต่เมื่อนำวิธีการพยากรณ์ด้วย GAs มาใช้ทำให้ธนาคารสามารถลดปริมาณสำรองเงินสด 43.7033, 49.4944 และ 50.3114 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อมูลเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม ตามลำดับ เฉลี่ยทั้งไตรมาสลดลง 47.8363 เปอร์เซ็นต์ หรือจำนวน 449,900,800 บาท แต่หากเปรียบเทียบกับข้อมูลแท้จริงพบว่าปริมาณสำรองเงินสดลดลง 49.4952, 50.3118 และ 50.8402 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อมูลเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม ตามลำดับ เฉลี่ยทั้งไตรมาสลดลง 50.8402 เปอร์เซ็นต์ หรือจำนวน 472,278,900 บาท

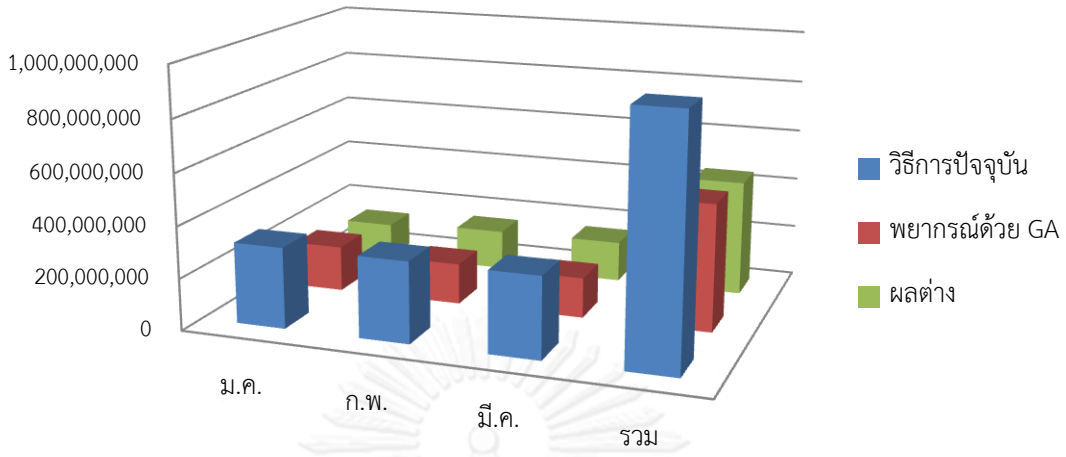
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.7: ผลต่างของวิธีการในปัจจุบัน วิธีการของ GAs และข้อมูลแท้จริง

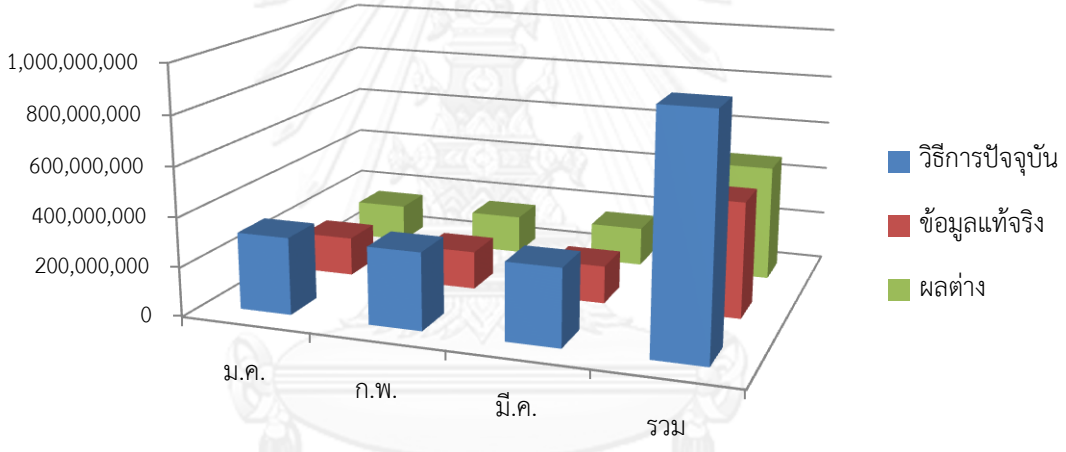
วิธีการเติมเงิน	ผลต่างของเดือน (บาท)			รวม
	มกราคม	กุมภาพนธ์	มีนาคม	
วิธีการปัจจุบัน (A)	313,500,000	313,500,000	313,500,000	940,500,000
วิธี GAs (พยากรณ์) (B)	176,490,100	158,335,200	155,773,900	490,599,200
ผลต่าง (A-B)	137,009,900	155,164,800	157,726,100	449,900,800
เปอร์เซ็นต์ (ลดลง) 100-(B/A*100)	43.7033 %	49.4944 %	50.3114 %	47.8363 %
วิธีการปัจจุบัน (A)	313,500,000	313,500,000	313,500,000	940,500,000
ข้อมูลแท้จริง (C)	158,332,700	155,772,500	154,115,900	468,221,100
ผลต่าง (A-C)	155,167,300	157,727,500	159,384,100	472,278,900
เปอร์เซ็นต์ (ลดลง) 100-(C/A*100)	49.4952 %	50.3118 %	50.8402 %	50.2157 %
วิธี GAs (พยากรณ์) (B)	176,490,100	158,335,200	155,773,900	490,599,200
ข้อมูลแท้จริง (C)	158,332,700	155,772,500	154,115,900	468,221,100
ผลต่าง (B-C)	18,157,400	2,562,700	1,658,000	22,378,100
เปอร์เซ็นต์ (ลดลง) 100-(C/B*100)	10.2881 %	1.6185 %	1.0644 %	4.5614 %

เมื่อความคาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลที่พยากรณ์ได้กับข้อมูลแท้จริง พบว่าในเดือนมกราคมสปริมาณสำรองเงินสดเกินไป 18,157,400 บาท (176,490,100 - 158,332,700) เดือนกุมภาพันธ์ปริมาณสำรองเงินเกินไป 2,562,700 บาท (158,335,200 - 155,772,500) และเดือนมีนาคมปริมาณสำรองเงินเกินไป 1,658,000 บาท (155,773,900 - 154,115,900) เฉลี่ยทั้งไตรมาสปริมาณสำรองเงินสดเกินไป 22,378,100 บาทหรือคิดเป็น 4.5614 เปอร์เซ็นต์ หรือร้อยละ 0.045614

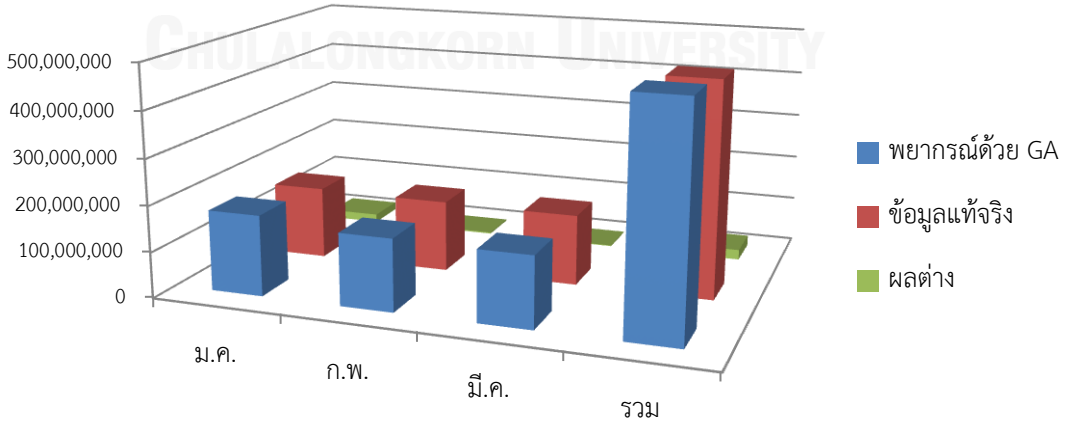
สำหรับข้อมูลผลต่างของการพยากรณ์ด้วย GAs กับข้อมูลแท้จริงของเดือนมกราคมที่มีค่าสูงนั้นเนื่องจากเดือนธันวาคมซึ่งเป็นเดือนก่อนหน้าที่นำมาเป็นเดือนฐานมีวันหยุดช่วงปีใหม่ติดต่อกันหลายวัน ทำให้ปริมาณความต้องการถอนเงินสดจากตู้เอทีเอ็มของลูกค้าธนาคารสูงกว่าปกติทั่วไป ดังนั้นการพยากรณ์ด้วย GAs จึงลู่เข้าสู่คำตอบที่มีค่ามากตาม ดังแสดงด้วยกราฟในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4-2 : กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับการพยากรณ์ด้วย GAs



รูปที่ 4-3 : กราฟความแตกต่างระหว่างวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริง



รูปที่ 4-4 : กราฟความแตกต่างระหว่างการพยากรณ์ด้วย GAsกับข้อมูลแท้จริง

4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

4.4.1 ความหมายและความสำคัญของการพยากรณ์ (Defining Forecasting)

การพยากรณ์ คือ การคาดการณ์ถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาในอนาคต และนำค่าพยากรณ์ที่ได้นั้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อการตัดสินใจใดๆ

การพยากรณ์ เป็นการคาดคะเนหรือประมาณการเหตุการณ์ในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลในอดีตหรือปัจจุบันตลอดจนวิจารณญาณ ความรู้ ประสบการณ์ของบุคคล เพื่อให้การตัดสินใจมีความถูกต้อง

4.4.2 ความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์

4.4.2.1 การหาค่าผิดพลาดเฉลี่ย (Mean Forecast Error: MFE) คือ การหาผลต่างระหว่างปริมาณสำรองเงินสดที่ทำการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มก่อน จากนั้นหาผลรวมความแตกต่างของแต่ละตู้เอทีเอ็มเข้าด้วยกัน และหารด้วยจำนวนตู้เอทีเอ็มทั้งหมดเพื่อหาค่าค่าเฉลี่ย โดยค่าผิดพลาดเฉลี่ย (MFE) ที่ได้ยิ่งมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ (0) มากเท่าใด แสดงว่าการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น ดังสมการที่ 4.10, 4.11

$$MFE = \frac{\sum(\text{ActualData} - \text{Forcast})}{\text{ATMnumber}} \quad \text{.....} \quad (4.10)$$

หรือ

$$MFE = \frac{\sum(A_t - F_t)}{n} \quad \text{.....} \quad (4.11)$$

เมื่อ A_t แทนค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual)

F_t แทนค่าพยากรณ์ (forecast) ด้วยวิธี GAs

4.4.2.2 การหาค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviaton: MAD) คือ การหาค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างปริมาณสำรองเงินสดที่ทำการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มก่อน จากนั้นหาผลรวมความแตกต่างของแต่ละตู้เอทีเอ็มเข้าด้วยกัน และหารด้วยจำนวนตู้เอทีเอ็มทั้งหมดเพื่อหาค่าค่าเฉลี่ย สามารถหาได้จากสมการ 4.12, 4.13

$$MAD = \frac{\sum|(\text{ActualData} - \text{Forcast})|}{\text{ATMnumber}} \quad \text{.....} \quad (4.12)$$

หรือ

$$MAD = \frac{\sum|(A_t - F_t)|}{n} \quad \text{.....} \quad (4.13)$$

4.4.2.3 การหาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) คือการหาผลต่างระหว่างปริมาณสำรองเงินสดที่ทำการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริงของการถอนเงินจากตู้เอทีเอ็มก่อนและรวมผลต่างยกกำลังสองหารด้วยขนาดของตัวอย่าง ดังสมการที่ 4.14, 4.15

$$MSE = \frac{\sum(\text{ActualData} - \text{Forcast})^2}{\text{ATMnumber}} \quad \text{.....} \quad (4.14)$$

หรือ

$$MSE = \frac{\sum(A_t - F_t)^2}{n} \quad \text{.....} \quad (4.15)$$

เมื่อ A_t แทนค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual)

F_t แทนค่าพยากรณ์ (forecast) ด้วยวิธี GAs

4.4.2.4 การหาค่ารากที่สองของค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) คือ การประเมินความแม่นยำของค่าพยากรณ์ด้วย GAs กับค่าของข้อมูลแท้จริง ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความแม่นยำมาก วิธีการหาค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หาได้จากสมการที่ 4.16

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(A_t - F_t)^2}{n}} \quad \text{.....} \quad (4.16)$$

4.4.2.5 การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) หาได้จากสมการที่ 4.17

$$MAPE = \frac{\sum(|(A_t - F_t)|/A_t) \times 100}{n} \quad \text{.....} \quad (4.17)$$

4.4.2.6 ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: EI) คือ ค่าที่แสดงถึงความแม่นยำของการพยากรณ์ ค่า EI หากยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง จะมีความแม่นยามากยิ่งขึ้น ค่า EI ควรมากกว่า 0.70 (สถาบันพัฒนาการชลประทาน, 2551) หาได้จากสมการที่ 4.18

$$EI = \frac{\sum(T_i - \bar{T})^2 - \sum(T_i - O_i)^2}{\sum(T_i - \bar{T})^2} \quad \text{.....} \quad (4.18)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ T_i แทนข้อมูลแท้จริงที่ลูกค้าถอนเงินออกจากตู้เอทีเอ็ม
$\bar{T}$ แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลแท้จริง
O_i แทนข้อมูลที่พยากรณ์ด้วย GAs

4.4.2.7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และสัมพันธ์กันอย่างไร ความสัมพันธ์อาจเป็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือทิศทางตรงข้ามกัน ความสัมพันธ์ของตัวแปรและทิศทางของความสัมพันธ์นั้นสามารถทราบได้จากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation : γ) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ค่าสูงสุดมีค่าเป็น 1 ซึ่งตีความหมายได้ว่าตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และถ้าค่าสัมพันธ์มีค่าเป็น 0 แสดงว่าได้ว่าตัวแปรนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดัคโมเมนต์ (Person Product Moment Correlation Coefficient) เป็นการวัดความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ชุด เมื่อตัวแปรทั้งสองชุดนั้นเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Data) หรือเป็นข้อมูล อันตรภาคชั้นหรืออัตราส่วน สูตรในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดัคโมเมนต์ ดังสมการที่ 4.19

$$\gamma = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad \text{.....} \quad (4.19)$$

เมื่อ γ แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X, Y
X แทนตัวแปรที่ 1
Y แทนตัวแปรที่ 2
n แทนจำนวนตัวอย่าง

การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ หรือจำนวนข้อมูลต่างๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่างๆ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8: ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่า	ความหมาย
ค่าบวก (+), ค่าเข้าใกล้ 1, ค่าเท่ากับ 1	มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน, มีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกัน, มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ในทิศทางเดียวกัน
ค่าลบ (-), ค่าเข้าใกล้ -1, , ค่าเท่ากับ 1	มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้าม, ความสัมพันธ์กันมากในทิศทางตรงกันข้าม, มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ในทิศทางกันข้าม
ค่าเข้าใกล้ศูนย์ (0)	มีความสัมพันธ์กันน้อย
ค่าเท่ากับศูนย์ (0)	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากการวิเคราะห์ความคาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยวิธีหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) และค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีการปัจจุบันกับการพยากรณ์ (อ้างอิงจากภาคผนวก ตารางผนวกที่ ค-15 ถึง ตารางผนวกที่ ค-17) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9 และของการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง (อ้างอิงจากภาคผนวก ตารางผนวกที่ ค-18 ถึง ตารางผนวกที่ ค-19) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9: แสดงความคาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาดของวิธีการปัจจุบันกับข้อมูลแท้จริง

เดือน	เกณฑ์ความผิดพลาด		
	MAPE	MAD	MSE
มกราคม	149.6653	108,960.7743	569,438,536,208.9120
กุมภาพันธ์	158.4000	115,213.6596	575,967,207,969.3210
มีนาคม	319.6219	116,423.7400	641,544,289,474.0680
รวม	627.6872	340,598.1700	1,786,950,033,652.3000

ตารางที่ 4.10: แสดงความคาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาดของการพยากรณ์กับข้อมูลแท้จริง

เดือน	เกณฑ์ความผิดพลาด		
	MAPE	MAD	MSE
มกราคม	19.2608	17,843.7546	25,234,301,577.7940
กุมภาพันธ์	17.0114	16,214.3901	18,153,168,685.1717
มีนาคม*	102.3508	19,257.7064	46,340,587,962.0161
รวม	138.6231	53,315.8500	89,728,058,224.9800

หมายเหตุ * หมายถึง มีตู้เอทีเอ็มบ้างตู้ที่ยกเลิกการให้บริการทำให้เกิดค่าผิดพลาดสูงกว่าปกติ

ตารางที่ 4.11: แสดงความแตกต่างของวิธีการปัจจุบันกับวิธีของ GAs

เดือน	เกณฑ์ความผิดพลาด		
	MAPE	MAD	MSE*
มกราคม	130.4045	91,117.0197	544,204,234,631.1180
กุมภาพันธ์	141.3886	98,999.2695	557,814,039,284.1490
มีนาคม	217.2711	97,166.0336	595,203,701,512.0520
รวม	489.0641	287,282.3200	1,697,221,975,427.3200

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าผิดพลาดไม่ได้สะท้อนความเป็นจริงเนื่องจากขนาดตัวอย่างเล็กเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

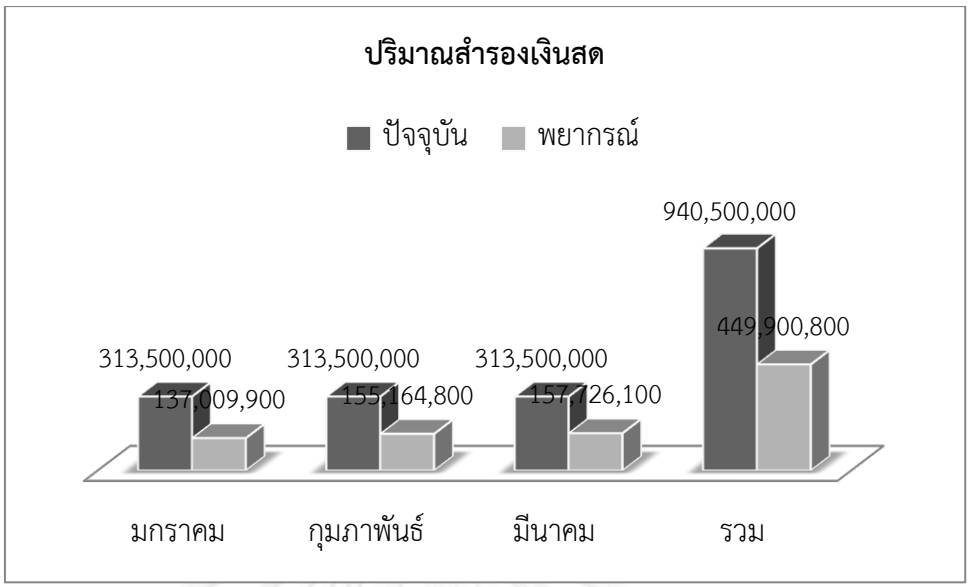
บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย อภิปลายผล และข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบประสิทธิผลของอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (GAs) สำหรับปัญหาการจัดการเงินคงคลังของศูนย์เอทีเอ็ม โดยใช้ข้อมูลของธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน) พบว่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี กล่าวคือ การเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มในแต่ละครั้งเหมาะสมกับพฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าและช่วงเวลาที่กำหนดทำให้ลดต้นทุนในการดำเนินการไปได้ อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการประมวลผลด้วยอัลกอริทึมนี้ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มาก ค่าของพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นนี้อาจมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหา ซึ่งในการศึกษาต่อไปควรจะมีการพิจารณาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทนี้ต่อไป

GAs เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบให้กับระบบ เพื่อจัดการปัญหาเงินคงคลังของศูนย์เอทีเอ็มให้มีค่าเหมาะสมหรือค้นหาค่าน้อยที่สุด (Minimization Problem) ซึ่งนำไปใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจของธนาคารต่อไป

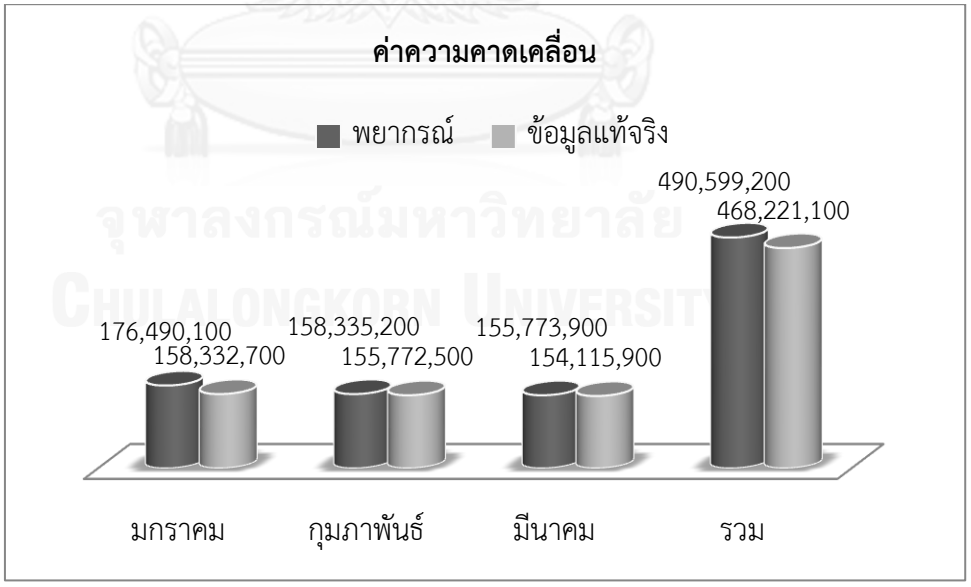
5.1 **สรุปผลงานวิจัย**

จากการพยากรณ์การสั่งเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มด้วยวิธี GAs กำหนดขนาดของประชากร 35,000 ตัวอย่าง จำนวนรอบในการลู่เข้าหาคำตอบ 100 รอบ การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ด้วยวิธีกำหนดค่าความเหมาะสมอย่างเป็นบรรทัดฐานเชิงเส้น (Linear Normalization Fitness Function) การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) เป็นการคัดเลือกแบบจัดการแข่งขัน (Tournament Selection) และใช้การปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) ด้วยการทำครอสโอเวอร์ (Crossover) แบบจุดเดียว (Single-Point Crossover) มิวเทชัน (Mutation) แบบจุดเดียว และการแทนที่ (Replacement) เป็นการแทนที่ประชากรทั้งรุ่น (Generational GAs) โดยนำมาใช้กับตู้เอทีเอ็มตามเส้นทาง (Route) ของจังหวัดนครปฐมที่มีตู้เอทีเอ็มจำนวน 37 ตู้ จากการพยากรณ์ล่วงหน้าด้วยวิธี GAs ระยะเวลา 1 ไตรมาสนั้น พบว่าธนาคารสามารถลดปริมาณการสำรองเงินสดลงมาได้เกือบร้อยละ 50 คือ 43.7033% 49.4944% และ 50.3114% สำหรับการเติมเงินสดของเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2557 ตามลำดับ หรือเฉลี่ยทั้งไตรมาสคิดเป็น 47.8363%



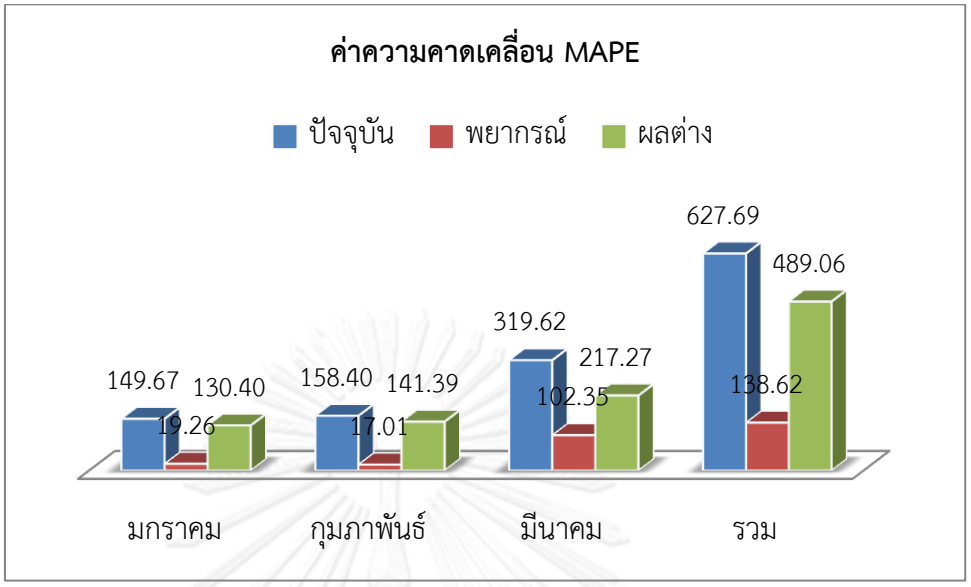
รูปที่ 5.1: การลดลงของปริมาณสำรองเงินสด

จากการคำนวณค่าความผิดพลาด (Error) จากการพยากรณ์ ด้วยวิธีหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ที่ต้องการให้ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์มีค่าน้อยที่สุด โดยวิเคราะห์ความคาดเคลื่อนของข้อมูลจากการพยากรณ์เทียบกับข้อมูลการถอนเงินที่เกิดขึ้นจริง พบว่า ความคาดเคลื่อนที่ได้อยู่ในระดับต่ำ คือ 19.2608% 17.0114% และ 102.3508% สำหรับเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2557 ตามลำดับ หรือเฉลี่ยทั้งไตรมาสคิดเป็น 138.6231%



รูปที่ 5.2: ค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์

ความคาดเคลื่อนลดลงจากวิธีการที่ธนาคารใช้อยู่ในปัจจุบันสูงถึง 130.4045% 141.3886% และ217.2711% สำหรับเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2557 ตามลำดับ หรือเฉลี่ยทั้งไตรมาสคิดเป็น 489.0641%



รูปที่ 5.3: การลดลงของค่าความผิดพลาดแบบ MAPE

หากวิเคราะห์ในภาพรวมแล้วสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการเติมเงินเอทีเอ็มที่เหมาะสมได้ผลลัพธ์ดีมาก ทำให้ธนาคารสามารถประหยัดเงินที่ต้องสูญเสียไปโดยไร้ประโยชน์ เพราะการพยากรณ์มีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง

5.2 **อภิปลายผลงานวิจัย**

การพยากรณ์หาค่าที่เหมาะสมสำหรับเติมเงินสดในตู้เอทีเอ็มด้วยวิธีของ GAsนั้น ระบบจะลู่เข้าหาคำตอบของเดือนเดียวกันของปีก่อนหน้าและเดือนก่อนหน้า 1 เดือนที่ต้องการพยากรณ์ หากเดือนก่อนหน้าเป็นเดือนที่มีวันหยุดติดต่อกันหลายวันและเป็นช่วงเทศกาลสำคัญ เช่น เมษายน ธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเทศกาลสงกรานต์ และปีใหม่ ก็จะทำให้การหาค่าที่เหมาะสมมีค่าสูงกว่าปกติ ส่งผลต่อความคาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในเดือน พฤษภาคม และมกราคม ที่จะมีค่าสูงตามมาด้วย ถ้าต้องการปรับลดความคาดเคลื่อนลงมาอาจจะต้องให้ระบบลู่เข้าหาคำตอบของก่อนหน้าถึง 2 เดือนจากเดือนปัจจุบันที่ต้องการพยากรณ์

การพยากรณ์ด้วยวิธีของ GAs เป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า ดังนั้นคำตอบที่ได้จะถูกคำนวณออกมาก่อนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจริง และถ้าเหตุการณ์จริงหากตู้เอทีเอ็มของธนาคารหยุดให้บริการในระหว่างเดือนด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น น้ำท้วม ถูกโจรกรรม เครื่องเสีย บรษัทขนส่งเงินสดเติมเงินไม่ทัน เป็นต้น และส่งผลต่อความคาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของตู้ที่หยุดให้บริการนั้นๆ มีค่าสูง รวมทั้งส่งผลในภาพรวมของศูนย์เติมเงินเอทีเอ็มมีค่าสูงตามไปด้วย

ในช่วงของการพยากรณ์เพื่อหาคำตอบ หากตู้เอทีเอ็มยังไม่เปิดให้บริการในช่วงนั้น แต่เปิดให้บริการในช่วงเหตุการณ์จริง ตัวอย่างเช่น ตั้งแต่เดือนมกราคม-กรกฎาคม 2556 เครื่องเอทีเอ็มหมายเลข TP19B065B950P073 ยังไม่เปิดให้บริการ และเปิดให้บริการในเดือนสิงหาคม 2556 เป็น

ต้นมา และส่งผลต่อความคาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของตู้ที่เปิดให้บริการนั้นๆ มีค่าสูง เนื่องจากระบบจะลู่เข้าหาคำตอบของเดือนมกราคม 2556 และธันวาคม 2556 ก่อน หากต้องการพยากรณ์การเติมเงินสดของเดือนมกราคม 2557

5.3 **ข้อเสนอแนะ**

1) งานวิจัยนี้เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับตู้เอทีเอ็มของธนาคารธนาชาต จำกัด (มหาชน) ตามเส้นทางของจังหวัดนครปฐมเท่านั้น หากนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับตู้เอทีเอ็มตามเส้นทางอื่น จะต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น ต้นทุนในการสั่งเติมเงิน ระยะเวลาในการสั่งเติมเงินในแต่ละครั้ง รวมทั้งการนำเงินไปลงทุนด้านอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า มาประกอบด้วย

2) หากนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับตู้เอทีเอ็มต่างธนาคาร ระยะเวลาในการสั่งเติมเงินแต่ละครั้ง จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ฐานบัตรเอทีเอ็ม จำนวนตู้เอทีเอ็มที่เปิดให้บริการ ขนาดขององค์กร รวมทั้งชื่อเสียงของธนาคารด้วย

3) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการเติมเงินที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าในแต่ละเดือน ดังนั้นธนาคารควรปรับเปลี่ยนวิธีการเติมเงินให้เป็นส่วนย่อยลงที่ใกล้เคียงกับการคำนวณของระบบ เช่น ระบบคำนวณได้ 5,945,600 บาท ธนาคารควรจะสั่งให้เจ้าหน้าที่ขนส่งภายนอกนำเงินไปเติมที่ตู้เอทีเอ็มจำนวน 5,945,600 บาท แต่ที่ผ่านมาธนาคารจะใช้วิธีเติมเงินครั้งละ 6,000,000 5,000,000 4,000,000 บาท ทำให้ยังมีส่วนต่างไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

4) การลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสม จะพิจารณาจากสมมติฐานที่ว่า พฤติกรรมการถอนเงินของลูกค้าในอนาคตจะใกล้เคียงกับการถอนเงินในอดีตที่ผ่านมา เช่น การถอนเงินของเดือนมกราคม 2557 จะพฤติกรรมการถอนเงินใกล้เคียงกับเดือนมกราคม 2556 หากตั้งสมมติฐานเป็นอย่างอื่นการลู่เข้าสู่คำตอบที่ได้อาจจะเหมาะสมหรือไม่ก็ได้

5) การลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมที่ระบบคำนวณออกมานั้นมีทั้งค่าบวกและค่าลบ ค่าบวกหมายถึงการสั่งเติมเงินในตู้เอทีเอ็มมากกว่าความต้องการของลูกค้า (เงินเกิน) ค่าลบหมายถึงการสั่งเติมเงินในตู้เอทีเอ็มน้อยกว่าความต้องการของลูกค้า (เงินขาด) โดยเมื่อนำระบบไปใช้งานจริงจะต้องไม่มีเงินขาดเพราะจะส่งผลต่อภาพลักษณ์ของธนาคาร ดังนั้นการใช้ Monitoring ของทีมงานยังมีความจำเป็นอยู่

6) การนำเงินส่วนเกินไปลงทุนด้านอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการฝาก Ultra Saving ได้รับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.20 ต่อปี จะทำให้ธนาคารมีรายได้เพิ่มขึ้นส่งผลต่อพิจารณาระยะเวลาในการเติมเงินในแต่ละครั้งที่เร็วขึ้น

7) ระยะเวลาที่เหมาะสมของการพยากรณ์ล่วงหน้า (Forecast) คือ 10 วัน ใช้สำหรับการเติมเงินช่วงปกติเท่านั้น หากเดือนใดเป็นช่วงเทศกาลและมีวันหยุดติดต่อกันหลายวัน จะต้องพิจารณาเติมเงินมากกว่าปกติ

รายการอ้างอิง

[1] อภิชัย ฤตวิรุฬห์, กรกฎาคม 2555. กำหนดการเชิงเส้นและกำหนดการจำนวนเต็มและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร (Linear Programming and Integer Programming and Their Applications in Agro-Industry). 214 หน้า. ISBN 978-974-253-297-0

[2] เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์, 2555. การจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Simulation). 198 หน้า. ISBN 978-974-03-2974-9

[3] สุทธิมา ชำนาญเวช, ตุลาคม 2555. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis). 516 หน้า. ISBN 978-616-7136-44-8

[4] อำพล ธรรมเจริญ, พฤศจิกายน 2555. กำหนดการเชิงเส้นเบื้องต้น. 105 หน้า. ISBN 978-974-04-9005-0

[5] หนังสือรวมบทความ, กันยายน 2554. National Operations Research Conference 2011 (OR-Net 2011). Silpakorn University. 70-74 หน้า. แหล่งสืบค้นข้อมูล http://as.nida.ac.th/ornet_/ORNET2011/11paper/PrefaceAndAll/ORnet2011ProceedingAll.pdf

[6] วารสารรวมบทคัดย่อการนำเสนอผลงาน, กันยายน 2555. National Operations Research Network Conference 2012. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 43 หน้า. ISBN 978-974-456-727-7. แหล่งสืบค้นข้อมูล http://as.nida.ac.th/ornet_/ORNET2012/Abstract_of_OR-NET_2012.pdf

[7] http://www.e-jmds.com/upload/paper/paper6.pdf

[8] การประชุมสัมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 7, 2550. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. แหล่งสืบค้นข้อมูล http://www.logisticscorner.com/Docfiles/research/journal/Jiranan_Journalgtt2007.pdf

[9] Rimvydas Simutis, Darius Dilijonas, Lidija Bastina, Josif Friman, Pavel Drobinov., March 2007. Optimization of Cash Management for ATM Network. ISSN 1392 – 124X INFORMATION TECHNOLOGY AND CONTROL, Vol.36, No.1A. แหล่งสืบค้นข้อมูล http://itc.ktu.lt/itc361/Simutis361.pdf

[10] Rajni Pamnani, Pramila Chawan, Satish Salunkhe., Object Oriented UML Modeling for ATM Systems. Department of computer technology. VJTI University, Mumbai. แหล่งสืบค้นข้อมูล
http://www.rimtengg.com/iscet/proceedings/pdfs/se/74.pdf

[11] ธนาคารแห่งประเทศไทย, สถิติ.จำนวนบัตรพลาสติก. แหล่งสืบค้นข้อมูล
http://www.bot.or.th/Thai

[12] ธนาคารกสิกรไทย, บริการธนาคารทางเอทีเอ็มกสิกรไทย. แหล่งสืบค้นข้อมูล
http://www.kasikornbank.com

[13] ธนาคารธนชาต, เงินฝากออมทรัพย์. แหล่งสืบค้นข้อมูล
http://www.thanachartbank.co.th

[14] http://windows.microsoft.com/th-th/windows7/introduction-to-computers

[15] Thai Library Integrated System, สืบค้น. วิทยานิพนธ์/Thesis. แหล่งสืบค้นข้อมูล
http://www.thailis.or.th/tdc/ or http://dcms.thailis.or.th/tdc/ or
http://tdc.thailis.or.th/tdc/

[16] http://www.gartner.com

[17] Intranet of Thanachart, 31 สิงหาคม 2556. ข้อมูลเครื่องเอทีเอ็ม.
http://intraweb/internal/Intranet3.htm

[18] G4S Cash Solutions (Thailand) Limited, Cash Centre Management Service. แหล่งสืบค้นข้อมูล http://www.g4s.co.th/en-TH/

[19] ผศ.ดร. ปริญญา สงวนสัตย์, 2556. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. 492 หน้า. ISBN 978-616-200-358-5

[20] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และคณะ, สิงหาคม 2555. พื้นฐานแมทแลบ MATLAB fundamentals. 255 หน้า. ISBN 978-974-03-2876-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลักษณะพื้นฐานของแมทแลบ (Matlab)

แมทแลบ (Matlab) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ได้รับการพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานแบบแมตริกซ์ เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถหลายอย่างทั้งด้านการประมวลผลการคำนวณ การแสดงผลกราฟและรูปภาพที่มีประสิทธิภาพ ควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งอีกทั้งยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรม มีฟังก์ชันที่เหมาะสมกับวิศวกรรมพื้นฐานให้เลือกใช้มากมาย นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถพัฒนาฟังก์ชันขึ้นมาใหม่ให้เหมาะสมกับการใช้งานส่วนตัวได้ แมทแลบมี toolbox หรือชุดฟังก์ชันพิเศษสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานเฉพาะทางหรืองานด้านวิศวกรรมขั้นสูงอื่นๆ รวมทั้งสามารถทำเชื่อมเข้ากับโปรแกรมอื่นๆ ทั้ง Word, Excel หรืออื่นๆ ที่ร่วมทำงานบน Windows ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบของโปรแกรมแมทแลบ (Matlab Program)

- **Desktop Tools** บริบทของแมทแลบ หน้าต่างแมทแลบ เมนูและแถบเครื่องมือต่างๆ ที่สำคัญดังนี้
  - Command Window : เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับกำหนดตัวแปร ป้อนคำสั่ง และรันโปรแกรม
  - Start Button and Launch Pad
  - Help Browser
  - Current Directory : เป็นหน้าต่างที่ใช้แสดงไฟล์ที่กำลังเปิดใช้งานอยู่ใน directory ปัจจุบัน
  - Workspace : เป็นหน้าต่างที่แสดงรายละเอียดของตัวแปรใน Workspace ที่สร้างหรือโหลดมาจากไฟล์
  - Editor/Debugger
  - Command History : เป็นหน้าต่างที่ใช้แสดงคำสั่งที่เคยถูกป้อนก่อนหน้าหรือที่ผ่านมา

สำหรับพื้นที่ทำงานแมทแลบ (Matlab Desktop) จะแบ่งพื้นที่ทำงานออกเป็นหน้าต่างย่อยๆ ดังแสดงในรูปผนวกที่ ก.1

- **Some Application of MATLAB**
  - All examples in MALAB Demos (Help menu)
  - Graphic -> 3-D surface plots

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Graphic -> Volume visualization
- Graphic -> Vibrating logo
- Graphic -> Visualizing sound
- More demos -> Bending truss
- More demos -> Quaternion rotation
- More demos -> Traveling salesman

การเรียกใช้งานเครื่องมือของจีนิติกอัลกอริทึม (GA Toolbox)

งานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือ (Tool) ที่มีอยู่ในแมทแลบ (Matlab) ทำการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนด โดยใช้ GA Toolbox ที่มีอยู่ในแมทแลบเวอร์ชัน 7.10.0 (MATLAB 7.10.0 (R2010a)) ซึ่งมีขั้นตอนในการเรียกใช้งานเครื่องมือดังกล่างดังนี้

1. เลือก Start
2. เลือก Toolboxes
3. เลือก More...
4. เลือก Global Optimization
5. เลือก Optimization Tool (optimtool)

สำหรับขั้นตอนการเรียกใช้งานให้ดูรูปผนวกที่ ก.2 ประกอบ และเมื่อเข้าสู่หน้าต่าง Optimization Tool จะพบส่วนประกอบของเครื่องมือ 2 ส่วนหลักๆ คือ Problem Setup and Results ด้านซ้ายมือ และ Options ด้านขวามือ ดังแสดงในรูปผนวกที่ ก.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : ราชวณิชย์ ชำนาญ

ชื่อวิทยานิพนธ์ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดการเงินคงคลังที่เหมาะสมสำหรับศูนย์เติมเงินเอทีเอ็ม

สาขาวิชา : วิศวกรรมวิศวกรรมซอฟต์แวร์

ประวัติการศึกษา :

- จบการศึกษาปริญญาตรี พ.ศ. 2538 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- จบการศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต-นักบริหาร (Executive MBA) พ.ศ. 2550 สาขาการจัดการทั่วไป (General Mamagement) คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
- จบการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต พ.ศ. 2552 สาขาการเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (Energy Technology and Mamagement) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน :

- ธนาคารธนชาต จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2544 – ปัจจุบัน
- ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2539 – 2542

สถานที่ติดต่อ :

เลขที่ 630/162 หมู่บ้านเจริญกรุงคอนโด ซอยเจริญกรุง109 ถนนเจริญกรุง แขวงบางคอแหลม เขตบางคอแหลม จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10120

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University