

การศึกษาเส้นทางเดินรถขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรม
A Study of ATM Cash Replenishment Routing Optimization
with the Consideration of Larceny

ชูศักดิ์ พรสิงห์¹ ธนาธร เกรอด¹ และ ทองแท่ง ทองลิ้ม^{2*}

Choosak Pornsing¹ Thanathorn Karot¹ and Tongtang Tonglim^{2*}

¹หน่วยวิจัยการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹Engineering Management Research Unit, Department of Industrial Engineering and Management,
Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

²สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี

²Department of Manufacturing Technology, Faculty of Industrial and Technology,
Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi

*E-mail: tonglim123@hotmail.com

Received: Feb 3, 2018

Revised: Jun 14, 2018

Accepted: Jul 07, 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรม ซึ่งจัดเป็นปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมน โดยเริ่มจากการศึกษาสภาพการเดินรถปัจจุบัน ความเสี่ยง และข้อจำกัดในพื้นที่ของสถาบันการเงินตัวอย่าง หลังจากนั้นได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีการเพิ่มค่าปรับเข้าไปในขั้นตอนวิธีการแบบประหลาด เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสม ด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาโดยเลือกใช้ภาษา Visual Basic.net ให้มีชื่อว่า ROAR-T แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ การตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยนี้ พบว่า โปรแกรม ROAR-T สามารถช่วยลดระยะทางในการเดินรถขนส่งได้มากกว่าการตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ และยังพบว่าหากเลือกการพิจารณาลดปัจจัยด้านความเสี่ยงจากการโจรกรรมจะทำให้ระยะทางในการเดินรถขนส่งเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การจัดเส้นทาง เส้นทางเดินรถขนส่งธนบัตร ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน ขั้นตอนวิธีการแบบประหลาด,

Abstract

In this paper, we propose the ATM cash replenishment routing optimization with the consideration of larceny that developed as traveling salesman problem. We study present route, risk, and restriction of bank's area, then we apply the penalty cost into saving algorithm for determine the optimized routing with ROAR-T that created by Visual Basic.net. The result indicate performance of optimization model can reduce distance better than Expert's decision. On the other hand if we consider the larceny factor, it effect to increase the distance.

Keyword: Vehicle Routing, ATM Cash Replenishment Routing, Traveling Salesman Problem, Saving Algorithm

1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการทำธุรกรรมการเงินผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “ตู้เอทีเอ็ม (ATM)” นั้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในไตรมาส 2 ของปี 2560 ที่จำนวนการทำธุรกรรมผ่านทางตู้เอทีเอ็มมากถึง 969.1 ล้านรายการ นับเป็นมูลค่า 82.8 ล้านล้านบาท [1] จากจำนวนตู้เอทีเอ็มทั่วประเทศจำนวน 51,765 เครื่อง [2] จึงทำให้ปริมาณการใช้รถขนส่งธนบัตรเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

อย่างไรก็ตาม รถขนส่งธนบัตรเหล่านี้ยังไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการโจรกรรม ซึ่งสามารถทราบได้จากข่าวสารเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2550 รถขนส่งธนบัตรของบริษัท แคมโก้ จำกัด โดนปล้นบริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาเทคโนโลยีฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร สูญเสียมูลค่ากว่า 22,863,000 บาท [3] และในวันที่ 12 กรกฎาคม 2551 บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ จังหวัดขอนแก่น รถขนส่งธนบัตรของบริษัท แคมโก้ จำกัด ยังได้ถูกปล้นเงินสดไปจำนวน 11,980,000 บาท นอกจากนี้ [4] ในวันที่ 20 มกราคม 2552 บริษัทดังกล่าวยังโดนปล้นบริเวณห้างเทสโก้โลตัส เทพประสิทธิ์ จังหวัดชลบุรี ได้เงินไป 5,000,000 บาท ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีข่าวสารของวันที่ 17 กันยายน 2555 ว่ามีการปล้นรถขนส่งธนบัตรของบริษัท กรุงเทพเซอร์เว็กซ์ จำกัด ณ บริเวณหน้าห้างเทสโก้โลตัส บางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้เงินไปทั้งหมด 15,950,000 บาท [5] และวันที่ 15 พฤศจิกายน 2556 เกิดเหตุปล้นรถขนส่งธนบัตรของธนาคารกรุงไทย สาขาบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้เงินไป 4,000,000 บาท [6] จากเหตุการณ์ดังกล่าว ลูกถามมาถึงภาพลักษณ์และความเชื่อมั่นของประชาชนต่อธนาคารนับ 10 ปี มาแล้ว ทางบริษัทรับจ้างขนส่งธนบัตรของธนาคารหลายแห่ง จึงมีวิธีการขนส่งธนบัตรในแต่วันจะต้องใช้เส้นทางที่ไม่ซ้ำกัน และเป็นปัญหาทำให้ต้นทุนการขนส่งมีค่าสูงขึ้นเพราะไม่สามารถใช้เส้นทางการเดินทางที่ประหยัดที่สุดได้ทุกวัน

จากการศึกษาเหตุการณ์การโจรกรรมดังกล่าว ซึ่งเป็นปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรที่คำนึงถึงความปลอดภัยและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และเป็นเส้นทางเดินทางหนึ่งคันจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดต่าง ๆ จุดละหนึ่งครั้ง โดยไม่มีการย้อนกลับไปกลับ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ในทางศาสตร์การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) เรียกว่า “ปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมน” (Traveling Salesman Problem: TSP) [7] ยิ่งไปกว่านั้นปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมนยังเป็นปัญหาแบบ NP-hard (Nondeterministic Polynomial Time Problem-hard) ซึ่งเป็นปัญหาที่ยากและไม่สามารถแก้ไขได้โดยใช้เวลาแบบโพลิโนเมียลได้ (Polynomials Time) [8] ต้องใช้วิธีการอื่น ๆ ในการหาคำตอบ เช่น วิธีการ cutting plane algorithm วิธีการ branch and bound เป็นต้น โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ของปัญหาการเดินทางของเซลส์แมนในกรณีไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรสามารถเขียนได้ดังนี้
ดัชนีของแบบจำลองคณิตศาสตร์

$$i, j \text{ ลูกค้ารายที่ } i \text{ หรือ } j \quad \forall i, j \in \{1, \dots, k\}$$

พารามิเตอร์

C_{ij} ต้นทุนในการเดินทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า

j

k จำนวนลูกค้า

S จำนวนลูกค้าที่อยู่ในเส้นทาง

V จำนวนลูกค้ารวมทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{เมื่อไม่มีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \end{cases}$$

สมการเป้าหมาย

$$\begin{aligned} \text{Min. } Z \\ = \sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \end{aligned} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} = 1, \quad \forall j \in \{1, \dots, k\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^k X_{ij} = 1, \quad \forall i \in \{1, \dots, k\} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij} \\ \leq |S| - 1, \end{aligned} \quad \begin{aligned} S \cup V, 2 \leq |S| \\ \leq k - 2 \end{aligned} \quad (4)$$

สมการที่ (1) ต้นทุนการเดินทางจากเมือง i ไปยังเมือง j

สมการที่ (2) การเดินทางจากเมือง i ต้องเท่ากับ 1 และสามารถเดินทางออกจากเมือง i ได้เพียงครั้งเดียว

สมการที่ (3) การเดินทางเข้ามายังเมือง i

สมการที่ (4) เป็นการกำหนดสมการป้องกันการเดินทางย่อยหรือการเดินทางไปไม่ครบเมือง

จากการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจของ Vaishnav P. และคณะ [9] พบว่า ปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมน (Traveling Salesman Problem) สามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการฮิวริสติกส์ทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm: GA) ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้โดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพียงแค่บางตัว นอกจากนี้ Arnesen, M. J. และคณะ [10] ยังได้มีการศึกษาปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมนสำหรับกรณีศึกษาของบริษัทขนส่งสารเคมีโดยการนำเสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ Time Windows and Draft Limits (TSPPD-TWDL) และใช้ขั้นตอนวิธีการแบบ Dynamic Programming (DP) ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดยิ่งไปกว่านั้น ขั้นตอนวิธีการ Neural Network ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาคำตอบของรถขนส่งที่เกี่ยวกลับ (Backhauling) ซึ่งจัดเป็นปัญหาแบบการเดินทางแบบเซลส์แมน โดย Ghaziri H. และคณะ [11] และจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระเบียบขั้นตอนวิธีการแบบประหยัด (Salving Algorithm) ยังสามารถนำมาค้นหาคำตอบของปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมนสำหรับเด็กที่เดินทางเข้ามาทำการรักษาของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง นำเสนอโดย McDowell K. M. และคณะ [12] ซึ่งสามารถลดระยะการเดินทางอันส่งผลต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างเหมาะสมที่สุด อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับการวิจัยนี้

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำขั้นตอนวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการเดินทางแบบเซลส์แมน (Traveling Salesman Problem) เพื่อศึกษาและจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมของกรณีศึกษาจริงกับสถาบันการเงินแห่งหนึ่งในประเทศไทย

2. วิธีการและเครื่องมือวิจัย (Research Instrument and Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาคำนวณเส้นทางเดินทางขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรม ซึ่งเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน ความเสี่ยง และข้อจำกัดในพื้นที่ของสถาบันการเงินตัวอย่าง หลังจากนั้นได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแบบจำลองยังได้นำไปเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญที่ปฏิบัติงานที่ขนส่งธนบัตรในปัจจุบัน

2.1 การศึกษาปัญหาของสถาบันการเงินตัวอย่าง

การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับปัญหาของสถาบันการเงินตัวอย่างพบว่า บริษัทขนส่งธนบัตรดังกล่าวมีการเลือกใช้เส้นทางเดินทางในแต่ละวันโดยใช้ประสบการณ์และความรู้สึกของเจ้าหน้าที่เป็นผู้นำกำหนด จึงไม่มีทฤษฎีและโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจเพื่อเลือกเส้นทางเดินทางขนส่งธนบัตรมาอ้างอิงแต่อย่างไร ซึ่งแผนที่การเดินทางและตารางระยะทางของกรณีศึกษาได้แสดงดังรูปที่ 1 (Figure 1) และตารางที่ 1 (Table 1) ตามลำดับ



Figure 1 ATM Cash Replenishment Routing

Table 1 Distance for the case study (Kilometer; Km.)

De pot	บ ริ ษั ท	ปริ ม ณ (บา ท) 300, 350, 400, 350, 300, 400, 300, 500, 250, 300, 350, 400, 300, 350, 400, 300															
		000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000
De pot	บ ริ ษั ท	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		ตู้ A	ตู้ B	ตู้ C	ตู้ D	ตู้ E	ตู้ F	ตู้ G	ตู้ H	ตู้ I	ตู้ J	ตู้ K	ตู้ L	ตู้ M	ตู้ N	ตู้ O	ตู้ P
De	บ	0	1.12	11	14	16	23	27	31	31	29	25	32	32	33	38	51
pot	ริ																
1	ษั		0	12	15	17	19	24	31	32	29	26	28	29	29	34	47
2	ท			0	7	7	29	34	21	22	19	16	38	39	39	44	57
3	ตู้				0	13	33	37	18	19	26	22	42	42	43	48	61
4	ตู้					0	37	42	18	19	16	13	32	47	47	52	65
5	ตู้						0	6	49	50	47	44	18	19	24	23	42
6	ตู้							0	54	55	52	48	23	24	24	23	42
7	ตู้								0	0.83	5	10	52	52	53	58	71
8	ตู้									0	4	8	51	52	53	58	71
9	ตู้										0	7	56	57	58	63	76
10	ตู้											0	53	53	54	59	72
11	ตู้												0	6	27	26	24
12	ตู้													0	23	22	20
13	ตู้														0	5	17
14	ตู้															0	12
15	ตู้																0
16	ตู้																0

2.2 สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณเส้นทางการเดินรถ

ขนส่งรถบรรทุกที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรม การวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์ของขั้นตอนวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาคำนวณปัญหาการเดินทางของรถขนส่งรถบรรทุก โดยการเพิ่มค่าความเสี่ยงเข้าไปในสมการขั้นตอนวิธีการแบบประหยัดทั่วไป เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมดังแสดงในสมการที่ (5) เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำการเลือกว่าควรใช้เส้นทางนั้นหรือไม่

$$S_{ij} = (C_{ij} - P_{ij}) - (C_{1i} - P_{1i}) + (C_{j1} - P_{1j}) \quad (5)$$

พารามิเตอร์

S_{ij}	ค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j
C_{1j}	ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า 1 และ j
P_{1j}	ค่าความเสี่ยงระหว่างจุด 1 และ j
C_{1i}	ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า 1 และ i
P_{1i}	ค่าความเสี่ยงระหว่างจุด 1 และ i
C_{ij}	ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j
P_{ij}	ค่าความเสี่ยงระหว่างจุด i และ j

สำหรับการวิจัยนี้ ได้แบ่งค่าความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับ คือน้อยต่ำกว่าร้อยละ 30 ปานกลางต่ำกว่าร้อยละ 70 และมากตั้งแต่ร้อยละ 71 ไปจนถึง 100 ซึ่งการแบ่งระดับความเสี่ยงสามารถวิเคราะห์ได้จากข้อมูลเชิงลึกของการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ จากข้อมูลเชิงลึกดังกล่าวยังทำให้ทราบได้ว่าระยะทางที่ผู้เชี่ยวชาญปฏิบัติหน้าที่ขนส่งธนบัตรมีการแปรผกผันกับค่าความเสี่ยงในการโจรกรรม ดังนั้น จึงต้องนำระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j มาลบกับค่าความเสี่ยงระหว่างจุด i และ j ตามที่ได้แสดงดังสมการที่ (5) ซึ่งในการคำนวณค่าความเสี่ยงที่หาได้จริงไปเทียบกับระยะทางในการขนส่งธนบัตรและจะได้ค่าความเสี่ยงออกมาที่มีหน่วยเป็นระยะทาง (กิโลเมตร) ยกตัวอย่างเช่น ระยะทาง 20 กิโลเมตร มีค่าความเสี่ยงที่ร้อยละ 75 จะได้ 20 คูณ 75หารด้วย 100 เท่ากับ 13 กิโลเมตร

2.3 ขั้นตอนวิธีการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรม
ขั้นตอนการสร้างผลเฉลยเริ่มต้นโดยใช้วิธีการ Saving Algorithm เพื่อคำนวณเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรเบื้องต้นสามารถเขียนแผนผังขั้นตอนวิธีการได้ดังรูปที่ 2 (Figure 2)

2.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรที่เหมาะสม
ในการเขียนโปรแกรมสำหรับการวิจัยนี้ ได้เลือกใช้ภาษา Visual basic.net ซึ่งการเขียนโปรแกรมต้องมีการวางลำดับขั้นตอนวิธีการทำงานของกรณีศึกษา มีการสร้างตรรกะ และสมการเพื่อใช้คำนวณหาเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมเพื่อให้ค้นหาคำตอบได้ถูกต้องโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาให้ชื่อว่า โปรแกรม ROAR-T สำหรับขั้นตอนวิธีการคำนวณเริ่มจากการใช้ Saving Algorithm ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกส์นำเสนอไว้โดย Clarke G. และ Wright J. W. [13] ซึ่งเริ่มต้นจากการเข้าสู่ระบบของโปรแกรม การรับจำนวนข้อมูล และความจุของรถขนส่งธนบัตร หลังจากนั้นนำเข้าข้อมูลเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2013 ลำดับต่อไปใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TRvrp เพื่อทำการเก็บข้อมูลในรูปแบบของอาเรย์สองมิติ $Fr(i,j)$ และแปลงข้อมูลเป็นเมตริกซ์แบบประหัตถ์บนอาเรย์สองมิติ $S(i,j)$ จากนั้นทำการจัดเรียงลำดับขนส่งโดยพิจารณาจากค่าประหัตถ์ แล้วทำการแบ่งจำนวนข้อมูลที่ถูกระเบียงให้กับรถขนส่งธนบัตรแต่ละคันโดยพิจารณาจากความจุที่สามารถบรรทุกได้ ขั้นสุดท้ายสร้างเป็นผลเฉลยเบื้องต้นในเซตคำตอบของอาเรย์สองมิติ $seq(i,j)$

กำหนดตัวแปร

c	จำนวนการวนลูป
$MaxATM$	จำนวนตู้ ATM ในเส้นทางทั้งหมด
m	ค่าปริมาตรสูงสุดของรถ
$Fr(i,j)$	อาเรย์สองมิติ เก็บข้อมูลระยะทางระหว่าง (i,j) ที่นำเข้าจาก Microsoft Excel
$v(i)$	ค่าปริมาตรของตู้ขนส่งธนบัตร (i)
$Sa(i,j)$	อาเรย์สองมิติ เก็บข้อมูล Saving Matrix
$r(i)$	เก็บลำดับตู้ขนส่งธนบัตร (i) ที่เรียงจากค่า Saving
$truck$	จำนวนรถขนส่งธนบัตร หรือเส้นทางที่ใช้ทั้งหมด
$seq(i,j)$	อาเรย์สองมิติ เก็บลำดับตู้ขนส่งธนบัตร (j) สำหรับรถขนส่งคันที่ (i)

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลของการวิจัยนี้จะแสดงเฉพาะคำตอบในรูปแบบตารางที่ได้ผลมาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผู้เชี่ยวชาญและโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลของการวิจัยนี้ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณจำนวนรถขนส่งธนบัตรและเส้นทางที่เหมาะสมได้แก่ (1) จำนวนเงินที่ขนส่ง (2) จำนวนตู้ ATM และ (3) ค่าความเสี่ยง

เมื่อผู้เชี่ยวชาญในการขนส่งธนบัตรเลือกชุดตัวเลขแบบสุ่มโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงานมาตัดสินใจ พบว่าผู้เชี่ยวชาญจะเลือกเส้นทางจากระยะทางระหว่างตู้ที่ใกล้กันและมักจะคำนึงถึงระยะทางในการเดินทางก่อนที่จะคำนึงถึงปัจจัยด้านความเสี่ยง ซึ่งจากการคำนวณเส้นทางการเดินทางขนส่งธนบัตรด้วยโปรแกรม ROAR-T พบว่า การค้นหาเส้นทางสามารถกำหนดให้มีการเลือกเส้นทางโดยการคำนึงถึงระยะทางหรือคำนึงถึงความเสี่ยงก่อน เพื่อความสะดวกของผู้ใช้งาน

ยิ่งไปกว่านั้น โปรแกรม RORA-T ที่นำมาใช้ในการคำนวณยังมีทฤษฎีทางวิศวกรรมมาอ้างอิงเส้นทางได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจากการทดสอบการเลือกเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญเทียบกับการเลือกเส้นทางโดยโปรแกรม พบว่า ถ้าหากจำนวนตู้ ATM น้อย ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่ในทางกลับกันหากจำนวนตู้ ATM มากขึ้น พบว่า การคำนวณหาเส้นทางโดยใช้โปรแกรม RORA-T มีความเหมาะสมมากกว่าเนื่องจากการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญมีข้อจำกัดในการคำนวณมากกว่าการคำนวณด้วยโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4 (Figure 4)

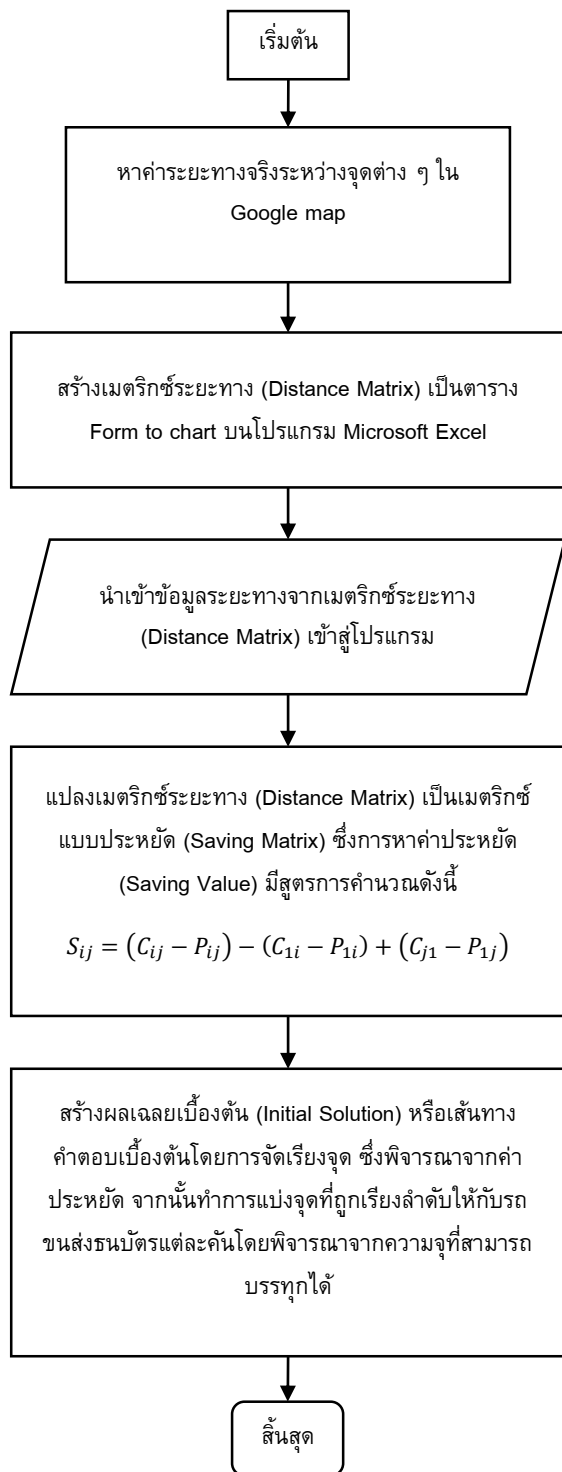


Figure 2 Flow chart diagram of Saving Algorithm for Bank Vehicle Routing

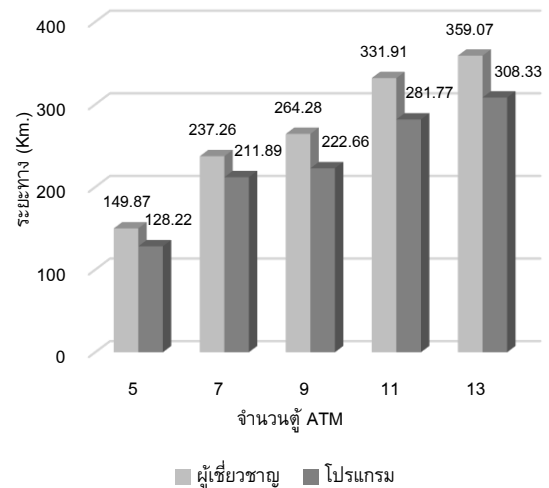


Figure 4. Comparison distance between expert and programming

3.2 ผลการทดสอบโปรแกรมกับกรณีศึกษาสถาบันการเงินตัวอย่าง

ผลการทดสอบโปรแกรม ROAR-T กับกรณีศึกษาสถาบันทางการเงินตัวอย่างของการวิจัยนี้ ได้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (1) ระดับความเสี่ยงสูง (2) ระดับความเสี่ยงปานกลาง และ (3) ระดับความเสี่ยงต่ำ ดังแสดงตามรูปที่ 5 (Figure 5) ซึ่งผลการทดสอบโปรแกรมที่ระดับความเสี่ยงสูง พบว่า ระยะทางในการขนส่งธนบัตรที่คำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมมีระยะทางเพียง 286 กิโลเมตร และค่าความเสี่ยงมากถึง 127.08 ซึ่งสามารถแสดงเส้นทางได้ดังรูปที่ 6 (Figure 6) ผลการทดสอบโปรแกรมที่ระดับความเสี่ยงปานกลาง พบว่า ระยะทางในการขนส่งธนบัตรที่คำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมมีระยะทาง 369 กิโลเมตร และค่าความเสี่ยง 82.75 ซึ่งสามารถแสดงเส้นทางได้ดังรูปที่ 7 (Figure 7) และผลการทดสอบโปรแกรมที่ระดับความเสี่ยงต่ำ พบว่า ระยะทางในการขนส่งธนบัตรที่คำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมมีระยะทาง 481 กิโลเมตร และค่าความเสี่ยง 34.82 ซึ่งสามารถแสดงเส้นทางได้ดังรูปที่ 8 (Figure 8)

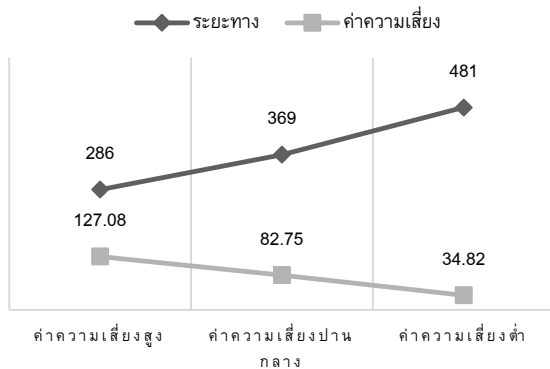


Figure 5 Result of ROAR-T program for case experiments

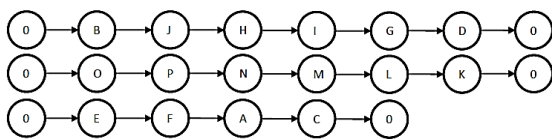


Figure 6 Vehicle routing at high-risk of ROAR-T programming

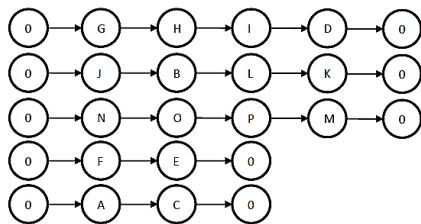


Figure 7 Vehicle routing at middle-risk of ROAR-T programming

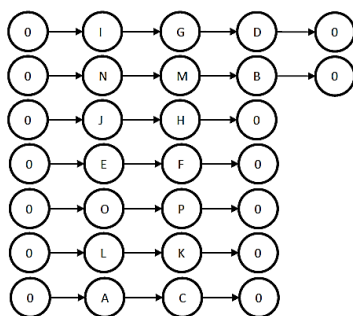


Figure 8 Vehicle routing at low-risk of ROAR-T programming

4. สรุปและเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการศึกษาเส้นทางเดินรถขนส่งธนบัตรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากการโจรกรรมโดยใช้โปรแกรม ROAR-T สามารถคำนวณเส้นทางการเดินรถได้ระยะทางน้อยกว่าการตัดสินใจด้วยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ ยังทำให้ทราบได้ว่าหากมีปริมาณตู้ ATM น้อย ผลการตัดสินใจจากโปรแกรมมีความแตกต่างกับการตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญเพียงเล็กน้อย ถ้าหากมีจำนวนตู้ ATM มากขึ้น ประสิทธิภาพในการใช้โปรแกรมช่วยในการตัดสินใจจะสามารถช่วยลดระยะทางในการขนส่งธนบัตรได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

จากปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ปัจจัยด้านระยะทาง และ ปัจจัยด้านความเสี่ยงจากการโดนโจรกรรม หากเลือกปัจจัยด้านระยะทางที่ประหยัดในทางกลับกันกับ พบว่า ความเสี่ยงจากการโจรกรรมนั้นสูงขึ้น และถ้าหากเลือกที่จะลดปัจจัยด้านความเสี่ยงจากการโจรกรรม พบว่า ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงขึ้นอยู่กับวิจารณ์ญาณของผู้ใช้งานผนวกกับผลเฉลี่ยที่ได้จากโปรแกรม ROAR-T และทางคณะผู้วิจัยจะนำเสนอขั้นตอนวิธีการที่สามารถลดระยะทางและลดความเสี่ยงจากการโจรกรรมในงานวิจัยฉบับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ของสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่คอยเป็นผู้ช่วยนักวิจัย และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญที่ของสถาบันการเงินตัวอย่าง และผู้ที่ให้การสนับสนุนอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

5. Reference

- [1] Payment Systems Policy, Bank of Thailand. (2017). 2nd Quarter Report 2017. Retrieved from https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/Documents/Q2_2017.pdf. [in Thai]
- [2] Government Savings Bank. (2015). Financial Services Through ATMs. Retrieved from <https://www.gsb.or.th/services/ServiceChannel/%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%95-ATM.aspx>. [in Thai]
- [3] Teenee Media Co.,Ltd. (2007). News of the company robbery Siam Advisory Co., Ltd. Retrieved from <http://tnews.teenee.com/crime/18211.html>. [in Thai]
- [4] MGR Online. (2009). News of the robbery money Samco Pattaya. Retrieved from <https://mgronline.com/local/detail/9520000006703>. [in Thai]

- [5] Thairath online. (2012). **News of the robbery money for gambling debt.** Retrieved from [https:// www.thairath.co.th/content/296388](https://www.thairath.co.th/content/296388). [in Thai]
- [6] INN News. (2013). **Breaking News Krung Thai Bank Public Company Limited Central Tesco Lotus Bangwa.** Retrieved from <http://www.innnews.co.th/shownews/show?newscode=494699>. [in Thai]
- [7] Boland, N., Hewitt, M., Vu, D. M., & Savelsbergh, M. (2017, June). Solving the Traveling Salesman Problem with Time Windows Through Dynamically Generated Time-Expanded Networks. In **International Conference on AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems** (pp. 254-262). Springer, Cham.
- [8] Hoffman, K. L., Padberg, M., & Rinaldi, G. (2013). Traveling salesman problem. In **Encyclopedia of operations research and management science** (pp. 1573-1578). Springer US.
- [9] Vaishnav, P., Choudhary, N., & Jain, K. (2017). **Traveling Salesman Problem Using Genetic Algorithm: A Survey.**
- [10] Arnesen, M. J., Gjestvang, M., Wang, X., Fagerholt, K., Thun, K., & Rakke, J. G. (2017). **A traveling salesman problem with pickups and deliveries, time windows and draft limits: Case study from chemical shipping.** *Computers & Operations Research*, 77, 20-31.
- [11] Ghaziri, H., & Osman, I. H. (2003). **A neural network algorithm for the traveling salesman problem with backhauls.** *Computers & Industrial Engineering*, 44, 267-281.
- [12] McDowell, K. M., Chatburn, R. L., Myers, T. R., O'riordan, M. A., & Kerckmar, C. M. (1998). **A cost-saving algorithm for children hospitalized for status asthmaticus.** *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 152(10), 977-984.
- [13] Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). **Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points.** *Operations research*, 12(4), 568-581.