

การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศเพื่อเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทาง
บนพื้นฐานอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

The Development of Bus Routing Selection Based on Dynamic A* Algorithm

กมลวรรณ พงษ์ศิลป์* และสุขสวัสดิ์ ญัฏฐวุฒิสิทธิ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทาง โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิดการคัดเลือกเส้นทางด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์มาใช้เพื่อค้นหาและคัดเลือกเส้นทางที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้งาน ทำให้ช่วยคำนวณเวลาและวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบจำลองสารสนเทศเพื่อเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาสวิตบนพื้นฐานอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้อมูลการโดยสารรถประจำทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เส้นทางสาย 207, 51ร, 522 ประกอบด้วย (1) ค่าความเสี่ยงของเส้นทาง (2) ค่าความเหมาะสมของจุดขึ้น-ลงรถโดยสารประจำทาง และ (3) ค่านัยสำคัญของเส้นทางโดยสารรถประจำทาง สำหรับใช้คำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสม ผลการวิจัย พบว่า ผลลัพธ์จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยในระดับดี (ค่าเฉลี่ย ("X") = 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.273) ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคัดเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางอื่น ๆ รวมทั้งองค์ความรู้ยังสามารถนำไปขยายผลทางวิชาการได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: รถประจำทาง เส้นทาง อัลกอริทึม เอ สตาร์

Abstract

This research is experimental research. The purpose of this study was to investigate the problems and ways to develop a bus route selection mechanism. The researcher has adopted the concept of route selection with dynamic algorithms. Aster Star is used to find and select the appropriate route for users helping calculation of time and planing travel efficiently. The research tool was a traffic information model developed by Swift, based on the Astartes dynamic algorithm. The samples were bus traffic data, mass transit (Routes 207, 51r, 522 consist of: (1) Route risk; (2) Approach to take-off bus; and (3) Significance of route. The results showed that the results from the expert evaluation were good (mean ("X") = 4.30 and standard deviation S.D. = 0.273). This research can be applied to the selection of other bus routes as well as this knowledge can be extended to further academic results in the future.

Keywords: Bus, Route, Algorithm, A star

***ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)**

E-mail: pbyo100732@gmail.com

1. บทนำ

ยุคประเทศไทย 4.0 รูปแบบกิจกรรม การดำเนินชีวิตประจำวันและการทำธุรกิจของประชาชน ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตมาก ในปัจจุบัน ประชาชนมีการเดินทางติดต่อกันตลอดเวลา [1] ซึ่งหนึ่งในรูปแบบกิจกรรมที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิต ได้แก่ การเดินทางไม่ว่าจะเป็นการขนส่งสินค้าและบริการการติดต่องานหรือการเดินทางท่องเที่ยวในสถานที่ต่างๆ [2] โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร มีประชาชนที่ใช้บริการเส้นทางโดยสารด้วยระบบขนส่งสาธารณะในแต่ละวันเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะรถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ซึ่งได้ถูกนำมาให้บริการแก่ประชาชนและช่วยแก้ไขปัญหการจราจรได้อย่างดี

รถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เป็นการให้บริการขนส่งสาธารณะรูปแบบหนึ่งที่สำคัญสำหรับประชาชนไทย และมีบทบาทต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ [3] ซึ่งรัฐบาลได้ให้ความสำคัญเป็นอันดับต้นของการพัฒนาประเทศ [4] แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจทางสถิติ [5] พบว่าการให้บริการรถโดยสารขสมก. บางเส้นทางยังไม่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสารได้อย่างเพียงพอต้นเหตุของปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากรถโดยสารประจำทางไม่สามารถกำหนดตารางเวลาที่แน่นอนของการเข้าสถานีจอดรถได้เพราะกรุงเทพมหานครมีสภาพการจราจรติดขัด [6] ส่งผลให้มีความถี่ของการปล่อยรถโดยสารประจำทาง บางเส้นทางเกิดการขาดช่วงจึงทำให้ผู้โดยสารต้องรอรถเป็นระยะเวลานานเนื่องจากไม่สามารถทราบกำหนดการที่แน่นอนของรถ [7]

ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสำหรับการคัดเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางที่เหมาะสมบนพื้นฐานอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการเส้นทาง และคำนวณเวลาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับครั้งนี้จะช่วยลดปัญหาการรอคิวรถโดยสารประจำทางเป็นเวลานานโดยผู้ให้และผู้รับบริการสามารถทราบกำหนดเวลาการเข้าจอดรถได้โดยประมาณ ทำให้สามารถวางแผนการเดินทางของตนเองได้ นอกจากนี้องค์ความรู้ด้านสารสนเทศนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบอบองค์การขนส่ง

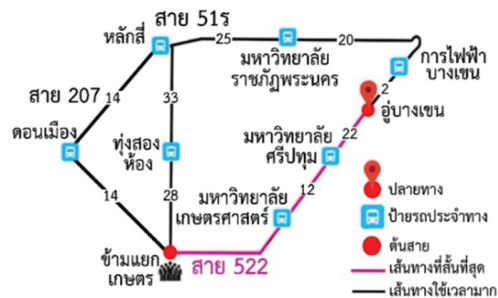
มวลชนกรุงเทพ ระบุถึงเวลาการมาถึงของรถ ขสมก. ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต [8-9]

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาแบบจำลองการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์
2. เพื่อการพัฒนาแบบจำลองการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยพัฒนาแบบจำลองการคัดเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทาง ขสมก. สาย 207, สาย 51ร, และสาย 522 ที่มีเส้นทางเดินรถโดยสารเชื่อมต่อกันโดยมีจุดเริ่มต้นที่สถานีจอดรถโดยสารสาย 207 และจุดปลายทางที่สถานีจอดรถโดยสารสาย 522 ดังแสดงใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างเส้นทางรถโดยสารขสมก. สาย 207, 51ร, 522

3.1 การออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง

การทำงานของแบบจำลองสารสนเทศด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ มีขั้นตอนวิธีการทำงานดังสมการ (1) และมีเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักปรับเชิงพลวัต (Dynamic Adjustment Weight (λ)) เข้าไปในส่วนตัวแปรค่า Heuristic Function เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของการเลือกเส้นทาง ดังสมการ (2)

$$F(n) = H(n) + C(n) \quad (1)$$

จากสมการ (1) เปลี่ยนเป็นแบบพลวัตด้วยการแทรกค่าถ่วงน้ำหนักปรับเชิงพลวัต (λ) ดังสมการ (2)

$$F^*(n) = (1+\lambda) H^*(n) + C^*(n) \quad (2)$$

$F^*(n)$ = ค่าความเหมาะสมของการคัดเลือกเส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง

$C^*(n)$ = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางในแต่ละโหนดย่อย

$H^*(n)$ = ค่าฮิวริสติกที่ใช้ในการคัดเลือกเส้นทางในแต่ละโหนดย่อยว่าเหมาะสมในการเดินทางหรือไม่

λ = ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียงเชิงพลวัตของสถานะเส้นทาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 และ 1 โดยเส้นทางสถานะไม่ปกติ = 0 และเส้นทางสถานะปกติ = 1 เพื่อแสดงให้เห็นว่าเส้นทางที่มีความเสี่ยงจะถูกนำมาใช้คำนวณ ในสมการ (2) ให้มีค่าลำดับในการเข้ารับการตรวจหาโหนด (Priority) มีค่ามากกว่าเส้นทางปกติ 2 เท่าเพื่อให้ค่าน้ำหนักในการตัดสินใจ และอัลกอริทึมจะไม่เลือกไปยังเส้นทางนั้นๆ

โดยหลักการการทำงานของขั้นตอนวิธีการค้นหาและคัดเลือกเส้นทางด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ จะให้ความสำคัญต่อการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดให้ก่อน (ในกรณีที่มีเส้นทางที่สั้นที่สุด) แต่หากพบว่าเส้นทางที่พบนั้นมีค่าความเสี่ยงที่ถูกระบุไว้ในตารางการกำหนดค่า (เช่น ความเสี่ยงของการจราจรติดขัด เส้นทางถูกปิดใช้ชั่วคราว หรือไม่สามารถใช้สัญจรได้) อัลกอริทึมจะทำการค้นหาเส้นทางอื่นที่เหมาะสมที่สุดแทนทำให้การค้นหาและถูกคัดเลือกเส้นทางโดยใช้มีความยืดหยุ่นและความเหมาะสมมากขึ้นสำหรับขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมพลวัต แบบ เอ สตาร์ แสดงในรูปแบบรหัสเทียม (Pseudo code) ดังภาพที่ 2

```

► A* (start, goal)
1. Closed set = the empty set
2. Open set = includes start node
3. G[start] = 0, H[start] = H_calc[start, goal]
4. F[start] = H[start]
5. While Open set ≠ ∅
6. Do CurNode = EXTRACT-MIN-F(Open set)
7. if (CurNode = goal), then return BestPath
8. For each Neighbor Node N of CurNode
9. If (N is in Closed set), then Nothing
10. else if (N is in Open set),
11. calculate N's G, H, F
12. If (G[N on the Open set] > calculated G[N])
13. RELAX(N, Neighbor in Open set, w)
14. N's parent = CurNode & add N to Open set
15. else, then calculate N's G, H, F
16. N's parent = CurNode & add N to Open
    
```

ภาพที่ 2 แสดง Pseudo Code อัลกอริทึม แบบ เอ สตาร์ [9]

ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีการทำงานของอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ นี้มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบจำลองสารสนเทศเพื่อคัดเลือกเส้นทางที่เหมาะสมของการโดยสารรถประจำทาง ขสมก. สาย 207, สาย 51ร, และ สาย 522 ที่มีเส้นทางเดินทางโดยสารเชื่อมต่อกันเพื่อช่วยลดระยะเวลาของการทำงานในภาพรวมซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนแสดงใน ภาพที่ 3 ดังนี้

1) เริ่มต้นจากอัลกอริทึมตรวจสอบเส้นทางที่ต้องการค้นหาจากฐานข้อมูลเดิมที่เคยถูกเรียกใช้ หากพบว่าเคยมีการเรียกใช้ก่อนหน้านี้ อัลกอริทึม จะแสดงผลลัพธ์ออกมาให้ผู้ใช้งาน และบันทึกลงฐานข้อมูล

2) หากพบว่ายังไม่มีการค้นหาของเส้นทางที่ต้องการในฐานข้อมูล อัลกอริทึมจะเริ่มค้นหาดูตามรูปแบบพลวัต เอ สตาร์

3) จากนั้นอัลกอริทึมทำการเช็คค่าความเสี่ยงของเส้นทางที่เลือกมานั้นว่ามีสถานะเป็นอะไร

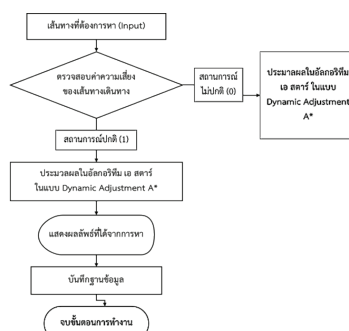
$\lambda = 0$ ไม่สามารถเดินทางได้ สถานการณ์ ไม่ปกติ (0)

$\lambda = 1$ ไม่สามารถเดินทางได้ สถานการณ์ ปกติ (1)

4) หากอัลกอริทึมพบว่าเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง ไม่สามารถเดินทางได้ ($\lambda = 0$) อัลกอริทึมจะทำการคัดเลือกเส้นทางอื่นแทน

5) หากอัลกอริทึมไม่พบเส้นทางที่จะเดินทางได้ อัลกอริทึมจะเสนอเส้นทางที่เหมาะสมอื่นให้แทน

สำหรับในส่วนผู้ใช้งาน ผู้วิจัยออกแบบจำลองผู้ใช้งาน (Use Case View) ด้วยภาษาสวิตช์ โดยใช้ XCODE 5.0 บน MAC OSX 10.0 เป็นเครื่องมือพัฒนาดัง ภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์



ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบจำลองผู้ใช้งาน

3.2 การทดสอบแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ทดสอบแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยใช้เส้นทางกรณีศึกษาจริง ขสมก. รถประจำทางสาย 207, 51ร และ 522 ซึ่งมีตารางเวลาการเดินทางรถประจำทาง (ตารางที่ 1) และสร้างสถานการณ์จำลองจำนวน 2 สถานการณ์ ได้แก่ จำลองสถานการณ์ปกติ (ใช้ทุกเส้นทางได้ตามปกติ) และ สถานการณ์ที่มีความเสี่ยงที่ทำให้ไม่สามารถใช้เส้นทางได้ สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

ตารางที่ 1 ตารางเวลาการเดินทางรถประจำทาง

รถประจำทางสายที่	เส้นทางระหว่างโหนด	Cost (C*)
207	ข้ามแยกเกษตร (SA) - หุ้สองห้อง (S1)	28
207	หุ้สองห้อง (S1) - หลักสี่ (S2)	33
207	หลักสี่ (S2) - ดอนเมือง (S3)	14
207	ดอนเมือง (S3) - ข้ามแยกเกษตร (SA)	14
51ร	หลักสี่ (S2) - มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร (S4)	25
51ร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร (S4) - การไฟฟ้าบางเขน (S5)	20
51ร	การไฟฟ้าบางเขน (S5) - อุบางเขน (S6)	2
522	ข้ามแยกเกษตร (SA) - มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (S7)	12
522	ข้ามแยกเกษตร (SA) - มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (S7)	12
522	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (S7) - มหาวิทยาลัยศรีปทุม (S8)	26
522	มหาวิทยาลัยศรีปทุม (S7) - อุบางเขน (S6)	22

จาก ตารางที่ 1 เส้นทางรถ ขสมก. รถประจำทางสาย 207 ขึ้นข้ามแยกเกษตร ลงตอรถที่ป้ายรถเมล์หลักสี่ รถประจำทางสาย 51ร ลงอุบางเขน ใช้เวลาในการเดินทาง 1 ชั่วโมง 5 นาที และสายรถประจำทางสาย 52 ขึ้นข้ามแยกเกษตร ถึง อุบางเขน ใช้เวลา 45 นาที ผู้วิจัยได้นำมาสร้างแบบจำลองเส้นทางลักษณะกราฟ (Graph Model) เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมที่แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบจำลองเส้นทางรูปแบบกราฟที่ได้จากตารางเส้นทางการเดินทางรถประจำทาง

จากนั้นผู้วิจัยได้สร้างตารางการทดสอบที่มี การกำหนดค่า Heuristic Function และค่าถ่วงน้ำหนักปรับเชิงพลวัต (λ) เข้าไปในส่วนตัวแปรค่าความเสี่ยงสำหรับทดสอบสถานการณ์จำลอง 2 รูปแบบ เพื่อใช้วัดและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ทดสอบเส้นทางโดยสารรถประจำทางด้วยสถานการณ์จำลอง

ลำดับ	เส้นทาง	รถประจำทางสายที่	Cost (C*)	Heuristic (H*)	λ
1	SA-S1-S2	207	61	3	0
2	SA-S1-S2-S3	207	75	0	1
3	S2-S4-S5-S6	51ร	47	2	1
4	SA-S7-S8-S6	522	60	1	1

จากตารางที่ 2 กำหนดให้สถานีต้นทาง (SA) มีรถประจำทางสาย 207 กับ 522 และสถานีปลายทางสาย 522 กับ 51ร โดยเส้นทางที่ใช้ทดสอบได้แก่ เส้นทางที่สั้นที่สุด เริ่มต้น SA ไปยัง ปลายทาง S6 โดยผู้โดยสารสามารถเลือกเส้นทาง โดยใช้เส้นทางที่เหมาะสม เพื่อให้เดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางได้ภายในเวลาที่ต้องการได้อย่างเหมาะสมโดยมีการกำหนดระดับค่าความเสี่ยงของเส้นทาง (H*) เช่น ความเสี่ยงจากจราจรแออัด

ความเสี่ยงจากการปิดกั้นชั่วคราวหรือความเสี่ยงจากธรรมชาติ เป็นต้น และมีการกำหนดค่าระยะทางจากสถานีจอดรถแต่ละโหนด (C^*) และกำหนดค่าตัวเลือกที่เหมาะสม (F^*) เพื่อให้การคำนวณเส้นทางที่ถูกคัดเลือกด้วย อัลกอริทึม เอ สตาร์ เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. ผลการทดสอบแบบจำลอง

ผลการทดสอบด้วยเส้นทางกรณีศึกษาของรถ ขสมก. ประจำทางสาย 207, 51ร และ 522 ด้วยสถานการณ์จำลอง 2 สถานการณ์ ได้แก่ จำลองสถานการณ์ปกติ (ใช้ทุกเส้นทางได้ตามปกติ) และสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงที่ทำให้ไม่สามารถใช้เส้นทางได้ มาใช้ในการทดสอบการทำงานของอัลกอริทึม พลวัต เอ สตาร์ (ตารางที่ 2) พบว่า ผลการทดสอบด้วยสถานการณ์จำลอง เป็นสถานการณ์ปกติของการโดยสารรถประจำทางซึ่งสามารถใช้ได้กับทุกเส้นทางโดยสารรถประจำทางซึ่งผลจากการทดสอบอัลกอริทึม สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ถูกต้องตามลำดับขั้นการทำงาน ดังนั้น การค้นหาครั้งที่ 1 เริ่มจาก SA โดยให้ค่า Heuristic ของปลายทาง (H^*) มีค่าเท่ากับ 0

ตารางที่ 3 แสดงการค้นหาครั้งที่ 1 ในสถานการณ์ปกติ

ลำดับ	เส้นทาง	รถประจำทาง	Cost (C^*)	λ	Heuristic (H^*)	Priority (F^*)
		สายที่				
1	SA-S1-S2	207	61	0	3	64
2	SA-S1-S2-S3	207	75	1	0	76
3	S2-S4-S5-S6	51ร	47	1	2	50
4	SA-S7-S8-S6	522	60	1	1	62

จากตารางที่ 3 เส้นทาง SA-S1-S2-S3 เส้นทางที่ H^* มีค่าเป็น 0 เส้นทางนั้นไม่ได้ผ่านจุดปลายทางระบบจะตัดทิ้ง ดังนั้น ระบบจะทำการคัดเลือก SA S1 S2 ได้แก่ (1) (3) เส้นทางสาย S2-S6 ซึ่งวิ่งโดยรถสาย 51ร (4) SA-S6 ซึ่งโดยรถประจำทางสาย 522 เท่านั้น

การค้นหาครั้งที่ 2 จะนำเส้นทางจากการค้นหาครั้งแรกที่สั้นที่สุดไปเชื่อมเส้นทางถัดไป โดยจะนำเส้นทางจากการค้นหาหน้ามาเปรียบเทียบกับ

ตารางที่ 4 แสดงการค้นหาครั้งที่ 2 ในสถานการณ์ปกติ

ลำดับ	เส้นทาง	รถประจำทาง	Cost (C^*)	λ	Heuristic (H^*)	Priority (F^*)
		สายที่				
1	SA-S1-S2	207	61	0	3	64
2	S2-S4-S5-S6	51ร	47	1	2	50
3	SA-S7-S8-S6	522	60	1	1	62

จากตารางที่ 4 ผลจากการค้นหาพบว่า เส้นทาง SA ปลายทาง S6 ถูกคัดเลือก โดยค่า F^* ที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62 ดังนั้นระบบจะแนะนำให้ผู้โดยสารเลือกเส้นทางโดยสารประจำทางสาย 522 หรือหากเกิดกรณีที่สาย 522 เกิดขัดข้องระบบจะแนะนำสายทางเลือกสาย 207 ต่อรถ 51ร SA-S2 และ S2-S6 แทนที่เป็นลำดับถัดไป

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 ผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาแบบจำลองการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางรูปแบบพลวัตด้วยอัลกอริทึม เอ สตาร์ โดยผลการประเมินด้วยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยในระดับดี (ค่าเฉลี่ย (" X ") = 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.273) เนื่องจากระบบได้ถูกออกแบบให้ผู้ใช้งานมีความคล่องตัวในการนำไปใช้ [3] และการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งเส้นทางปัจจุบันของรถโดยสารประจำทางมีความถูกต้องและมีการคัดเลือกเส้นทางการเดินทางได้อย่างเหมาะสม

5.2 การประยุกต์ใช้ ค่า H^* จะถูกจัดเก็บเป็นค่าพารามิเตอร์ในฐานข้อมูลโดยผู้ดูแลระบบ โดยมีการกำหนดตามเส้นทางจริงที่ใช้ในการเดินทางซึ่งในอนาคตจะมีการใช้ข้อมูลจากเส้นทางจราจรที่ถูกเก็บรวบรวมโดยสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล องค์การมหาชน (สพร., 2561)



6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วีรพันธ์ รุจิเกียรติกำจร, และวีรินทร์ หวังจิรินันตร์. (2556). การศึกษาค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของการเดินทางแต่ละรูปแบบ: กรณีศึกษาเส้นทางสะพานใหม่-สีลม. วารสารวิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 10(1).
- [2] Burke, J. & Nishitaten, S. (2013). Gasoline Prices, Gasoline Consumption, and New-Vehicle Fuel Economy: Evidence for a large sample of countries. *Energy Economics* 36, 363-370.
- [3] Lane, B. W. (2010). The relationship between recent gasoline price fluctuations and transit ridership in major US cities. *Journal of Transport Geography* 18, 214-225.
- [4] ชนินทร์ เขียวสนั่น. (2547). การส่งเสริมระบบขนส่งมวลชนในเขตเมืองชั้นใน กรณีศึกษาพฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในย่านธุรกิจถนนสีลม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] ธเนศ ชุมทรัพย์. (2549). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายด้านที่อยู่อาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางเข้าสู่แหล่งงาน และที่ตั้ง ที่อยู่อาศัย: กรณีศึกษาผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานย่านถนนสาทร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สาขาวิชาเคหการ ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] อรอนงค์ กฤตยาเกียรติ. (2545). การจัดทำพื้นที่จอดรถยนต์เพื่อสนับสนุนโครงการ ระบบขนส่งมวลชน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สาขาวิชาการวางแผนผังเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] ปรัชญา สมชื่อ, และภูมิรพี สืบวงศ์รอด. (2557). ระบบติดตามรถยนต์ ด้วยจีพีเอส ผ่านแอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [8] สุรเชษฐ์ กานต์ประชา, และเศรษฐา ตั้งคำวานิช. (2557). โครงการวิจัย เรื่อง ระบบติดตามและประมาณเวลาการเดินทางรถไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่าย 3G. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [9] สุขสวัสดิ์ ภูมิรัฐพิสิทธิ์, และประสงค์ ปรานิตพลกรัง. (2554). การพัฒนาแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินทางที่เหมาะสมในรูปแบบพลวัตของอัลกอริทึม เอ สตาร์. บทความวิจัย การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7.