

การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศเพื่อแนะนำเส้นทางโดยสารรถประจำทาง  
ด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

The Development of Bus Routing Recommendation Using Dynamic A\* Algorithm

<sup>1\*</sup>กมลวรรณ พงษ์ศิลป์ และ <sup>2</sup>สุขสวัสดิ์ ญัฏฐวุฒิสิทธิ์

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail : pbnyo100732@gmail .com

Received: July 12,2018

Revised: August 2,2018

Accepted: September 5,2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนากลไกการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทาง โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิดการคัดเลือกเส้นทางด้วยอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์มาใช้เพื่อค้นหาและคัดเลือกเส้นทางที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้งาน ทำให้ช่วยคำนวณเวลา และวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบจำลองสารสนเทศเพื่อแนะนำเส้นทางโดยสารรถประจำทางที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาสวิตช์บนพื้นฐานอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้อมูลการโดยสารรถประจำทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เส้นทางสาย 207, 51ร, 522 ประกอบด้วย (1) ค่าความเสี่ยงของเส้นทาง (2) ค่าความเหมาะสมของจุดขึ้น-ลงรถโดยสารประจำทาง และ (3) ค่านัยสำคัญของเส้นทางโดยสารรถประจำทาง สำหรับใช้คำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสม ผลการวิจัย พบว่า ผลลัพธ์จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยในระดับดี ( $\bar{X} = 4.30$ , S.D. = 0.27) ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคัดเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางอื่น ๆ รวมทั้งองค์ความรู้ยังสามารถนำไปขยายผลทางวิชาการได้อีกไปในอนาคต

คำสำคัญ : การคัดเลือก, 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 the user. Help to calculate time and plan to travel efficiently. The research tool was a traffic information model developed by Swift, based on the A starts 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. Routes The results showed that the results from the expert evaluation were good ( $\bar{X} = 4.30$ , S.D. = 0.27). 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.

**Keyword :** Selection, Bus, Route, Algorithm, A\* star



### 3.1 การออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง

การทำงานของแบบจำลองสารสนเทศด้วย อัลกอริทึมพลวัตเอ สตาร์ มีขั้นตอนวิธีการทำงาน ดังสมการ (1)

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

จากสมการ (1) เปลี่ยนเป็นแบบพลวัตด้วยการแทรก ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบเชิงพลวัต (Dynamic Adjustment Weight : $\lambda$ ) เข้าไปในส่วนตัวแปรค่า Heuristic Function เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของการเลือกเส้นทาง ดังสมการ (2)

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

$F^*(n)$  = ค่าความเหมาะสมของการคัดเลือกเส้นทาง จากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง

$C^*(n)$  = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางในแต่ละโหนดย่อย

$H^*(n)$  = ค่าฮิวริสติกที่ใช้ในการคัดเลือกเส้นทาง ในแต่ละโหนดย่อยว่าเหมาะสมในการเดินทางหรือไม่

$\lambda$  = ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบเชิงพลวัตของสถานะ เส้นทาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 และ 1 โดยเส้นทางสถานะปกติ เท่ากับ 0 และเส้นทางเสี่ยงสถานะ เท่ากับ 1 เพื่อแสดงให้เห็นว่าเส้นทางที่มีความเสี่ยงจะถูกนำมาใช้คำนวณ ในสมการ (2) ให้มีค่าลำดับ ในการเข้ารับการตรวจหาโหนด (Priority) มีค่ามากกว่าเส้นทางปกติ 2 เท่าเพื่อให้ถ่วงน้ำหนัก ในการตัดสินใจ และอัลกอริทึมจะไม่เลือกไปยังเส้นทาง นั้น ๆ [15]

โดยหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีการค้นหาและ คัดเลือกเส้นทางด้วยอัลกอริทึมพลวัตเอ สตาร์จะให้ความสำคัญต่อการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดให้ก่อน (ในกรณีที่มีเส้นทางที่สั้นที่สุด) แต่หากพบว่าเส้นทางที่พบนั้นมีค่าความเสี่ยงที่ถูกระบุไว้ในตารางการกำหนดค่า (เช่น ความเสี่ยงของการจราจรติดขัด เส้นทางถูกปิดใช้ชั่วคราว หรือไม่สามารถใช้สัญจรได้) อัลกอริทึมจะใช้การค้นหาเส้นทางอื่นที่เหมาะสมที่สุดแทน ทำให้การค้นหาและถูก

คัดเลือกเส้นทางมีความยืดหยุ่นและความเหมาะสมมากขึ้น [10] สำหรับขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมพลวัต แบบ เอ สตาร์ แสดงในรูปแบบรหัสเทียม (Pseudo code) ดังรูปที่ 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

```

รูปที่ 2 Pseudo Code อัลกอริทึมพลวัตแบบ เอ สตาร์

ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีการทำงานของอัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์นี้มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบจำลองสารสนเทศเพื่อคัดเลือกเส้นทางที่เหมาะสมของการโดยสารรถประจำทางของ ขสมก. สาย 207, สาย 51ร, และ สาย 522 ที่มีเส้นทางรถโดยสารเชื่อมต่อกัน เพื่อช่วยลดระยะเวลาการทำงานของงานในภาพรวมซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้

1) เริ่มต้นจากอัลกอริทึมตรวจสอบเส้นทางที่ต้องการค้นหาจากฐานข้อมูลเดิมที่เคยถูกเรียกใช้ หากพบว่าเคยมี

การเรียกใช้ก่อนหน้า อัลกอริทึมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาให้ผู้ใช้ทราบ และบันทึกลงฐานข้อมูล

2) หากพบว่ายังไม่มีเส้นทางของเส้นทางที่ต้องการในฐานข้อมูล อัลกอริทึมจะเริ่มค้นหาค้นหาตามรูปแบบพลวัตเอ สตาร์

3) จากนั้นอัลกอริทึมทำการเช็คค่าความเสี่ยงของเส้นทาง (แลมด้า:  $\lambda$ ) ที่เลือกมานั้นว่ามีสถานะเป็น ( $\lambda = 0$  หรือ 1)

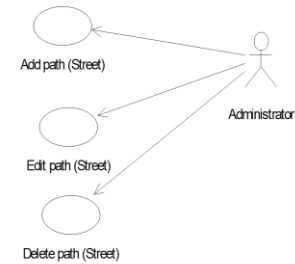
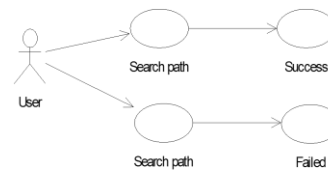
4) หากอัลกอริทึมพบว่ามีเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งไม่สามารถเดินทางได้ ( $\lambda = 0$ ) อัลกอริทึมจะทำการคัดเลือกเส้นทางอื่นแทน

5) หากอัลกอริทึมไม่พบเส้นทางที่จะเดินทางได้ อัลกอริทึมจะเสนอเส้นทางที่เหมาะสมอื่นให้แทน



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงาน: อัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

สำหรับออกแบบในลักษณะ Client – Server เพื่อผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านเว็บไปยังเครื่องแม่ข่าย (Server) ได้โดยมีการออกแบบ Use Case View ที่ประกอบด้วย Use Case Diagram และบุคคลที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Use Case Diagram ของระบบ

สำหรับในส่วนผู้ใช้งาน ผู้วิจัยออกแบบจำลองผู้ใช้งาน (Use Case View) ด้วยภาษาสวิตช์ เป็นภาษาโปรแกรมเปรียบเทียบภาษาตัวกลาง โดยใช้ XCODE 5.0 บน MAC OSX 10.0 เป็นเครื่องมือพัฒนา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบจำลองผู้ใช้งาน

### 3.2 การทดสอบแบบจำลอง

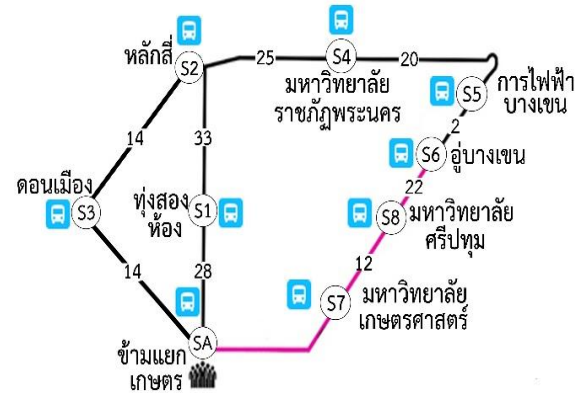
ผู้วิจัยได้ทดสอบแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้เส้นทางโดยสารรถประจำทางของ ขสมก. รถประจำทางสาย 207, 51ร และ 522 ซึ่งมีตารางเวลาการเดินรถประจำทาง

(ตารางที่ 1) และสร้างสถานการณ์จำลอง จำนวน 2 สถานการณ์ ได้แก่ จำลองสถานการณ์ปกติ (ใช้ทุกเส้นทางได้ตามปกติ) และ สถานการณ์ที่มีความเสี่ยงที่ทำให้ไม่สามารถใช้เส้นทางได้ สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของ อัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์

ตารางที่ 1 ตารางเวลาการเดินทางประจำทาง

| สายที่ | เส้นทางระหว่างโหนด                                 | Cost (C*) |
|--------|----------------------------------------------------|-----------|
| 207    | ข้ามแยกเกษตร (SA) –<br>ทุ่งสองห้อง (S1)            | 28        |
| 207    | ทุ่งสองห้อง (S1) – หลักสี่ (S2)                    | 33        |
| 207    | หลักสี่ (S2) - ดอนเมือง (S3)                       | 14        |
| 207    | ดอนเมือง (S3) - ข้ามแยกเกษตร (SA)                  | 14        |
| 51ร    | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร (S4) – การไฟฟ้าบางเขน (S5) | 20        |
| 51ร    | การไฟฟ้าบางเขน (S5) –<br>อุบบางเขน (S6)            | 2         |
| 522    | ข้ามแยกเกษตร (SA) –<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (S7) | 12        |
| 522    | มหาวิทยาลัยศรีปทุม (S7) –<br>อุบบางเขน (S6)        | 22        |

จากตารางที่ 1 เส้นทางโดยสารรถประจำทางของ ขสมก.รถประจำทางสาย 207 ขึ้นข้ามแยกเกษตรลงต่อรถที่ป้ายรถเมล์หลักสี่ รถประจำทางสาย 51ร ลงอุบบางเขน ใช้เวลาในการเดินทาง 1 ชั่วโมง 5 นาที และ สายรถประจำทางสาย 522 ขึ้นข้ามแยกเกษตรถึงอุบบางเขน ใช้เวลา 45 นาที ผู้วิจัยได้นำมาสร้างแบบจำลองเส้นทางลักษณะกราฟ (Graph Model) เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของ อัลกอริทึมดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างแบบจำลองเส้นทางรูปแบบกราฟที่ได้จาก ตารางเส้นทางรถประจำทาง

จากนั้นผู้วิจัยได้สร้างตารางการทดสอบที่มีการกำหนดค่า Heuristic Function และค่าถ่วงน้ำหนักปรับเชิงพลวัต Dynamic Adjustment Weight ( $\lambda$ ) เข้าไปในส่วนตัวแปรค่าความเสี่ยงสำหรับทดสอบสถานการณ์จำลอง 2 รูปแบบ เพื่อใช้วัดและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ทดสอบเส้นทางโดยสารรถประจำทางด้วยสถานการณ์จำลอง

| ลำดับ | เส้นทาง     | สายที่ | Cost (C*) | Heuristic (H*) | $\lambda$ |
|-------|-------------|--------|-----------|----------------|-----------|
| 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 โดยผู้โดยสารสามารถเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้เดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางได้ภายในเวลาที่ต้องการ โดยมีการกำหนดระดับค่าความเสี่ยงของเส้นทาง ( $H^*$ ) เช่น ความเสี่ยงจากจราจรแออัด ความเสี่ยงจากการปิดกั้นชั่วคราวหรือความเสี่ยงจากธรรมชาติ เป็นต้น และมีการกำหนดค่าระยะทางจากสถานีจอดรถแต่ละโหนด ( $C^*$ ) และกำหนดค่าตัวเลือกที่เหมาะสม ( $F^*$ ) เพื่อให้การคำนวณเส้นทางที่ถูกคัดเลือกด้วย อัลกอริทึม เอ สตาร์ เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 4. ผลการทดสอบแบบจำลอง

ผลการทดสอบด้วยเส้นทางโดยสารรถประจำทางของ ขสมก.ประจำทางสาย 207, 51ร และ 522 ด้วยสถานการณ์จำลอง 2 สถานการณ์ ได้แก่ จำลองสถานการณ์ปกติ (ใช้ทุกเส้นทางได้ตามปกติ) และ สถานการณ์ที่มีความเสี่ยงที่ทำให้ไม่สามารถใช้เส้นทางได้ โดยนำเส้นทางที่แสดงในรูปแบบกราฟ (รูปที่ 6) มาใช้ในการทดสอบการทำงานของ อัลกอริทึมพลวัต เอ สตาร์ (ตารางที่ 2) พบว่า

##### 4.1 ผลการทดสอบด้วยสถานการณ์จำลอง

เป็นสถานการณ์ปกติของการโดยสารรถประจำทาง ซึ่งสามารถใช้ได้กับทุกเส้นทางโดยสารรถประจำทาง ซึ่งผลจากการทดสอบ อัลกอริทึมสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ถูกต้องตามลำดับขั้นการทำงาน ดังนี้

**การค้นหาลำดับที่ 1** เริ่มจาก SA โดยให้ค่า Heuristic ของปลายทาง ( $H^*$ ) มีค่าเท่ากับ 0

ตารางที่ 3 การค้นหาลำดับที่ 1 ในสถานการณ์ปกติ

| ลำดับ | เส้นทาง     | สาย<br>ที่ | Cost<br>( $C^*$ ) | $\lambda$ | Heuristic<br>( $H^*$ ) | Prio-<br>rity<br>( $F^*$ ) |
|-------|-------------|------------|-------------------|-----------|------------------------|----------------------------|
| 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

**การค้นหาลำดับที่ 2** จะนำเส้นทางจากการค้นหาครั้งแรกที่สั้นที่สุดไปเชื่อมเส้นทางถัดไป โดยจะนำเส้นทางจากการค้นหาก่อนหน้า มาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 4 การค้นหาลำดับที่ 2 ในสถานการณ์ปกติ

| ลำดับ | เส้นทาง     | สาย<br>ที่ | Cost<br>( $C^*$ ) | $\lambda$ | Heuristic<br>( $H^*$ ) | Prio-<br>rity<br>( $F^*$ ) |
|-------|-------------|------------|-------------------|-----------|------------------------|----------------------------|
| 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 ผลจากการค้นหาตารางที่ 4 พบว่า เส้นทาง SA ปลายทาง S6 ถูกคัดเลือกโดยค่า F\* ที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62 ดังนั้นระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้โดยสารเลือกเส้นทางโดยสารประจำทางสาย 522 หรือหากเกิดกรณีที่สาย 522 เกิดขัดข้อง ระบบจะแนะนำสายทางเลือกสาย 207 ต่อรถ 51ร SA-S2 และ S2-S6 แทนที่เป็นลำดับถัดไป

## 5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาแบบจำลองการเลือกเส้นทางโดยสารรถประจำทางรูปแบบพลวัตด้วยอัลกอริทึม เอ สตาร์ โดยผลการประเมินด้วยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยในระดับดี ( $\bar{X}=4.30$ , S.D. = 0.273) เนื่องจากระบบได้ถูกออกแบบให้ผู้ใช้งานมีความคล่องตัวในการนำไปใช้ และการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งเส้นทางปัจจุบันของรถโดยสารประจำทางมีความถูกต้อง และมีการคัดเลือกเส้นทางการเดินทางได้อย่างเหมาะสม

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วีรพันธ์ รุจิเกียรติกำจร และวีรินทร์ หวังจิรินันต์. (2556). การศึกษาค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของการเดินทางแต่ละรูปแบบ: กรณีศึกษาเส้นทางสะพานใหม่ - สีลม. *วารสารวิจัยพลังงาน*, 10(1): 1-11.
- [2] Paul, J., Burke, & Nishitateno, Shuhei. (2011). **Gasoline prices, gasoline consumption, and new-vehicle fuel economy: Evidence for a large sample of countries.** Australian National University Coombs Building 9.
- [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 กรณีศึกษา พฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในย่านธุรกิจถนนสีลม (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
- [5] ชเนศ ขุมทรัพย์. (2549). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายด้านที่อยู่อาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางเข้าสู่แหล่งงานและที่ตั้ง ที่อยู่อาศัย :กรณีศึกษา ผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานย่านถนนสาทร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- [6] อรอนงค์ กฤตยาเกียรติ. (2545). การจัดหาพื้นที่จอดรถยนต์เพื่อสนับสนุนโครงการระบบขนส่งมวลชน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- [7] สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และเศรษฐา ตั้งคำวานิช.(2557). ระบบติดตามและประมาณเวลาการเดินทางรถไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่าย 3G (โครงการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- [8] สุขสวัสดิ์ ญัฏฐวุฒิสัทธี และประสงค์ ปรานิตพลกรัง. (2554). การพัฒนาแบบจำลองการจัดเส้นทางรถโดยสารที่ที่เหมาะสมในรูปแบบพลวัตของอัลกอริทึม เอ สตาร์. ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [9] สัญญา เครือหงษ์ และสุรางค์รัตน์ ชาวโคกสูง. (2551). การพัฒนาเกมแนวต่อสู้โดยใช้ชุดคำสั่งซีดีเอ็กซ์เอนจินและอัลกอริทึมแบบ เอ-สตาร์. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 4(7): 38-46.

- [10] วิภาดา เพชรรัตน์. (2554). สร้างระบบที่สามารถหาเส้นทางในการเดินทางไปพบปะลูกค้าที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดหรือใช้เวลาที่น้อยที่สุดสำหรับลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- [11] วีรชัย สว่างทุกข์. (2557). การใช้ระบบติดตามจีพีเอสแบบเปิดเผยแพร่ห้สถานีบังคับควบคุมคู่สมาร์ตโฟนเพื่อใช้ติดตามรถขนส่ง กรณีศึกษาน้ำดื่มทิพย์เขาลงค์. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 7(1): 40-51
- [12] วิภาดา เพชรรัตน์. (2554). ระบบนำทางอัจฉริยะ : กรณีศึกษา บริษัทวานิชรุ่งเรืองอินเตอร์เทรด จำกัด (สาขาภาคใต้). (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- [13] พีระเดช สารวมรัมย์.(2558). การพัฒนาระบบติดตามพิกัดผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง STROKE and STEMI ที่ต้องได้รับการจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินแบบเคลื่อนที่. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรังสิต).
- [14] Ahmed Ahmed, Elshaimaa Nada, Wafaa Al- Mutiri. (2017). University buses routing and tracking system. *International Journal of Computer Science & InformationTechnology (IJCSIT)*, 9(1) : 95-104
- [15] เพชรไพลิน รัสดีดวง, กฤติกา สังขวดีและ ปัญญา สังขวดี. (2560). แอปพลิเคชันส่งเสริมกีฬา วอลเลย์บอลบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยศิลปวัฒนธรรม ครั้งที่ 4. เพชรบุรีฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.