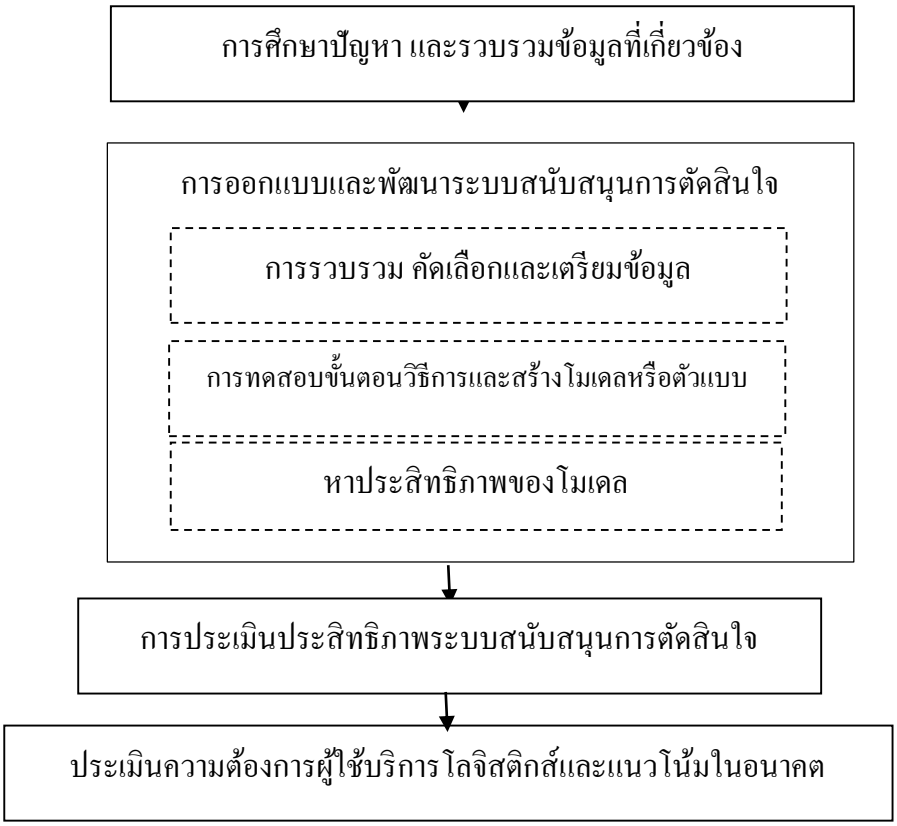
# บทที่ 3
# ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับธุรกิจโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนของการดำเนินงาน ดังนี้

## 3.1 วิธีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การวิจัยนี้เป็นประยุกต์ขั้นตอนการวิจัยจากวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เพื่อให้การดำเนินการวิจัยมีระเบียบแบบแผนที่เหมาะสม สามารถแสดงวิธีการวิจัยดังภาพประกอบที่ 3.1




**ภาพประกอบที่ 3**.1 ขั้นตอนวิธีการวิจัย

**3.1.1 การศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง**

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาของผู้ใช้บริการโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง และศึกษาการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยได้จากการสำรวจและจัดเก็บรวบรวมจากกลุ่มประชากร เอกสารงานวิจัย บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนำมาวิเคราะห์กถึงปัญหาและความต้องการให้บริการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการผลิตและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น ดังนี้

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ธุรกิจโลจิสติกส์ อาทิ บริษัทผู้ประกอบการขนส่ง (logistics providers) ในจังหวัดพิษณุโลกและพื้นที่ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 (พิษณุโลก อุตรดิษถ์ เพชรบูรณ์ สุโขทัยและตาก) แยกตามประเภทตามกรมพัฒนาธุรกิจการค้า จำนวน 6,657 ราย (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2561)

2) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จากประชากรที่ศึกษามีจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้วิธีการของ Taro Yamane (1967) อ้างถึงใน มานิตย์ สิงห์ทองชัย (2558) เพื่อหาจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างจากประชาชนทั้งหมด โดยได้กำหนดความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้เกิดระหว่างค่าจริงและค่าประมาณร้อยละ 0.05 ตามสูตร

สูตร $n = \frac{N}{1 + Ne^2}$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนหน่วยทั้งหมด หรือ ขนาดของประชากรทั้งหมด

e คือ ความคาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง (sampling error) ในที่นี้จะกำหนดเท่ากับ +/-0.05 ภายใต้ความเชื่อมั่น 95%

แทนค่าสูตร

$$n = \frac{6,657}{1 + [(6,657) \times (0.05)^2]}$$

$$= \frac{6,657}{1 + [(16.6425)]}$$

$$= \frac{6,657}{17.6425}$$

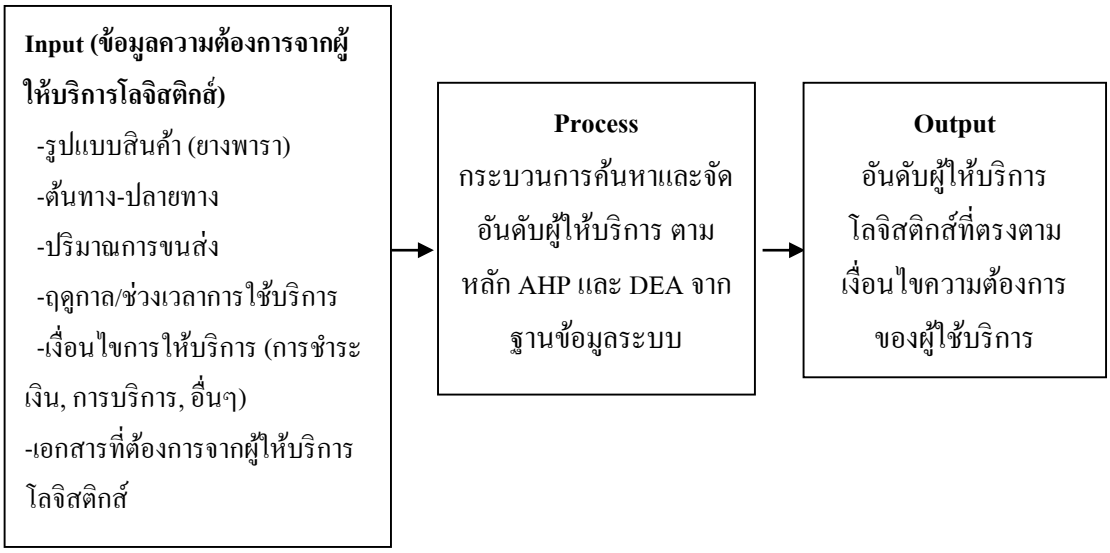
$$= 377.3275$$

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาสามารถใช้อธิบายกลุ่มประชากรเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง และเพื่อเป็นการเพิ่มความเที่ยงตรงของข้อสรุปที่จะได้รับจาก

ตัวอย่าง จึงใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยมีการสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling) เพื่อจะได้เป็นการกระจายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วทั้งเขตพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกและกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 หลังจากทำการกำหนดขนาดตัวอย่างของแต่ละเขตพื้นที่ได้แล้ว ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จะสุ่มตัวอย่างในแต่ละเขตพื้นที่โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling) คือ ผู้บริหาร หัวหน้างาน ผู้ปฏิบัติงาน ผู้จัดการและตัวแทนธุรกิจโลจิสติกส์

**3.1.2 การออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ**

1) การรวบรวม คัดเลือกและเตรียมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยกระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงระดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) และวิธีการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis: DEA) เพื่อทำการคัดเลือกตัวแปรที่จะนำไปสู่การเตรียมข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีการ ดังนี้




**ภาพประกอบที่ 3.2** กระบวนการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจของธุรกิจโลจิสติกส์

จากภาพประกอบที่ 3.2 กระบวนการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับธุรกิจโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป อาศัยข้อมูลขาเข้าที่มาจากผู้ใช้บริการซึ่งประกอบด้วย รูปแบบสินค้า(ยางพารา) ต้นทาง/ปลายทาง ปริมาณการขนส่ง ฤดูกาล/ช่วงเวลาการใช้บริการ เงื่อนไขการให้บริการ(การชำระเงิน การบริการ อื่นๆ) และเอกสารที่ต้องการจากผู้ให้บริการ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาประมวลผลการค้นหาและจัดอันดับผู้ให้บริการตามกระบวนการการ

วิเคราะห์เชิงระดับชั้น (Analytical Hierarchy Process - AHP) และกระบวนการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis - DEA) ซึ่งทำการประมวลผลร่วมกับข้อมูลผู้ให้บริการที่บันทึกจากผู้ให้บริการ ดังนี้

1.1) กระบวนการวิเคราะห์เชิงระดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) จากการสำรวจความคิดเห็นผู้ให้บริการโลจิสติกส์จำนวน 400 ราย ในจังหวัดพิษณุโลกและพื้นที่ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 พบว่า มีเกณฑ์หลักหรือตัวแปรที่น่าสนใจและนำมาใช้พัฒนาระบบตามกรอบแนวคิด ปรากฏรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 3.1** เกณฑ์การคัดเลือกการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| ข้อมูลสมรรถนะการทำงานที่มา | 198 |
| การให้ความสำคัญกับลูกค้าและชื่อเสียง | 159 |
| ความมั่นคงของสถานะทางการเงิน | 149 |
| ประสบการณ์และความชำนาญ | 135 |
| ความยืดหยุ่น | 105 |
| ความซื่อสัตย์ | 23 |
| บุคลากร | 21 |
| ราคาการให้บริการ | 10 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.2** เงื่อนไขการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| ความรับผิดชอบ | 107 |
| การจัดส่งที่ไม่ผ่านการยอมรับสำหรับการให้บริการ | 101 |
| การตรวจสอบ | 96 |
| การจัดส่งล่าช้าและการการันตีคืนเงิน | 92 |
| ประกันการจัดส่ง | 86 |
| การจัดส่งและกรณีที่ไม่สามารถจัดส่งได้ | 83 |
| ระยะเวลาในการเรียกร้องความเสียหาย | 82 |

**ตารางที่ 3.2** เงื่อนไขการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน (ต่อ)

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| ศุลกากรการนำเข้าและส่งออก | 65 |
| สถานการณ์นอกเหนือความควบคุม | 52 |
| การจัดเส้นทาง | 9 |
| อนุสัญญาสากล | 8 |
| การรับประกันและการคุ้มครองของผู้จัดส่ง | 5 |
| การเป็นโมฆะ | 4 |
| การรับคืนสิ่งจัดส่ง | 3 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.3** ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับลูกค้าในการจัดจ้างผู้ให้บริการโลจิสจิกส์ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีรูปแบบการให้บริการที่หลากหลาย | 169 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีระบบการติดตาม และตรวจสอบสถานะการจัดส่งยางพาราแปรรูปที่แม่นยำและทันสมัย | 136 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีรูปแบบการให้บริการที่หลากหลาย | 169 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีระบบการติดตาม และตรวจสอบสถานะการจัดส่งยางพาราแปรรูปที่แม่นยำและทันสมัย | 136 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีเครือข่ายในการจัดส่งยางพาราแปรรูปที่ครอบคลุมทั่วประเทศ | 61 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีฝ่ายบริการลูกค้าที่เข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว | 21 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์สามารถจัดส่งรวดเร็วตรงต่อเวลา และยางพาราแปรรูปอยู่ในสภาพประกอบที่สมบูรณ์ | 10 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่มีมาตรฐานและนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ | 2 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.4** คุณลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ควรประกอบด้วย

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| แสดงเส้นทางการขนส่ง การเคลื่อนย้าย และการกระจายยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนไปยังประเทศจีนตอนใต้ | 172 |
| แสดงตำแหน่งคลังสินค้าหรือจุดเปลี่ยนถ่ายยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนไปยังประเทศจีนตอนใต้ | 151 |
| แสดงแผนการขนส่ง การเคลื่อนย้าย การบริการคลังสินค้า การกระจายสินค้า กระบวนการ Clearing สินค้า และพิธีการทางศุลกากร สำหรับยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจ | 48 |
| ระบบสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ | 11 |
| มีระบบฐานข้อมูลผู้ให้บริการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน | 5 |
| อื่นๆ | 13 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.5** ข้อมูลที่จำเป็นของผู้ใช้บริการโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและงานที่เกี่ยวข้องกับการไหลของสินค้า, แรงงานและให้บริการอุปกรณ์ | 182 |
| เครื่องมือที่จำเป็นในการเก็บรักษาสินค้า | 149 |
| กระบวนการ Clearing สินค้า และพิธีการทางศุลกากร | 33 |
| การบริหารท่าเรือ, การจัดการสถานที่บรรจุสินค้า, การจัดการสถานีขนส่ง ICD, การได้สัมปทานที่เกี่ยวกับการขนส่ง | 17 |
| การบริการคลังสินค้าสาธารณะและการกระจายสินค้า | 16 |

ที่มา : จากการศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละเกณฑ์หลักเป็นคู่ๆตามหลัก AHP โดยกำหนดให้ค่าลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 3.6 และการให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หลักในรูปแบบเมทริกซ์ดังตารางที่ 3.7 เพื่อทำกระบวนการ Normalize และ คำนวณค่า Eigenvector สำหรับเกณฑ์หลัก ดังตารางที่ 3.8 การพิจารณาค่าน้ำหนักของเกณฑ์มีข้อสรุปโดยดูจากค่า Eigenvector ที่มีค่ามากที่สุดเรียงลงมา ซึ่งสามารถสรุปผลของค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ด้วย AHP ดังตารางที่ 3.9-3.13 ซึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย DEA ในลำดับถัดไป

**ตารางที่ 3.6** ค่าลำดับความสำคัญ

| สำคัญเท่ากัน | มีความสำคัญกว่าบ้าง | มีความสำคัญกว่ามาก | มีความสำคัญกว่าค่อนข้างมาก | มีความสำคัญกว่าอย่างยิ่ง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |

หมายเหตุ ค่าน้ำหนักเพื่อแทนอันดับของความสำคัญ

**ตารางที่ 3.7** การให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หลักในรูปแบบเมทริกซ์

| เกณฑ์ | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 1 | $Pri_{AB}$ | $Pri_{AC}$ | $Pri_{AD}$ | $Pri_{AE}$ |
| **B** | $Pri_{BA}$ | 1 | $Pri_{BC}$ | $Pri_{BD}$ | $Pri_{BE}$ |
| **C** | $Pri_{CA}$ | $Pri_{CB}$ | 1 | $Pri_{CD}$ | $PRI_{CE}$ |
| **D** | $Pri_{DA}$ | $Pri_{DB}$ | $Pri_{DC}$ | 1 | $Pri_{DE}$ |
| **E** | $Pri_{EA}$ | $Pri_{EB}$ | $Pri_{EC}$ | $Pri_{ED}$ | 1 |
| **ผลรวม** | sum(A) | sum(B) | sum(C) | sum(D) | sum(E) |

ที่มา : จากการคำนวณ

สูตรการคำนวณ (มีการเปรียบเทียบปัจจัยจนครบทุกคู่) ไม่มีเกณฑ์บอกว่าปัจจัยใดสำคัญกว่าปัจจัยใด

$$sum(A) = 1 + Pri_{BA} + Pri_{CA} + Pri_{DA} + Pri_{EA}$$

$$sum(B) = 1 + Pri_{AB} + Pri_{CB} + Pri_{DB} + Pri_{EB}$$

$$sum(C) = 1 + Pri_{AC} + Pri_{BC} + Pri_{DC} + Pri_{EC}$$

$$sum(D) = 1 + Pri_{AD} + Pri_{BD} + Pri_{CD} + Pri_{ED}$$

$$sum(E) = 1 + Pri_{AE} + Pri_{BE} + Pri_{CE} + Pri_{DE}$$

เมื่อ

A คือ เกณฑ์การคัดเลือกการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

B คือ เงื่อนไขการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

C คือ ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับลูกค้าในการจัดจ้างผู้ให้บริการโลจิสจิกส์ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

D คือ คุณลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ ควรประกอบด้วย

E คือ ข้อมูลที่จำเป็นของผู้ให้บริการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

$Pri_{XY}$ คือ x มีความสำคัญกว่า y จำนวน $Pri_{XY}$ ซึ่งถูกกำหนดโดยนโยบายของระบบฯ

**ตารางที่ 3.8** การ Eigenvector เกณฑ์หลักในรูปแบบเมทริกซ์

| เกณฑ์ | A | B | C | D | E | ผลรวม | Eigenvector |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | $N_{AA}$ | $N_{AB}$ | $N_{AC}$ | $N_{AD}$ | $N_{AE}$ | $sum(N_A)$ | $sum(N_A)/5$ |
| **B** | $N_{BA}$ | $N_{BB}$ | $N_{BC}$ | $N_{BD}$ | $N_{BE}$ | $sum(N_B)$ | $sum(N_B)/5$ |
| **C** | $N_{CA}$ | $N_{CB}$ | $N_{CC}$ | $N_{CD}$ | $N_{CE}$ | $sum(N_C)$ | $sum(N_C)/5$ |
| **D** | $N_{DA}$ | $N_{DB}$ | $N_{DC}$ | $N_{DD}$ | $N_{DE}$ | $sum(N_D)$ | $sum(N_D)/5$ |
| **E** | $N_{EA}$ | $N_{EB}$ | $N_{EC}$ | $N_{ED}$ | $N_{EE}$ | $sum(N_E)$ | $sum(N_E)/5$ |
| **ผลรวม** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |

สูตรการคำนวณ $N_{XY} = Pri_{XY} / sum(Y)$

เมื่อ

$N_{XY}$ คือ ค่าที่ผ่านการ Normalize แล้ว สำหรับ เกณฑ์หลักแถว X และคอลัมน์ Y

$Pri_{XY}$ คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญ สำหรับเกณฑ์หลักแถว X และคอลัมน์ Y (จากขั้นตอนให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หลัก)

sum(Y) คือ ผลรวมค่าน้ำหนักความสำคัญสำหรับคอลัมน์ Y (จากขั้นตอนให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หลัก)

แทนค่า

$sum(N_X) = N_{XA} + N_{XB} + N_{XC} + N_{XD} + N_{XE}$

$Eigenvector = sum(N_X) / 5$

เมื่อ

$N_X$ คือ ค่าที่ผ่านการ Normalize แล้ว สำหรับเกณฑ์หลักแถว X

**ตารางที่ 3.9** เกณฑ์การคัดเลือกการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| **เกณฑ์รอง** | **Eigenvector** |
|---|---|
| ข้อมูลสมรรถนะการทำงานที่มา | 0.26014922577 |
| การให้ความสำคัญกับลูกค้าและชื่อเสียง | 0.19586351149 |
| ความมั่นคงของสถานะทางการเงิน | 0.14963335276 |
| ประสบการณ์และความชำนาญ | 0.11557851870 |
| ความยืดหยุ่น | 0.08921599234 |
| ความซื่อสัตย์ | 0.07178203741 |
| บุคลากร | 0.06129252692 |
| ราคาการให้บริการ | 0.05648483461 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.10** เงื่อนไขการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| เกณฑ์รอง | Eigenvector |
|---|---|
| ความรับผิดชอบ | 0.1597719358 |
| การจัดส่งที่ไม่ผ่านการยอมรับสำหรับการให้บริการ | 0.1340043211 |
| การตรวจสอบ | 0.1137639172 |
| การจัดส่งล่าช้าและการการันตีคืนเงิน | 0.09780922768 |
| ประกันการจัดส่ง | 0.08488598942 |
| การจัดส่งและกรณีที่ไม่สามารถจัดส่งได้ | 0.07399992966 |
| ระยะเวลาในการเรียกร้องความเสียหาย | 0.06458472852 |
| ศุลกากรการนำเข้าและส่งออก | 0.05628450996 |
| สถานการณ์นอกเหนือความควบคุม | 0.048860044 |
| การจัดเส้นทาง | 0.04214235426 |
| อนุสัญญาสากล | 0.03600745755 |
| การรับประกันและการคุ้มครองของผู้จัดส่ง | 0.03161472112 |
| การเป็นโมฆะ | 0.02880928628 |
| การรับคืนสิ่งจัดส่ง | 0.02746157738 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.11** ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับลูกค้าในการจัดจ้างผู้ให้บริการโลจิสจิกส์ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

| เกณฑ์รอง | Eigenvector |
|---|---|
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีรูปแบบการให้บริการที่หลากหลาย | 0.3263469918 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีระบบการติดตาม และตรวจสอบสถานะการจัดส่งยางพาราแปรรูปที่แม่นยำและทันสมัย | 0.225563516 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีเครือข่ายในการจัดส่งยางพาราแปรรูปที่ครอบคลุมทั่วประเทศ | 0.1566427853 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์มีฝ่ายบริการลูกค้าที่เข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว | 0.1154998324 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์สามารถจัดส่งรวดเร็วตรงต่อเวลา และยางพาราแปรรูปอยู่ในสภาพประกอบที่สมบูรณ์ | 0.09287539802 |
| บริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่มีมาตรฐานและนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ | 0.08307147645 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.12** คุณลักษณะของระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ควรประกอบด้วย

| เกณฑ์รอง | Eigenvector |
|---|---|
| แสดงเส้นทางการขนส่ง การเคลื่อนย้าย และการกระจายยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนไปยังประเทศจีนตอนใต้ | 0.3263469918 |
| แสดงตำแหน่งคลังสินค้าหรือจุดเปลี่ยนถ่ายยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนไปยังประเทศจีนตอนใต้ | 0.225563516 |
| แสดงแผนการขนส่ง การเคลื่อนย้าย การบริการคลังสินค้า การกระจายสินค้า กระบวนการ Clearing สินค้า และพิธีการทางศุลกากร สำหรับยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีนจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจ | 0.1566427853 |
| อื่นๆ | 0.1154998324 |
| ระบบสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจของผู้ให้บริการ โลจิสติกส์ | 0.09287539802 |
| มีระบบฐานข้อมูลผู้ให้บริการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน | 0.08307147645 |

ที่มา : จากการศึกษา

**ตารางที่ 3.13** ข้อมูลที่จำเป็นของผู้ผู้ใช้บริการโลจิสติกส์ ของอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน

| เกณฑ์รอง | น้ำหนัก |
|---|---|
| การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและงานที่เกี่ยวข้องกับการไหลของสินค้า, แรงงานและให้บริการอุปกรณ์ | 0.3709763178 |
| เครื่องมือที่จำเป็นในการเก็บรักษาสินค้า | 0.2379404125 |
| กระบวนการ Clearing สินค้า และพิธีการทางศุลกากร | 0.1620473644 |
| การบริหารท่าเรือ, การจัดการสถานที่บรรจุสินค้า, การจัดการสถานีขนส่ง ICD, การได้สัมปทานที่เกี่ยวกับการขนส่ง | 0.1225179526 |
| การบริการคลังสินค้าสาธารณะและการกระจายสินค้า | 0.1065179526 |

ที่มา : จากการศึกษา

1.2) กระบวนการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis - DEA) ผู้วิจัยนำเอาตัว input ของผู้ใช้บริการมาใช้ในการตัดสินใจร่วมด้วย โดยในส่วนของการวัดประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูลด้วยตัวแบบวีอาร์เอส ประกอบด้วย

1. องค์ประกอบของการวัดประสิทธิภาพการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ หมายถึงปัจจัยป้อนหรือปัจจัยนำเข้า (input) และปัจจัยผลผลิตที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (output)

2. ประสิทธิภาพ (efficiency) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปัจจัยนำเข้า (input) กับผลผลิต (output) เป็นดัชนีวัดความมีประสิทธิภาพของหน่วยผลิต

3. ปัจจัยนำเข้า (input) หมายถึง ปัจจัยที่นำไปใช้ในการดำเนินงานและการบริหารจัดการให้เกิดผลผลิตโดยการศึกษานี้ใช้เป็นปัจจัยนำเข้า ได้แก่ ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย

4. ผลผลิต (output) หมายถึง ค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินผู้ให้บริการโลจิสติกส์ตามน้ำหนักและเกณฑ์ในการตัดสินใจในขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ประกอบด้วย การตรงต่อเวลา ระยะเวลาในการส่งมอบ ความถี่ในการส่งมอบ การส่งมอบเร่งด่วน และการตรวจสอบสถานะสินค้า

การวิจัยครั้งนี้ได้นำข้อมูลมาจัดทำเป็นระบบสารสนเทศแล้ววิเคราะห์เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรให้สอดคล้องกับข้อมูลดังนี้

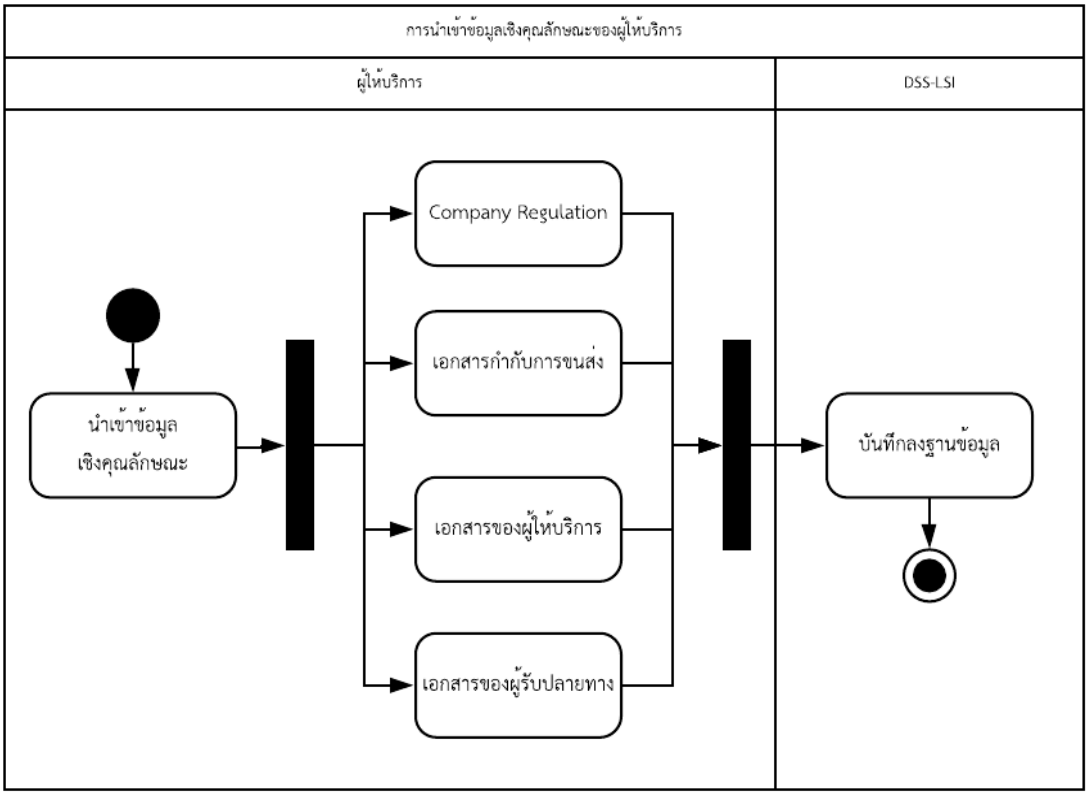
1) ตัวแปรด้านปัจจัยนำเข้าข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ผู้ให้บริการฯ ต้องนำเข้าข้อมูลบริษัทเพื่อใช้เป็นเกณฑ์หลัก ดังนี้

$X_{1j}$ - กฎระเบียบบริษัท

$X_{2j}$ - เอกสารกำกับการขนส่ง

$X_{2j}$ - เอกสารของผู้ให้บริการ

$X_{2j}$ – เอกสารของผู้รับปลายทาง




**ภาพประกอบที่ 3.3** กระบวนการนำเข้าข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

2) ตัวแปรด้านปัจจัยนำเข้าข้อมูลเพื่อการขนส่ง ผู้ให้บริการฯ ต้องนำเข้าข้อมูลการขนส่งเพื่อใช้เป็นเกณฑ์หลักดังนี้

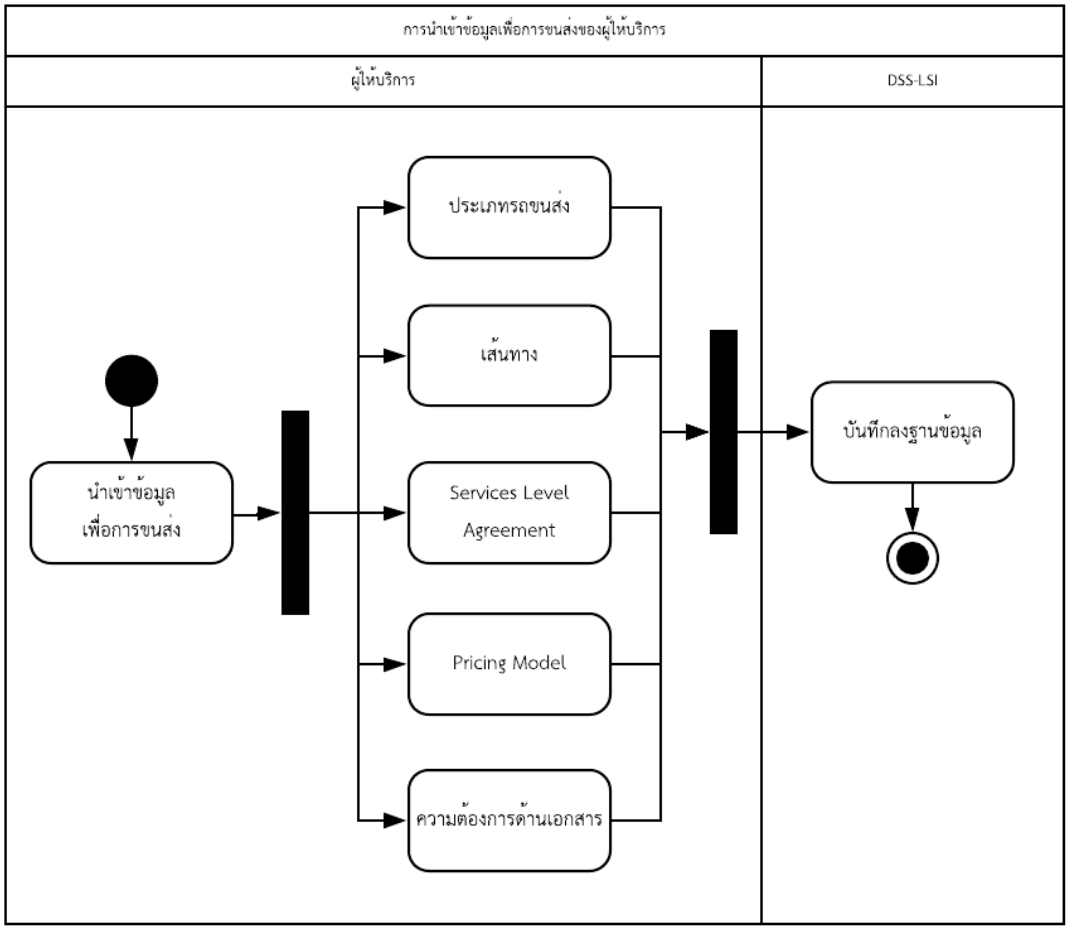
$X_{2j}$ - ประเภทรถขนส่ง

$X_{2j}$ - เส้นทาง

$X_{2j}$ - Services Level Agreement

$X_{2j}$ - Pricing Model

$X_{2j}$ – ความต้องการด้านเอกสาร




**ภาพประกอบที่ 3.4** การนำเข้าข้อมูลการขนส่ง

3) ตัวแปรด้านปัจจัยผลผลิต เพื่อให้ตรงตามมความต้องการของผู้ใช้บริการโลจิสติกส์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ดังนี้

$y_{1j}$ - รูปแบบสินค้า(ยางพารา)

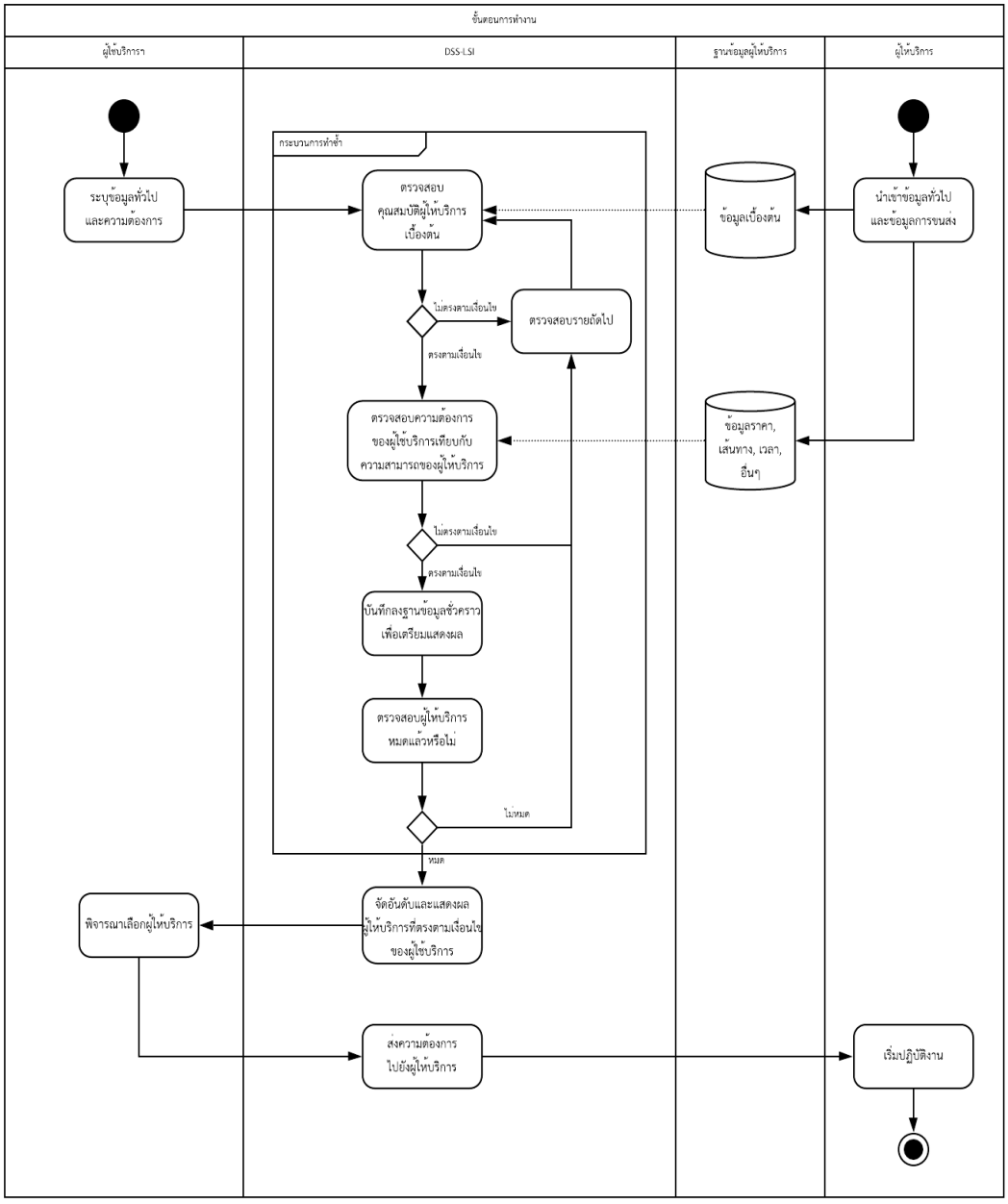
$y_{2j}$ - ระยะทางการขนส่งไปยังปลายทาง

$y_{2j}$ - ต้นทุนการขนส่ง

$y_{2j}$ - ปริมาณการขนส่ง

$y_{2j}$ - ฤดูกาล/ช่วงเวลาการใช้บริการ

$y_{2j}$ - เงื่อนไขการให้บริการ(การชำระเงิน การประกัน ฯลฯ)




**ภาพประกอบที่ 3.5** กระบวนการคัดกรองการทำงานของผู้ให้บริการ

เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรแล้วนำมาใช้กับวิธีการหาค่าประสิทธิภาพในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ จะได้

$$\text{Min}\theta_{J_0}\left\{ - \varepsilon \sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+ \right.$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}\ \lambda j + s_i^- = \theta x_{ijo} \qquad I = 1, \ldots . , m ;$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\ \lambda j + s_i^{+} = y_{rjo} \qquad r = 1, \ldots, s;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^{-}, s_r^{+} \geq 0 \forall_{i,j,r}$$

โดยที่

$\theta_{jo}$ คือ คะแนนประสิทธิภาพของผู้ให้บริการโลจิสติกส์

$X_{ij}$ คือ ปัจจัยนำเข้าที่ 1 ของผู้ให้บริการโลจิสที่ j

$Y_{rj}$ คือ ปัจจัยผลผลิตที่ r ของผู้ให้บริการ โลจิสที่ j

$u_r$ คือ น้ำหนักที่ให้กับปัจจัยผลผลิตที่ r

$V_i$ คือ น้ำหนักที่ให้กับปัจจัยนำเข้าที่ i

s คือ จำนวนปัจจัยผลผลิต

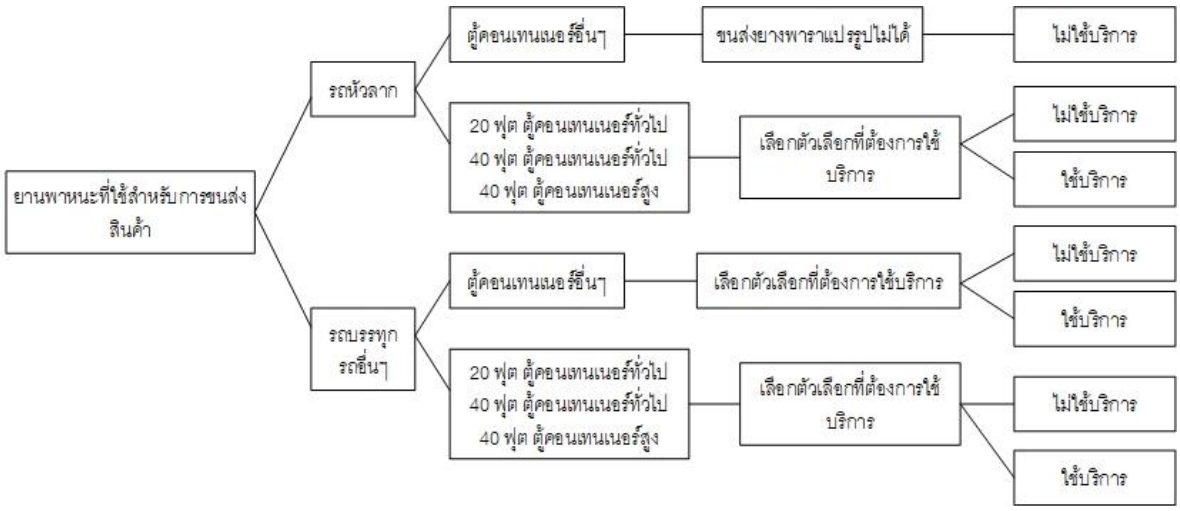
m คือ จำนวนปัจจัยนำเข้า

ทั้งนี้ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นที่ใช้ในเทคนิคดีอีเอตัวแบบประกอบด้วยปัจจัยนำเข้านำเข้าหลายปัจจัย (multiple input) ที่ใช้ในการผลิตผลลัพธ์หลายผลลัพธ์ (multiple output) โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นนี้จะใช้วัดว่าแต่ละผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่กำลังถูกประเมินมีการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยนำเข้าแต่ละปัจจัยในการผลิตผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบมากน้อยเพียงใด แต่สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ด้วยเทคนิคดีอีเอในงานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์เชิงเส้นที่มีเพียงหนึ่งปัจจัยผลผลิต (single output) ที่ใช้แสดงความมีประสิทธิภาพและมีปัจจัยนำเข้าหลายปัจจัยซึ่งใช้เป็นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพสมมติว่า n เป็นจำนวนผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่ถูกประเมินประสิทธิภาพ โดยมี m เป็นจำนวนปัจจัยนำเข้าที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดประสิทธิภาพ หากต้องการวัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของผู้ให้บริการโลจิสติกส์รายที่ 1 จนถึงรายที่ n แล้ว ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นคู่ควบ (dual problem) ที่ใช้ในแบบจำหลอง

**3.1.2) ทดสอบขั้นตอนวิธีการ และสร้างโมเดลหรือตัวแบบ**

1) ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ และขั้นตอนวิธีการของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ได้แก่ J48 หรือขั้นตอนวิธีการของ C4.5, Iterative Dichotomiser 3 (ID3), Logistic Model Trees (LMT), Classification and Regression Trees (CART) และ Random Forest (RF) โดยเริ่มจากการศึกษาโครงสร้างของต้นไม้ตัดสินใจ ที่ประกอบด้วย ใบ (Leaf) กิ่ง (Branch) และราก (Root) ศึกษาถึงการเรียนรู้ของ Decision Tree ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากการคาดคะเน

เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น อาศัยเงื่อนไขเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจว่าเมื่อมีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น จะแสดงผลออกมาอย่างไร ถูกนำเสนอด้วยรูปแบบการตัดสินใจ (If / Then / Else) ขั้นตอนต่อมาคือการสร้างแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ โดยจะเริ่มพิจารณาที่โหนด “ราก” ก่อน การหาโหนดรากจะใช้วิธีคำนวณหาค่า Information Gain ข้อมูลกลุ่มใดมีค่า Information Gain มากที่สุดจะนำมาเป็นโหนดราก แล้วนำข้อมูลที่เหลือมาคำนวณ Information Gain อีกครั้งเพื่อหาโหนดถัดไปที่เหมาะสม



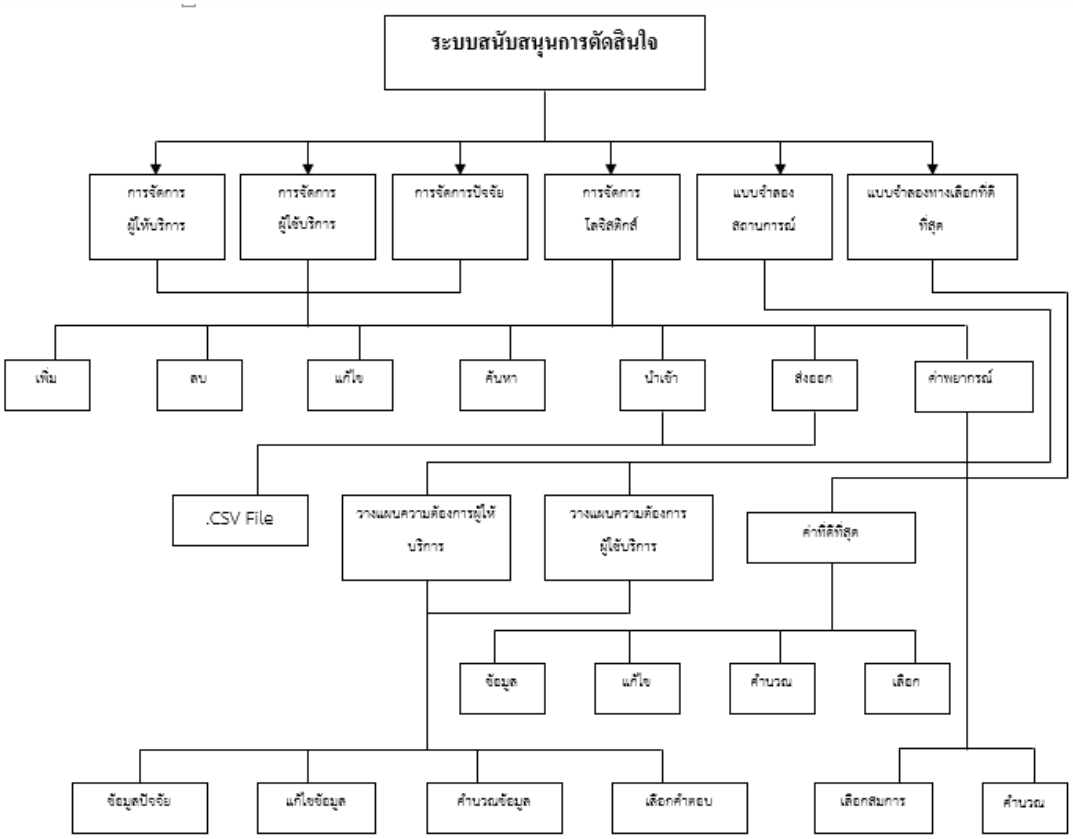

**ภาพประกอบที่ 3.6** ตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจที่มีข้อมูลรายได้เป็นโหนดราก

2) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปได้แก่ โปรแกรม Weka ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาทดสอบขั้นตอนวิธีการของต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งขั้นตอนของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจนี้จะนำมาทดสอบเพื่อหาขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมในการสร้างโมเดลมากที่สุด โดยมีการทดสอบขั้นตอนวิธีการ C4.5, Iterative และ Dichotomiser 3 (ID3), Logistic Model Trees (LMT), Classification and Regression Trees (CART) และ Random Forest (RF)

3) ผู้วิจัยได้ศึกษาเครื่องมือ หรือซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ สร้างโมเดลและทดสอบขั้นตอนวิธีการ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปได้แก่ โปรแกรม Weka ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาทดสอบขั้นตอนวิธีการของต้นไม้ตัดสินใจได้ เนื่องจากมีขั้นตอนวิธีการที่ได้ระบุไว้ให้เลือกใช้ในโปรแกรมครบตามที่กำหนด และสามารถแสดงค่าความแม่นยำของขั้นตอนวิธีการจาก Confusion Matrix นอกจากผู้วิจัยได้พัฒนาระบบด้วย โปรแกรม Adobe Dreamweaver CC ซึ่งใช้ภาษา PHP, Javascript, CSS สำหรับการพัฒนา และสร้างโมดูลที่

เกี่ยวข้องกับระบบงานทั้งหมด และออกแบบฐานข้อมูลด้วย MySQL ซึ่งใช้เครื่องมือ phpMyAdmin ซึ่งระบบแสดงผลลัพธ์บนเว็บบราวเซอร์

4) การสร้างโมเดลหรือตัวแบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาทำการแบ่งประเภทโครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ให้และผู้ใช้บริการโลจิสติกส์




**ภาพประกอบที่ 3.7** โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ให้และผู้ใช้บริการโลจิสติกส์

จากภาพประกอบที่ 3.7 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทำงานของระบบตามกรอบการทำงานของระบบ ประกอบด้วย เกณฑ์การคัดเลือกการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน เงื่อนไขการให้บริการของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับลูกค้าในการจัดจ้างผู้ให้บริการโลจิสติกส์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และข้อมูลที่จำเป็นของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบให้เป็นไปตาม algorithm/pseudo code ที่ออกแบบจากข้อมูล

ที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบผลลัพธ์ตามกรอบแนวคิดในการวิจัย (ผู้ประกอบการขนส่ง (ผู้ให้บริการ)/ผู้ผลิตสินค้า (ผู้ใช้บริการ)) มีขั้นตอนดังนี้

4.1) ข้อมูลนำเข้า (Input) เป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแบบสอบถาม เพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง โดยจะทำการกำหนดข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลอง และจะแสดงข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองดังตารางที่ 3.14-3.26

**ตารางที่ 3.14** ชื่อข้อมูล ชนิดข้อมูล และรายละเอียดของข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลอง

| ลำดับ | ชื่อข้อมูล | ชนิดข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|---|
| 1 | Province | String | จังหวัด |
| 2 | Company | String | รูปแบบของกิจการ |
| 3 | Money | String | เงินทุนจดทะเบียน |
| 4 | Employee | String | พนักงานในกิจการ |
| 5 | Years | String | ระยะเวลาดำเนินกิจการ |
| 6 | Salary | String | รายได้เฉลี่ยต่อเดือน |
| 7 | Car | String | ยานพาหนะ |
| 8 | Amount | String | จำนวนยานพาหนะ |
| 9 | Size | String | ขนาด |
| 10 | Distance | String | เส้นทางวัดจากเส้นทางการขนส่ง |
| 11 | Volume | String | ปริมาณการขนส่ง |
| 12 | Cost | String | ต้นทุนการขนส่ง |

**ตารางที่ 3.15** การแบ่งประเภทจังหวัด (Province)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Phitsanulok | พิษณุโลก |
| 2 | Uttaradit | อุตรดิษถ์ |
| 3 | Tak | ตาก |
| 4 | Phetchabun | เพชรบูรณ์ |
| 5 | Sukhothai | สุโขทัย |

**ตารางที่ 3.16** การแบ่งประเภทรูปแบบของกิจการ (Company)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Company 1 | บริษัทจำกัด (มหาชน) |
| 2 | Company 2 | บริษัทจำกัด |
| 3 | Company 3 | ห้างหุ้นส่วนจำกัด |
| 4 | Company 4 | เจ้าของคนเดียว |
| 5 | Company 5 | อื่นๆ |

**ตารางที่ 3.17** การแบ่งประเภทเงินทุนจดทะเบียน (Money)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Money 1 | ต่ำกว่า 10 ล้านบาท |
| 2 | Money 2 | 10 – 50 ล้าน |
| 3 | Money 3 | 51 – 75 ล้าน |
| 4 | Money 4 | 76 – 100 ล้าน |
| 5 | Money 5 | มากกว่า 100 ล้าน |

**ตารางที่ 3.18** การแบ่งประเภทพนักงานในกิจการ (Employee)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Employee 1 | น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 คน |
| 2 | Employee 2 | 11 – 50 คน |
| 3 | Employee 3 | 51 – 75 คน |
| 4 | Employee 4 | 76 – 100 คน |
| 5 | Employee 5 | มากกว่า 100 คน |

**ตารางที่ 3.19** การแบ่งประเภทพนักงานในกิจการ (Years)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Years 1 | น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี |
| 2 | Years 2 | 6 – 10 ปี |
| 3 | Years 3 | 11 – 15 ปี |
| 4 | Years 4 | 16 – 20 ปี |
| 5 | Years 5 | มากกว่า 20 ปี |

**ตารางที่ 3.20** การแบ่งประเภทรายได้เฉลี่ยต่อเดือน (Salary)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Salary 1 | ต่ำกว่า 500,000 บาท |
| 2 | Salary 2 | 500,001 – 1,000,000 บาท |
| 3 | Salary 3 | 1,000,001 – 1,500,000 บาท |
| 4 | Salary 4 | 1,500,001 – 2,00,000 บาท |
| 5 | Salary 5 | 2,000,001 บาทขึ้นไป |

**ตารางที่ 3.21** การแบ่งประเภทยานพาหนะ (Car)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Tractor | รถหัวลาก |
| 2 | Truck | รถบรรทุก |
| 3 | Etc | รถอื่นๆ |

**ตารางที่ 22** การแบ่งประเภทจำนวนยานพาหนะ (Amount)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | 2 | คัน |
| 2 | 3 | คัน |
| 3 | 4 | คัน |
| 4 | 5 | คัน |

**ตารางที่ 3.23** การแบ่งประเภทขนาดยานพาหนะ (Size)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | 20 | ฟุต |
| 2 | 40 | ฟุต |

**ตารางที่ 3.24** การแบ่งประเภทระยะทาง (Distance)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Distance 1 | ไกลมาก |
| 2 | Distance 2 | ไกล |
| 3 | Distance 3 | ปานกลาง |
| 4 | Distance 4 | ใกล้ |
| 5 | Distance 5 | ใกล้มาก |

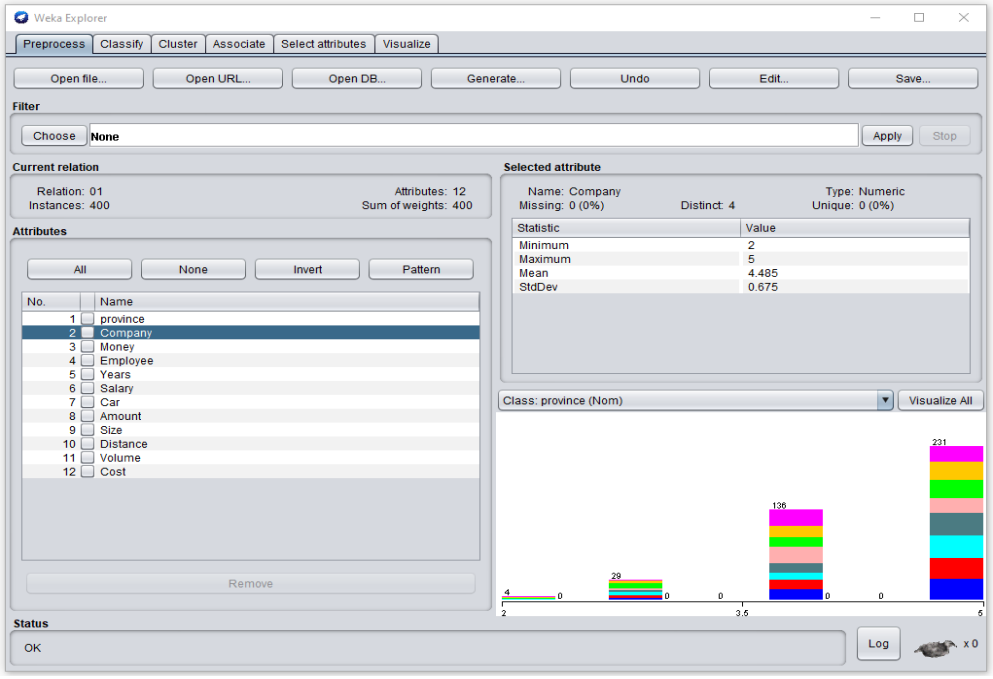
**ตารางที่ 3.25** การแบ่งประเภทปริมาณการขนส่ง (Volume)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Volume 1 | ปริมาณสูงมาก |
| 2 | Volume 2 | ปริมาณสูง |
| 3 | Volume 3 | ปริมาณปานกลาง |
| 4 | Volume 4 | ปริมาณต่ำ |
| 5 | Volume 5 | ปริมาณต่ำมาก |

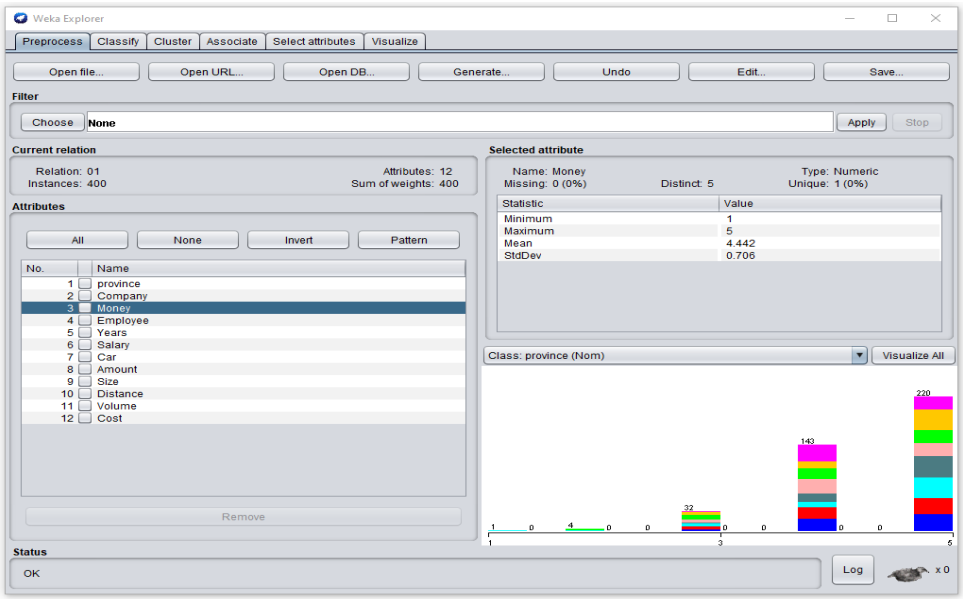
**ตารางที่ 3.26** การแบ่งประเภทปริมาณการขนส่ง (Cost)

| ลำดับ | รหัสข้อมูล | รายละเอียด |
|---|---|---|
| 1 | Cost 1 | สูงมาก |
| 2 | Cost 2 | สูง |
| 3 | Cost 3 | ปานกลาง |
| 4 | Cost 4 | ต่ำ |
| 5 | Cost 5 | ต่ำมาก |

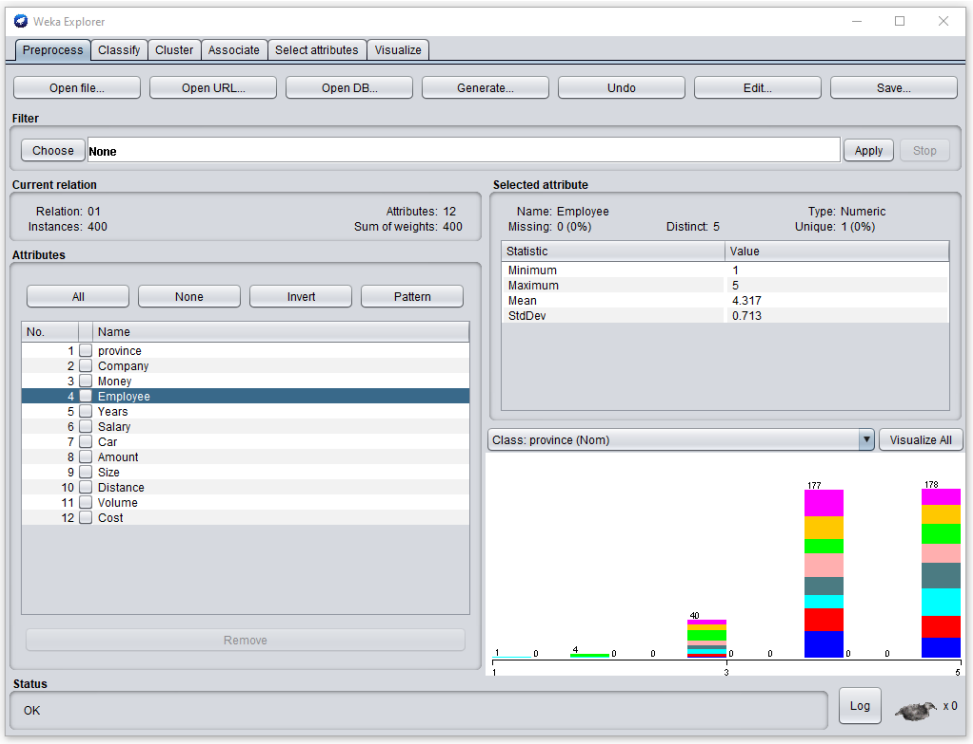
จากข้อมูลในตารางที่จะนำมาสร้างแบบจาลอง เมื่อนำเข้าโปรแกรม Weka แสดงตัวอย่างข้อมูลได้ ดังภาพประกอบที่ 3.6 – 3.10



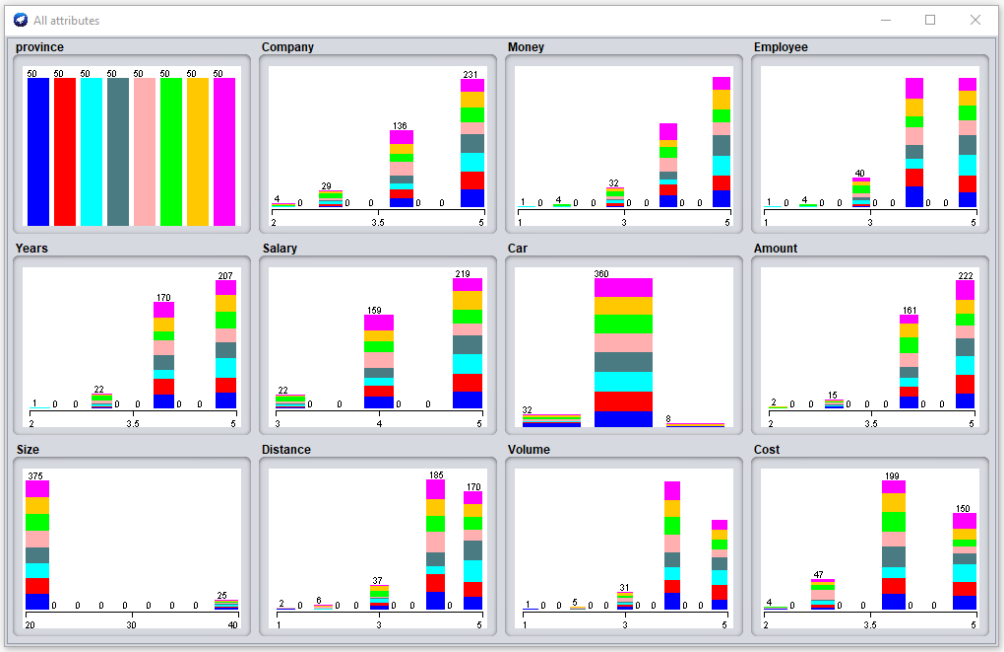

**ภาพประกอบที่ 3.8** ตัวอย่างหน้าต่างข้อมูลบริษัทใน Weka




**ภาพประกอบที่ 3.9** ตัวอย่างหน้าต่างข้อมูลเงินทุนจดทะเบียนใน Weka

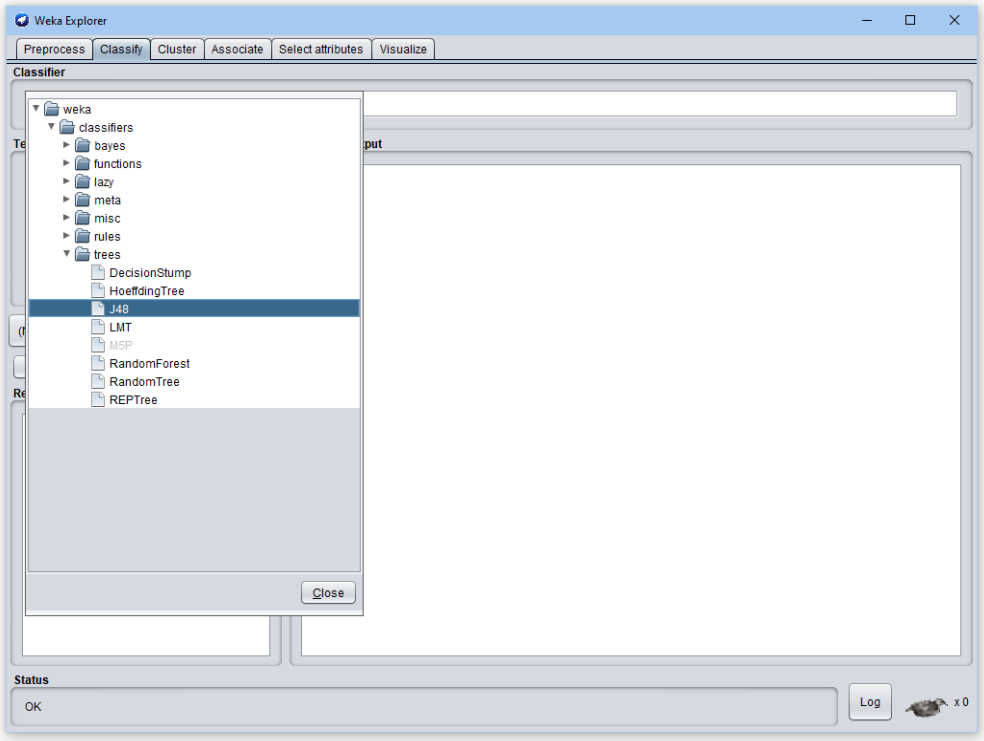



**ภาพประกอบที่ 3.10** ตัวอย่างหน้าต่างข้อมูลพนักงานในกิจการ ใน Weka




**ภาพประกอบที่ 3.11** ลักษณะข้อมูลทั้งหมดที่เตรียมพร้อมสาหรับวิเคราะห์ใน Weka

4.2) กระบวนการทำงาน (Process) จะใช้ข้อมูลที่นำเข้าที่ทราบค่าของ Class ที่ต้องการ มาสร้างการแบ่งประเภทโดยใช้ขั้นตอนวิธีการที่เลือกไว้ โดยทดสอบทีละขั้นตอนวิธีการในโปรแกรม Weka ซึ่งผลการทดสอบ ดังภาพประกอบที่ 47




**ภาพประกอบที่ 3.12** ตัวอย่างการทดสอบแต่ละขั้นตอนวิธีการ

4.3) ผลลัพธ์ (Output) เมื่อโปรแกรมสร้างรูปแบบหรือโมเดลแล้ว จะแสดงรูปของ Tree ที่ได้จากการประมวลผล และ โปรแกรมจะแสดงค่า Confusion Matrix ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำของขั้นตอนวิธีการ จากนั้นทำการทดสอบนำเข้าข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ ซึ่งมีค่า Confusion Matrix ให้ครบทุกอัลกอริทึม

4.4) นำค่า Confusion Matrix ของแต่ละขั้นตอนวิธีการที่ทำการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาขั้นตอนวิธีการที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุด

4.5) นำขั้นตอนวิธีการที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุดไปใช้ในการสร้างโมเดลและพัฒนาระบบต่อไป

5) นำขั้นตอนวิธีการที่ได้มาสร้างโมเดลและพัฒนาระบบ

จากการทดสอบจนได้ขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ใช้บริการโลจิสติกส์ ของอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในพื้นที่สี่แยกอินโดจีน ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยใช้เทคโนโลยี PHP ในพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรม Adobe Dreamweaver CC ใช้ภาษา PHP, Javascript, CSS และสร้างโมดูลที่เกี่ยวข้องกับระบบงานทั้งหมด และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ phpMyAdmin และแสดงผลลัพธ์ผ่านทางโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการของขั้นตอนวิธีการที่ทดสอบนำมาพัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งได้ระบบที่ต้องการ จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บจากแบบสอบถามความต้องการให้บริการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการผลิตและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจำนวน 400 ชุด เพื่อทำการสร้างโมเดลของระบบขึ้น และทำการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของโมเดลต่อไป

6) หาประสิทธิภาพของโมเดล

หลังจากพัฒนาระบบและสร้างโมเดลแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของโมเดล โดยการนำข้อมูลจากแบบสอบถามความต้องการให้บริการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการผลิตและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น จำนวน 400 ชุด เพื่อทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของโมเดล โดยวัดจากค่า ความแม่นยำ Confusion Matrix โดยที่ ค่า Confusion Matrix คือ การประเมินผลลัพธ์การทำนาย (ผลลัพธ์จากโปรแกรม) เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง ๆ

True Positive (TP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริง และผลการทำนายบอกว่าจริง

True Negative (TN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริง และผลการทำนายบอกว่าไม่จริง

False Positive (FP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริง แต่ผลการทำนายบอกว่าไม่จริง

False Negative (FN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริง แต่ผลการทำนายบอกว่าจริง

Predicted class

| Actual class | Classes | $C_1$ | $C_2$ |
|---|---|---|---|
| | $C_1$ | TP | FN |
| | $C_2$ | FP | TN |

แสดงดังสมการ ดังนี้

Sensitivity or Recall คือ ค่าที่บอกว่าโปรแกรมทำนายได้ว่าจริง เป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100 \quad (6)$$

Specificity คือ ค่าที่ ไม่จริง เป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100 \quad (7)$$

Precision คือ ค่าที่บอกว่าโปรแกรมทำนายว่าจริง ถูกต้องเท่าไร การประเมินค่าความแม่นยำ

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \times 100 \quad (8)$$

Accuracy คือ ค่าที่บอกว่าโปรแกรมสามารถทำนายได้แม่นยาขนาดไหน

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100 \quad (9)$$

**3.2 วิธีการประเมินประสิทธิภาพระบบสนับสนุนการตัดสินใจ**

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินระบบ จำนวน 5 คน ได้แก่ 1) อาจารย์ ดร.ภาสพิชญ์ ชูใจ 2)อาจารย์ ดร.ชยันต์ นันทวงศ์ 3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา สิงห์ทองชัย 4) อาจารย์ ดร.สมพร พูลพงษ์และอาจารย์กฤติเดช ฉายจรุง โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ ดังนี้

1) สร้างแบบประเมินซึ่งเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 2 ข้อ ประกอบด้วย เพศ และ ระดับการศึกษา

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 20 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ตามวิธีการของ ลิเคอร์ท (Likert) มี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 102-103) ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมมาก
3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยครอบคลุมข้อมูลประเมินความสามารถของระบบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1) ด้านความสามารถและความถูกต้องของระบบ (Function requirement and Test) จำนวน 9 ข้อ

1.2) ด้านความยากง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) จำนวน 7 ข้อ

1.3) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test) จำนวน 3 ข้อ

2) นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของการประเมิน โดยประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังนี้

2.1) อาจารย์ ดร.ภาสพิชญ์ ชูใจ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2.2) อาจารย์ ดร.ชยันต์ นันทวงศ์ ประธานหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2.3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา สิงห์ทองชัย อาจารย์ประจำ สาขาวิทยาการเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

2.4) อาจารย์ ดร.สมพร พูลพงษ์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2.5) อาจารย์กฤติเดช ฉายจรุง อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ (นักพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการองค์กร) มหาวิทยาลัยราชธานี

สำหรับการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องข้อคำถามกับจุดประสงค์การประเมิน (IOC) มีเกณฑ์การใช้คะแนน ดังนี้

ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นประเมินตามจุดประสงค์

ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นประเมินตามจุดประสงค์

ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าคำถามนั้นไม่สอดคล้องกันระหว่างคำถามกับจุดประสงค์

3) วิเคราะห์ข้อมูลการหาค่าดัชนี ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบประเมินกับจุดประสงค์ในการประเมินความสามารถของระบบ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ซึ่งใช้สูตรดังนี้ โดย IOC เท่ากับ 0.87

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประสงค์

R คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\Sigma R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4) นำแบบประเมินที่ผ่านการประเมินค่า IOC แล้วไปทดลอง (Try-out) กับกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

5) นำผลที่ได้จากแบบประเมินมาหาความเที่ยงโดยวิธีสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค ได้ค่าความสัมประสิทธิ์ความเที่ยง เท่ากับ 0.836

6) จัดพิมพ์แบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต เป็นฉบับสมบูรณ์

**3.3 วิธีการประเมินความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต**

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประเมินความต้องการผู้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ใช้บริการโลจิสติกส์ อาทิ ผู้ประกอบการผลิต/ผู้รวบรวม/ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูปในจังหวัดพิษณุโลกและพื้นที่ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Sample Random Sampling) จากผู้มีประสบการณ์หรือที่ใช้บริการโลจิสติกส์ของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในจังหวัดพิษณุโลกและพื้นที่ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 จำนวน 400 ราย จากกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บได้มีลักษณะเหมือนกัน คือ ผู้ใช้บริการธุรกิจโลจิสติกส์ อาทิ หัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ พนักงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการขนส่งหรือประสานงานด้านการโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป โดยผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต และวิธีการสร้างแบบประเมินจากหนังสือการศึกษาเบื้องต้น และหนังสือการวัดผลและประเมินผลการศึกษา

2) กำหนดกรอบที่จะประเมิน โดยแบ่งประเด็นที่จะประเมิน ได้แก่ 1) ด้านการนำเข้าข้อมูล (Input) จำนวน 8 ข้อ คัดเลือกเอา จำนวน 5 ข้อ 2) ด้านกระบวนการทำงาน (Process) จำนวน 10 ข้อ คัดเลือกเอา จำนวน 7 ข้อ และ 3) ด้านการแสดงผลข้อมูล (Output) จำนวน 8 ข้อ คัดเลือกเอา จำนวน 5 ข้อ

3) สร้างแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความคิดเห็น ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| มากที่สุด | ให้ | 5 | คะแนน |
| มาก | ให้ | 4 | คะแนน |
| ปานกลาง | ให้ | 3 | คะแนน |
| น้อย | ให้ | 2 | คะแนน |
| น้อยที่สุด | ให้ | 1 | คะแนน |

เกณฑ์การให้ระดับคะแนนประเมินแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต ใช้ของมานิตย์ สิงห์ทองชัย (2558)

4) นำแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต เสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินตรวจสอบความถูกต้อง

5) วิเคราะห์ข้อมูลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมความเห็น (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การเลือกค่า IOC รายข้อ ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป โดย IOC เท่ากับ 0.92

6) นำแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคตไปทดลอง (Try-out) กับกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7) นำผลที่ได้จากแบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต มาหาความเที่ยงโดยวิธีสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค ได้ค่าความสัมประสิทธิ์ความเที่ยง เท่ากับ 0.796

8) จัดพิมพ์แบบสอบถามความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคตเป็นฉบับสมบูรณ์ โดยผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบออนไลน์ (google doc) รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับกฎระเบียบการขนส่งยางพาราของด่านหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

**3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

3.4.1 เครื่องมือสำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

1) ใช้โปรแกรม Weka สำหรับทดสอบขั้นตอนวิธีการ และสร้างโมเดลหรือตัวแบบ

2) ใช้ภาษาพีเอชพี (PHP), Javascritp, CSS ใช้สำหรับการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน และเพื่อแสดงผลลัพธ์สนับสนุนการตัดสินใจ

3) ใช้ภาษาอาร์แจ็ก (Ajax: Asynchronous JavaScript and XML) เป็นชื่อของภาษาที่ใช้ใน การโปรแกรม แต่เป็นชุดของเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งหมายถึงการทำงานร่วมกันของจาวาสคริปต์ และเอ็กซ์เอ็มแอล มีหลักการทำงาน 2 ประเด็น คือ การปรับปรุงหน้าจอแบบบางส่วน และ การติดต่อสื่อสารกับเซิฟเวอร์โดยผู้ใช้ไม่ต้องหยุดการทำงาน เพื่อรอการประมวลผลจากเซิร์ฟเวอร์

4) ใช้มายเอชคิวแอล (MySQL) สำหรับจัดการฐานข้อมูล

3.4.2 เครื่องมือสำหรับการประเมินประสิทธิภาพระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ได้แก่ แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพระบบสนับสนุนการตัดสินใจ มี 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสามารถและความถูกต้องของระบบ 2) ด้านความยากง่ายต่อการใช้งานระบบ และ 3) ด้านการรักษาความปลอดภัย

3.4.3 เครื่องมือสำหรับประเมินความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต ได้แก่ แบบสอบถามประเมินความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต มี 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการนำเข้าข้อมูล (Input) 2) ด้านกระบวนการทำงาน (Process) และ 3) ด้านการแสดงผลข้อมูล (Output)

3.4.4 เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับการพัฒนาระบบ ดังนี้

1) ซีพียู (CPU) Intel Core 2 Duo 1.8 GHz.

2) หน่วยความจำ (Memory) 2 GB Windows Vista Ultimate

3) ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) 90 GB

4) การ์ดจอ Intel® 965 Express Chipset Family

**3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

3.5.1 การวิจัยนี้ได้พยากรณ์กับตัวแบบต้นไม้ตัดสินใจ ด้วยเทคนิค J48 ในโปรแกรมสำเร็จรูป Weka โดยทดสอบโมเดลกับชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) เพื่อทดสอบความถูกต้องของโมเดล โดยนำข้อมูลที่จัดเตรียมไว้เป็นชุดข้อมูลทดสอบ

3.5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโมเดลหรือต้นแบบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยประเมินจากค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความถูกต้อง (Accuracy)

3.5.3 การวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน และการวิเคราะห์การประเมินความต้องการผู้ใช้บริการโลจิสติกส์และแนวโน้มในอนาคต โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยในการวิเคราะห์จะใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้ (มานิตย์ สิงห์ทองชัย, 2558) ระดับค่าเฉลี่ย = (คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด) / จำนวนชั้น = (5-1) /5 = 0.8

| | | |
|---|---|---|
| ค่าเฉลี่ย | 4.24 - 5.00 | แปลความว่า มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย | 3.43 – 4.23 | แปลความว่า มาก |
| ค่าเฉลี่ย | 2.62 – 3.42 | แปลความว่า ปานกลาง |
| ค่าเฉลี่ย | 1.81 – 2.61 | แปลความว่า น้อย |
| ค่าเฉลี่ย | 1.00 – 1.80 | แปลความว่า น้อยที่สุด |