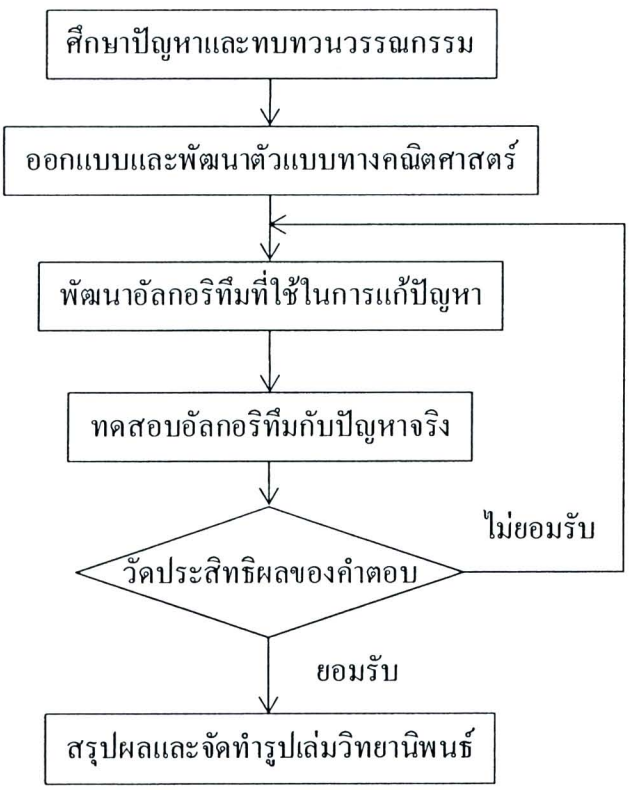
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการวิจัยการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลและจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายระดับ สามารถกำหนดได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะเตรียมการ ระยะดำเนินการออกแบบอัลกอริทึม และระยะหลังดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

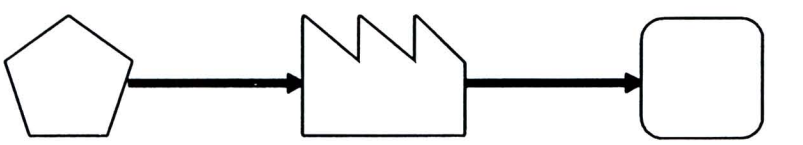


รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 รูปแบบของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

Wu et al. (2002) ได้ระบุถึงรูปแบบของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในปัญหาโลจีสติกส์ว่า โดยทั่วไปจะประกอบด้วยจำนวน, สถานที่ตั้งและความต้องการสินค้าของลูกค้า,จำนวนและสถานที่ตั้งของจุดที่น่าจะตั้งศูนย์กระจายสินค้า ตลอดจนชนิดและขนาดของยานพาหนะซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถหาหรือกำหนดได้ ส่วนการวางแผนการกระจายสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะนั้นจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อให้ (1) ความต้องการของลูกค้าแต่ละรายได้รับการตอบสนอง, (2) ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับการจัดส่งสินค้าโดยยานพาหนะ 1 คันอย่างแน่นอน, (3) ความต้องการโดยรวมในแต่ละเส้นทางจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุของยานพาหนะที่ได้รับมอบหมายให้ไปในเส้นทางนั้น , และ (4)แต่ละเส้นทางจะต้องเริ่มและจบที่ศูนย์กระจายสินค้าเดียวกัน

รูปแบบของปัญหาในส่วนของการขนส่งจะเป็นการขนส่งแบบหลายระดับ (Multi-level) กล่าวคือมีการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งกำเนิดวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานผลิตเอทานอล และมีการขนส่งเอทานอลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้าซึ่งเป็นโรงผสมน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ ดังแสดงในรูปที่3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะของการขนส่งแบบหลายระดับในกรณีศึกษา

ดังนั้น จะสามารถสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางขนส่งของยานพาหนะแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายระดับสำหรับกรณีศึกษาโรงงานผลิตเอทานอลในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดังแสดงข้างล่าง

เซต:

I เป็นเซตของจุดที่มีศักยภาพในการตั้งโรงงานเอทานอลทั้งหมด

J^b เป็นเซตของแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลทั้งหมดซึ่งโรงงานต้องไปรับวัตถุดิบมาผลิต

J^e เป็นเซตของลูกค้าทั้งหมดที่โรงงานต้องนำเอทานอลไปส่ง

K^b เป็นเซตของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบทั้งหมด

K^e เป็นเซตของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเอทานอลทั้งหมด

พารามิเตอร์:

N^b จำนวนของแหล่งวัตถุดิบ

N^e จำนวนของลูกค้า

$C_{ij}^{\ b}$ ระยะทางระหว่างจุด i และ j, โดย $i, j \in I \cup J^b$

$C_{ij}^{\ e}$ ระยะทางระหว่างจุด i และ j, โดย $i, j \in I \cup J^e$

G_i ต้นทุนคงที่สำหรับการตั้งโรงงานผลิตเอทานอล i

M ต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วย

$F_k^{\ b}$ ต้นทุนคงที่สำหรับการใช้ยานพาหนะ k^b

$F_k^{\ e}$ ต้นทุนคงที่สำหรับการใช้ยานพาหนะ k^e

B ต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบ 1 หน่วย

E ต้นทุนในการขนส่งเอทานอล 1 หน่วย

Vi^b ความสามารถในการให้บริการด้านวัตถุดิบสูงสุด ณ โรงงานผลิตเอทานอล i

Vi^e ความสามารถในการให้บริการด้านผลิตภัณฑ์สูงสุด ณ โรงงานผลิตเอทานอล i

$d_j^{\ b}$ ความต้องการให้ไปรับวัตถุดิบของแหล่งวัตถุดิบ j^b

$d_j^{\ e}$ ความต้องการเอทานอลของลูกค้า j^e

$Q_k^{\ b}$ ความจุของยานพาหนะที่ใช้ขนส่งวัตถุดิบ k^b

$Q_k^{\ e}$ ความจุของยานพาหนะที่ใช้ขนส่งเอทานอล k^e

t ค่า emission factor ของการขนส่งทั้งวัตถุดิบและเอทานอล

b ค่า emission factor จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขนส่งทั้งวัตถุดิบและเอทานอล

f ค่า emission factor จากการใช้สารเคมีในการผลิตเอทานอล

γ ค่า emission factor ที่เกิดจากการผลิตน้ำมันดีเซลซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล

g ค่า emission factor ของ CO_2 ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเอทานอล

h ค่า emission factor ของ CH_4 ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเอทานอล

δ ค่า emission factor จากการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้วัตถุดิบเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเอทานอล

v ค่า emission factor ของ E10 จากการใช้เอทานอลเป็นส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ E10

w ค่า emission factor ของน้ำมันเบนซินจากการใช้เอทานอลเป็นส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ E10

p ค่า emission factor ของการผลิตน้ำมันเบนซินแบบดั้งเดิมเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ E10

POP_{ij}^{e} จำนวนประชากรในแถบความเสี่ยง (Bandwidth) ที่จะได้รับผลกระทบจากการขนส่งเอทานอลระหว่างโรงงาน i ถึงลูกค้า j^e

ตัวแปรตัดสินใจ:

$$x_{ijk}^{b} = \begin{cases} 1, \text{ถ้ายานพาหนะ } k \text{ ออกจากจุด } i \text{ ไปยังจุด } j^b \text{ โดย } i, j \in I \cup J^b \\ 0, \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

$$x_{ijk}^{e} = \begin{cases} 1, \text{ถ้ายานพาหนะ } k \text{ ออกจากจุด } i \text{ ไปยังจุด } j^e \text{ โดย } i, j \in I \cup J^e \\ 0, \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, \text{ถ้าจุด } i \text{ เปิดเป็นโรงงานผลิตเอทานอล} \\ 0, \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

$$z_{ij}^{b} = \begin{cases} 1, \text{ถ้าแหล่งวัตถุดิบ } j^b \text{ ได้รับการจัดให้อยู่ในความรับผิดชอบของโรงงานเอทานอล } i \\ 0, \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

$$z_{ij}^{e} = \begin{cases} 1, \text{ถ้าลูกค้า } j^e \text{ ได้รับการจัดให้อยู่ในความรับผิดชอบของโรงงานเอทานอล } i \\ 0, \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

U_{lk}^{b} เป็นตัวแปรช่วย (Auxiliary varible) สำหรับสมการข้อจำกัดด้าน sub-tour elimination ในเส้นทางการรับวัตถุดิบ k^b

U_{lk}^{e} เป็นตัวแปรช่วยสำหรับสมการข้อจำกัดด้าน sub-tour elimination ในเส้นทางการส่งเอทานอล k^{e}

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์:

1) ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์

Minimize

$$\sum_{i\in I} G_i y_i + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} C_{ij}{}^{b} x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^e}\sum_{j\in I\cup J^e}\sum_{k\in K^e} C_{ij}{}^{e} x_{ijk}{}^{e} + \sum_{k\in K^b} F_k^b \sum_{i\in I}\sum_{j\in J^b} x_{ijk}{}^{b} + \sum_{k\in K^e} F_k^e \sum_{i\in I}\sum_{j\in J^e} x_{ijk}{}^{e}$$

(4.1)

2) ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม

Minimize

$$\sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} tC_{ij}{}^{b} d_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} bC_{ij}{}^{b} d_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} fd_j^b x_{ijk}{}^{b}$$

$$+$$

$$\sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} \gamma d_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} gd_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} hd_j^b x_{ijk}{}^{b} +$$

$$\sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} \delta d_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^e}\sum_{j\in I\cup J^e}\sum_{k\in K^e} tC_{ij}{}^{e} d_j^e x_{ijk}{}^{e} + \sum_{i\in I\cup J^e}\sum_{j\in I\cup J^e}\sum_{k\in K^e} bC_{ij}{}^{e} d_j^e x_{ijk}{}^{e} +$$

$$\sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} vd_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^b}\sum_{j\in I\cup J^b}\sum_{k\in K^b} wd_j^b x_{ijk}{}^{b} + \sum_{i\in I\cup J^e}\sum_{j\in I\cup J^e}\sum_{k\in K^e} pC_{ij}{}^{e} d_j^e x_{ijk}{}^{e}$$

(4.2)

3) ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

Minimize $$\sum_{i\in I\cup J^e}\sum_{j\in I\cup J^e} POP_{ij}^e d_j^e \qquad (4.3)$$

สมการขอบข่าย:

Subject to:

$$\sum_{k\in K^b}\sum_{i\in I\cup J^b} x_{ijk}{}^b = 1, \qquad j \in J^b \tag{4.4}$$

$$\sum_{j\in J^b} d_j^b \sum_{i\in I\cup J^b} x_{ijk}{}^b \le Q_k^b, \qquad k \in K^b \tag{4.5}$$

$$U_{lk}{}^b - U_{jk}{}^b + N^b x_{ijk}{}^b \le N^b - 1, \qquad l,j \in J^b, k \in K^b \tag{4.6}$$

$$\sum_{j\in I\cup J^b} x_{ijk}{}^b - \sum_{j\in I\cup J^b} x_{jik}{}^b = 0, \qquad k \in K^b, i \in I\cup J^b \tag{4.7}$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J^b} x_{ijk}{}^b \le 1, \qquad k \in K^b \tag{4.8}$$

$$\sum_{j\in J^b} d_j^b z_{ij}^b - V_i^b y_i \le 0, \qquad i \in I \tag{4.9}$$

$$-z_{ij}^b + \sum_{u\in I\cup J^b}(x_{iuk}{}^b + x_{ujk}{}^b) \le 1, \qquad i \in I, j \in J^b, k \in K^b \tag{4.10}$$

$$\sum_{k\in K^e}\sum_{i\in I\cup J^e} x_{ijk}{}^e = 1, \qquad j \in J^e \tag{4.11}$$

$$\sum_{j\in J^e} d_j^e \sum_{i\in I\cup J^e} x_{ijk}{}^e \le Q_k^e, \qquad k \in K^e \tag{4.12}$$

$$U_{lk}{}^e - U_{jk}{}^e + N^e x_{ljk}{}^e \le N^e - 1, \qquad l,j \in J^e, k \in K^e \tag{4.13}$$

$$\sum_{j\in I\cup J^e} x_{ijk}{}^e - \sum_{j\in I\cup J^e} x_{jik}{}^e = 0, \qquad k \in K^e, i \in I\cup J^e \tag{4.14}$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J^e} x_{ijk}{}^e \le 1, \qquad k \in K^e \tag{4.15}$$

$$\sum_{j\in J^e} d_j^e z_{ij}^e - V_i^e y_i \le 0, \qquad i \in I \tag{4.16}$$

$$-z_{ij}^e + \sum_{u\in I\cup J^e}(x_{iuk}{}^e + x_{ujk}{}^e) \le 1, \qquad i \in I, j \in J^e, k \in K^e \tag{4.17}$$

$$x_{ijk}{}^b = 0,1, \qquad i \in I, j \in J^b, k \in K^b \tag{4.18}$$

$$x_{ijk}{}^e = 0,1, \qquad i \in I, j \in J^e, k \in K^e \tag{4.19}$$

$$y_i = 0,1, \qquad i \in I \tag{4.20}$$

$$z_{ij}{}^b = 0,1, \qquad i \in I, j \in J^b \tag{4.21}$$

$$z_{ij}{}^e = 0,1, \qquad i \in I, j \in J^e \tag{4.22}$$

$$U_{lk}{}^b \ge 0, \qquad l \in J^b, k \in K^b \tag{4.23}$$

$$U_{lk}^{e} \geq 0, \qquad l \in J^{e}, k \in K^{e} \qquad (4.24)$$

(ปรับปรุงจาก: Wu,T.-H. และคณะ (2002), Alumur และ Kara (2007), Buddadee และคณะ (2007), และ Nanthasamroeng และคณะ (2008))

สมการของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์ (4.1) ประกอบด้วยต้นทุนในการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลทั้งหมด, ต้นทุนในการขนส่งทั้งวัตถุดิบและเอทานอลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ และ, ต้นทุนในการใช้ยานพาหนะขนส่งทั้งวัตถุดิบและเอทานอลเช่นเดียวกัน ในขณะที่สมการของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม (4.2) จะประกอบไปด้วยปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกระบวนการขนส่งทั้งวัตถุดิบและเอทานอล, ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตเอทานอล, ค่าชดเชยของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงเมื่อมีการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ทดแทนการใช้น้ำมันเบนซินแบบดั้งเดิม ตลอดจนค่าชดเชยของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงเมื่อมีการใช้กากอ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตแทนที่จะนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และสมการ(4.3) แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของชุมชนที่ยานพาหนะขนส่งเอทานอลแล่นผ่าน

ในส่วนของสมการขอบข่ายนั้นอาจแบ่งได้เป็นสองระดับตามระดับของการขนส่งวัตถุดิบและการขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยในระดับของการขนส่งวัตถุดิบนั้นสมการ (4.4) เป็นการประกันว่าแหล่งวัตถุดิบทุกจุดจะได้รับการจัดสรรเส้นทางให้ยานพาหนะไปรับวัตถุดิบเข้าสู่โรงงาน ส่วนสมการ(4.5) เป็นสมการขอบข่ายด้านข้อจำกัดของความจุของยานพาหนะ ในขณะที่สมการ(4.6) เป็นสมการขอบข่ายที่กำจัดการขนส่งภายในเส้นทาง (Sub-tour elimination) และสมการ (4.7) เป็นสมการขอบข่ายด้านการไหล (Flow constraints) หรือความต่อเนื่องของเส้นทาง (Route continuity constraints) เป็นการประกันว่าเมื่อยานพาหนะเข้าไปรับวัตถุดิบจุดใดต้องออกมาจากจุดนั้น สำหรับสมการ (4.8) เป็นการประกันว่ายานพาหนะแต่ละคันได้รับการจัดเส้นทางให้ไปรับวัตถุดิบได้ไม่เกิน 1 จุด นอกจากนี้ยังมีสมการขอบข่ายที่ประกันว่าโรงงานเอทานอลจะสามารถจัดยานพาหนะไปรับวัตถุดิบได้โดยไม่เกินความสามารถของโรงงานซึ่งแสดงในสมการ (4.9) และสมการ (4.10) จะเป็นการระบุว่าแหล่งวัตถุดิบจะสามารถได้รับการจัดสรรยานพาหนะให้ไปรับได้ก็ต่อเมื่อมีเส้นทางจากโรงงานเอทานอลไปยังแหล่งวัตถุดิบนั้น

สำหรับในระดับของการขนส่งวัตถุดิบนั้นสมการ (4.11) เป็นการประกันว่าลูกค้าทุกจุดจะได้รับการจัดสรรเส้นทางให้ยานพาหนะไปส่งเอทานอลเข้าสู่โรงผสมแก๊สโซฮอลล์ ส่วนสมการ (4.12) เป็นสมการขอบข่ายด้านข้อจำกัดของความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเอทานอล

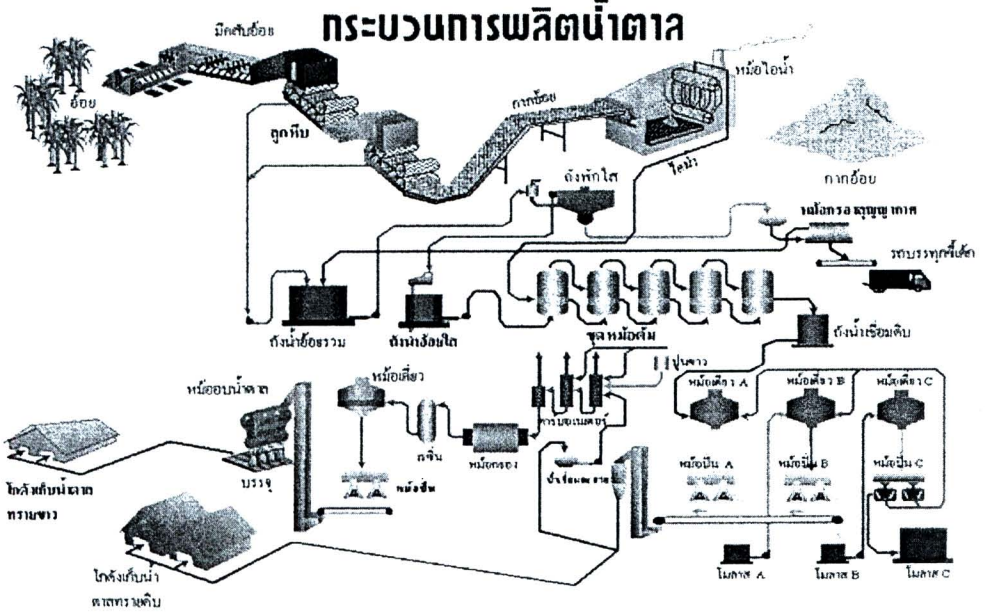
ในขณะที่สมการ(4.13) เป็นสมการขอบข่ายที่กำจัดการขนส่งภายในเส้นทาง (Sub-tour elimination) ของการขนส่งเอทานอล และสมการ (4.14) เป็นการประกันว่าเมื่อยานพาหนะเข้าไปส่งสินค้า ณ จุดใดต้องออกมาจากจุดนั้น สำหรับสมการ (4.8) เป็นการประกันว่ายานพาหนะแต่ละคันได้รับการจัดเส้นทางให้ไปส่งสินค้าได้ไม่เกิน 1 จุด

นอกจากนี้ยังมีสมการขอบข่ายที่ประกันว่าโรงงานเอทานอลจะสามารถจัดยานพาหนะไปส่งสินค้าวได้โดยไม่เกินความสามารถของโรงงานซึ่งแสดงในสมการ (4.9) และสมการ (4.10) จะเป็นการระบุว่าลูกค้าจะได้รับการจัดสรรยานพาหนะให้ไปส่งเอทานอลได้ก็ต่อเมื่อมีเส้นทางจากโรงงานเอทานอลไปยังลูกค้า

3.3 กรณีศึกษาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะสำหรับโรงงานผลิตเอทานอลในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายระดับ

อุตสาหกรรมน้ำตาลถือเป็นอุตสาหกรรมทางการเกษตรอันดับต้นๆ ของประเทศไทย โดยอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลนั้นสามารถเพาะปลูกได้ในพื้นที่และสภาพดินฟ้าอากาศที่ต่างกันตามแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตน้ำตาลอันดับที่ 4 ของโลกรองจากบราซิล, อินเดีย และสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามลำดับ (World Alliance for Decentralized, 2004)

กระบวนการผลิตน้ำตาลจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลักได้แก่ (1) การเตรียมอ้อย (Cane preparation), (2) การหีบอ้อย (Milling or Juice extraction), (3) การฟอก, ต้ม และการเคี่ยว (Clarification, Evaporation and Crystallization) และ, (4) การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Refining or Centrifugaling) ดังแสดงในรูปที่ 2.x



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อย
(ที่มา: สำนักงานกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2007)

จะเห็นว่าในกระบวนการผลิตน้ำตาลจะมีกากอ้อย (Bagasse) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตซึ่งโดยปกติโรงงานน้ำตาลจะนำกากอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำและกระแสไฟฟ้าสำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลต่อไป และยังสามารถขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้อีกด้วย แต่การเผากากอ้อยจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases; GHGs) เป็นปริมาณมาก ซึ่งถือเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดสภาพของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate changing) หรือภาวะโลกร้อน (Global warming)

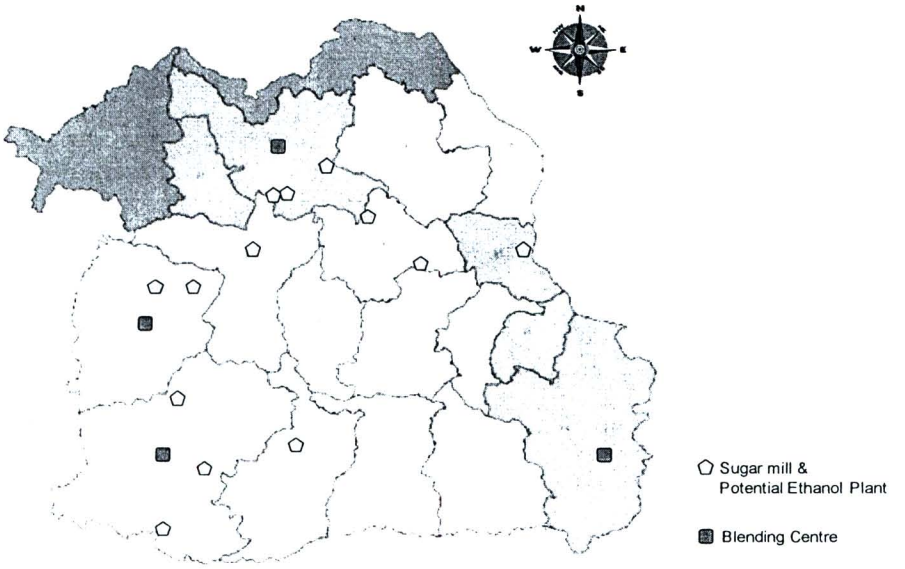
ปริมาณของกากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลในแต่ละปีนั้นมีเป็นปริมาณมหาศาล เฉพาะกากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือก็มีปริมาณรวมกันถึงกว่า 860,000 ตันต่อปี ซึ่งหากมีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงดังกล่าวแล้วนั้น ประมาณได้ว่าจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกถึง 582,177 ตันต่อปีเลยทีเดียว

ตารางที่ 3.1 ปริมาณกากอ้อยที่เหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาลในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลำดับที่	โรงงาน	จังหวัด	ปริมาณกากอ้อย (ตันต่อปี)
1	โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	บุรีรัมย์	36,408
2	โรงงานน้ำตาลสหเรือง	มุกดาหาร	34,150
3	โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	อุดรธานี	68,129
4	โรงงานน้ำตาลเกษตรผล	อุดรธานี	52,631
5	โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	อุดรธานี	52,303
6	โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	ขอนแก่น	87,092
7	โรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง	ขอนแก่น	90,239
8	โรงงานน้ำตาลรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม	ชัยภูมิ	104,983
9	โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมโคราช	นครราชสีมา	89,330
10	โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมอ่างเวียน	นครราชสีมา	89,592
11	โรงงานน้ำตาลเอ็นวาย (ครบุรี)	นครราชสีมา	61,628
12	โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	กาฬสินธุ์	36,663
13	โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์	61,259
	รวม		**864,406**

(ที่มา: Buddadee,2007)

การพิจารณาเพื่อเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะสำหรับกรณีศึกษาโรงงานผลิตเอทานอลในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้นจะเป็นการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุ 3 วัตถุประสงค์ด้วยกัน กล่าวคือ (1) วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วยการลดต้นทุนด้านการขนส่งและการสร้างโรงงาน, (2) วัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกจากกระบวนทั้งหมดทั้งการผลิตและการขนส่ง และ, (3) วัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัย ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับประชาชนที่อยู่ในบริเวณรอบ ๆ เส้นทางขนส่งเอทานอลหากมีการรั่วไหลเกิดขึ้น



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งของโรงงานน้ำตาลและโรงผสมน้ำมันแก๊สโซฮอลล์

ข้อมูลที่ใช้ในการนำมาตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะสำหรับโรงงานเอทานอลจะมาจากหลายแหล่ง โดยข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมส่วนหนึ่งจะมาจากการศึกษาและประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle analysis) โดย Buddadee และคณะ (2007) ซึ่งได้มีการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาดังแสดงในตารางที่ 3.1

สำหรับข้อมูลด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจะมาจากคำนวณแถบความเสี่ยง (Risk bandwidth) ตลอดเส้นทางการขนส่งเอทานอล โดยจากการประมาณขนาดของผลกระทบที่เกิดจากการหกรั่วไหลของเอทานอลซึ่งระบุไว้ในคู่มือการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน (Emergency Response Handbook, 2005) จะพบว่ามีขนาด 800 เมตร ซึ่งจะนำค่าดังกล่าวไปคูณกับจำนวนประชากรเฉลี่ยในแต่ละจังหวัดที่มีเส้นทางการขนส่งเกิดขึ้น โดยมีสมมติฐานว่าความหนาแน่นของประชากรมีการกระจายตัวสม่ำเสมอในแต่ละจังหวัด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์, สิ่งแวดล้อม และความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่ใช้การตัดสินใจ

กระบวนการ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
การขนส่ง	• ต้นทุนค่าขนส่ง • ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงยานพาหนะ • ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง • ต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถ • ขนาดความจุของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง • ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกจากยานพาหนะในการขนส่ง • ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย	- Truck and trailer supplier - Japan Transport Cooperation Association, 2004 - PTT, 2006 -SimaPro V5.1 (LCA software) - Emergency Response Guidebook, 2005 - สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2008
การสร้างโรงงานผลิตเอทานอล	• ต้นทุนในการสร้างโรงงาน • การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเอทานอล	- Kadam,2002 - Wooley et al.,1999 - Aden et al.,2002 - SimaPro V5.1(LCA software)

(ที่มา: ปรับปรุงจาก Buddadee, 2007)