บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย อันได้แก่ ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ และสรุปแนวคิดจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นเทคนิคเพื่อจำลองกระบวนการดำเนินงานของระบบที่มีอยู่จริงโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation model) โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของกลุ่มสมมติฐานของกระบวนการดำเนินการของระบบ ที่แสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical) หรือความสัมพันธ์ทางด้านเหตุผล (Logical) ระหว่างองค์ประกอบของระบบที่สนใจ กระบวนการจำลองสถานการณ์เกี่ยวข้องกับกระบวนการดำเนินการในแบบจำลองผ่านเวลา ซึ่งตามปกติจะดำเนินการผ่านทางคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลของการวัดสมรรถนะของระบบที่สร้างขึ้น แบบจำลองสถานการณ์สามารถนำไปทดสอบสภาวะต่างๆ ที่ต้องการศึกษาเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น และเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Winston,1994)

การจำลองสถานการณ์แบ่งได้เป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปวิเคราะห์ หัวใจสำคัญของการสร้างและใช้งานแบบจำลองคือ ผู้สร้างต้องมีความเข้าใจในระบบงานจริงเป็นอย่างดี จึงจะสามารถดำเนินการสร้างแบบจำลองที่ดีเพื่อเป็นตัวแทนของการศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงได้ดี เพื่อนำไปสู่กระบวนการปรับปรุงการดำเนินการของระบบที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยที่ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Element) ที่มีความสัมพันธ์กัน ความหมายของระบบงานบอกเพียงเฉพาะลักษณะว่ามีลักษณะอย่างไร ซึ่งการบอกรูปร่างหน้าตาที่ชัดเจนจะบอกโดยการกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System boundaries) โดยการกำหนดองค์ประกอบของระบบ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และการกำหนดองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการดำเนินงานของระบบ ซึ่งเรียกว่า สิ่งแวดล้อมระบบงาน (System environment) องค์ประกอบทั้งภายใน และภายนอกระบบจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านี้ภายใต้เงื่อนไขบางประการจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน (System status) ดังนั้น นอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้วยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบ

เหล่านั้น และการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน เนื่องมาจากกิจกรรมขององค์ประกอบ ซึ่งประเภทของระบบงานสามารถจำแนกได้เป็น ระบบต่อเนื่องหรือเป็นช่วง (Continuous & Discrete Systems) และ ระบบตายตัวหรือไม่แน่นอน (Deterministic & Stochastic Systems) การจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีการป้อนข้อมูลนำเข้า และมีผลลัพธ์จากแบบจำลอง การจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลและขั้นตอนต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองจะต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเข้าช่วย ข้อมูลต่างๆ ในระบบงานโดยปกติจะมีความผันแปรไม่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงตามเวลา (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2542)

2.1.2 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ (Law and Kelton, 2000)

1) *ตั้งปัญหาและวางแผนในการศึกษา* เป็นกระบวนการเริ่มต้นของการศึกษาในทุกๆ เรื่อง ซึ่งในการศึกษาจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตของปัญหา และวิธีการวัดผลงานให้ชัดเจน ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะเนื่องจากถ้าตั้งปัญหาไม่ดี ผลที่ออกมาอาจไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการ
2) *เก็บรวบรวมข้อมูล และให้คำจำกัดความของแบบจำลอง* ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะถูกเก็บรวบรวมมาใช้งานในระบบ เพื่อระบุลักษณะการดำเนินงาน และตรวจสอบการกระจายของความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ใช้ในแบบจำลอง การเก็บข้อมูลสามารถหาได้จากข้อมูลภายในระบบ ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ภายในหน่วยงานนั้น และข้อมูลภายนอกระบบ ซึ่งอาจจะเป็นข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบที่ดำเนินการศึกษาอยู่ แบบจำลองที่ดีควรจะมีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอในการเพื่อระบุลักษณะการดำเนินงาน และสามารถให้คำจำกัดความที่แท้จริงของระบบได้ชัดเจน
3) *ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล* การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองควรทำตลอดเวลาในการสร้างแบบจำลองขึ้น เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วจึงควรตรวจสอบความเพียงพอของลักษณะการกระจายความน่าจะเป็น โดยใช้เทคนิคทางสถิติเข้าช่วยทดสอบ
4) *สร้างแบบจำลอง และพิสูจน์ยืนยันความถูกต้อง* การสร้างแบบจำลองไม่มีวิธีการที่กำหนดแน่นอน ผู้สร้างอาจจะเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไปเพื่อจำลองระบบ เช่น FORTRAN, Pascal และ ภาษา C เป็นต้น หรืออาจจะใช้ภาษาสำหรับการจำลองสถานการณ์โดยเฉพาะ เช่น GPSS, SIMAN, SIMSCRIPT เป็นต้น หรืออาจจะใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนามาใช้สำหรับการจำลองสถานการณ์ เช่น ARENA, PROMODEL เป็นต้น หลังจากสร้างแบบจำลองแล้วจะต้องมีการพิสูจน์ยืนยันว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ต้องการศึกษา

5) *ทำการทดลองเบื้องต้น* เพื่อตรวจสอบยืนยันแบบจำลอง และทดสอบความถูกต้องเบื้องต้นของแบบจำลอง

6) *ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง* เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับพฤติกรรมของระบบงานจริง โดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริงที่เงื่อนไขของการใช้ระบบงานที่เหมือนจริง โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติเข้าช่วยทำการวิเคราะห์ ได้แก่

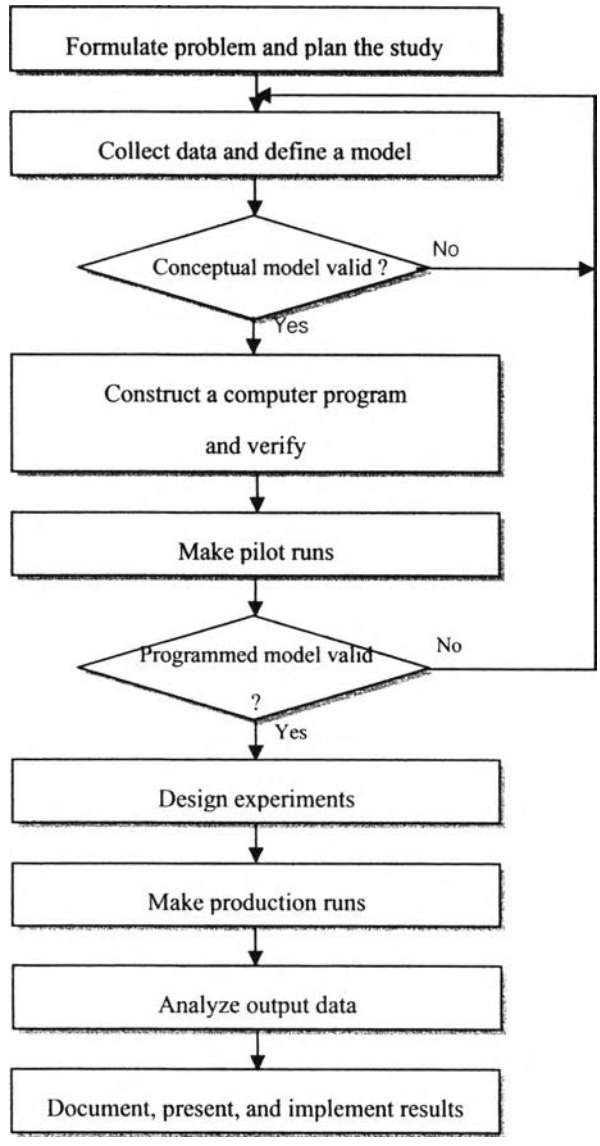
- การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบจริง
- การทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเทียบกับระบบจริง

7) *ออกแบบการทดลอง* จะต้องมีการตัดสินใจว่าจะออกแบบระบบอย่างไรบ้างเพื่อการจำลองสถานการณ์ ซึ่งต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบที่ศึกษา การทดลองแต่ละครั้งจะให้ผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ที่ได้ออกแบบขึ้น การออกแบบระบบแต่ละระบบเพื่อการจำลองสถานการณ์ ต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบทางเลือก และควรจะเป็นวิธีที่เป็นระบบ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาระยะเวลาและจำนวนครั้งของการจำลองแต่ละทางเลือก

8) *ทดลองกระบวนการทำงาน* เมื่อได้ออกแบบการทดลองแล้วดำเนินการทดสอบกระบวนการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบไว้

9) *วิเคราะห์ผลลัพธ์* วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองโดยเทคนิคทางสถิติ และประเมินผลของทางเลือกต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุด

10) *จัดทำเอกสาร, นำเสนอ และแสดงผลจากการนำไปปฏิบัติงาน* นำผลการศึกษามาจัดทำให้อยู่ในรูปแบบเอกสารเพื่อเตรียมสำหรับการนำเสนอและเผยแพร่ต่อไป



รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์

(ที่มา : Law and Kelton, 2000)

การจำลองสถานการณ์เป็นการวิเคราะห์ที่มีลักษณะเดียวกับระบบจริงที่สังเกตเห็นโดยทั่วไปสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่ายกว่าการใช้แบบจำลองการวิเคราะห์ (Analytical models) ในขณะที่แบบจำลองการวิเคราะห์ต้องการสมมติฐานที่มีลักษณะง่ายๆ แต่การจำลองสถานการณ์สามารถศึกษาปัญหาของระบบจริงที่ซับซ้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามการจำลองสถานการณ์นั้นไม่ใช่เทคนิคที่ใช้สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากระบบงานจริงและแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นมีความเหมือนกันทางด้านสถิติซึ่งจะสามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้ แบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงไม่สามารถเหมือนกับระบบจริงทุกประการได้ และแบบจำลองสถานการณ์เป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลในอดีต ดังนั้น ในความเป็นจริงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้ตลอดเวลา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีการนำเอาเทคนิคการจำลองสถานการณ์และแนวทางต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานและแก้ปัญหาในระบบการขนส่งอ้อย ดังต่อไปนี้

2.2.1 งานวิจัยทางด้านการประยุกต์เทคนิคการจำลองสถานการณ์กับระบบการจัดส่งอ้อย

ในการวางแผนการดำเนินงานโดยนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์สำหรับการปรับปรุงพบว่าSingh and Abeygoonawardana (1982) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับชาวไร่อ้อยในการจัดหาปริมาณเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานและช่วยให้โรงงานสามารถบริหารการจัดส่งในแต่ละวันซึ่งต้องขึ้นอยู่กับระยะทางและจำนวนรถบรรทุกอ้อยที่มีอยู่อย่างเหมาะสม ต่อมา Crossley (1987) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ระบบการขนส่งอ้อยในประเทศกำลังพัฒนา โดยพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการขนส่ง ได้แก่ การใช้ประโยชน์ของรถบรรทุก, ค่าใช้จ่ายในส่วนเครื่องมือเครื่องใช้ ชิ้นส่วน การซ่อมแซมและค่าเสื่อมราคา ผลจากโปรแกรมพบว่ามีความสอดคล้องกับระบบจริง จึงสรุปได้ว่าสามารถนำโปรแกรมไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ระบบกาขนส่งอ้อยได้อย่างเหมาะสม

ส่วน Semenzato (1995)ได้แสดงการจำลองวิธีการ สำหรับการจัดตารางการดำเนินงานและการวางแผนการใช้ทรัพยากรสำหรับไร่อ้อยทางทิศเหนือของประเทศเปรู เพื่อทำให้ระยะเวลาระหว่างที่อ้อยถูกไฟไหม้และเวลาที่นำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตมีค่าน้อยที่สุด วิธีการนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งแบบจำลองที่ได้สามารถคำนวณขนาดของไร่อ้อยที่ใหญ่ที่สุดที่จะสามารถส่งอ้อยทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการผลิตภายใน 15 วัน และสามารถทราบปริมาณอ้อยไฟไหม้ที่ไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ทันเวลาและจะต้องเสื่อมสภาพไป การศึกษาได้เน้นไปถึงขนาดไร่ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดในการดำเนินงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม

ขณะที่ Hahn and Ribeiro(1999) ได้ศึกษาเครื่องมือการคำนวณสำหรับการดำเนินการวางแผนการขนส่งอ้อยจากไร่ไปโรงงานในประเทศบราซิล(System Simulator for the Transportation of Sugar Cane, SISTEC) แบบจำลองสถานการณ์นี้ได้พัฒนาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับฮิวริสติกที่สามารถจัดสรรเครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีอยู่ให้กับโรงงานแต่ละแห่ง เพื่อให้สามารถส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานโดยใช้เครื่องมือที่น้อยที่สุด นอกจากการวางแผนงานแต่ละวันแล้ว

SISTEC ยังสามารถใช้ทำนายผลกระทบของการนำเครื่องมือชนิดใหม่มาใช้ในระบบ และสามารถทดสอบผลที่ได้จากวิธีการดำเนินงานที่แตกต่างกันได้อีกด้วย

ส่วน Diaz and Pérez (2000) ได้นำหลักการจำลองสถานการณ์ (Simulation) และหลักการหาความเหมาะสมที่สุด (Optimization) มาใช้กับระบบการขนส่งอ้อยในฤดูการเก็บเกี่ยวในประเทศคิวบา โดยที่มีจุดประสงค์หลักในการศึกษา 3 ประการด้วยกันคือ (1) เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเกิดคอขวดในระบบการขนส่งอ้อย (2) เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาการเกิดคอขวดที่ส่งผลต่อการสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจ และ (3) เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการจัดสรรทรัพยากรซึ่งได้แก่ รถบรรทุก, รถเทรลเลอร์ และรถแทรคเตอร์ให้กับทีมงานแต่ละทีมในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในแต่ละวัน การนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์(Simulation) เทคนิคการตอบสนองเชิงพื้นผิว (Response surfaces) และเทคนิคการหาความเหมาะสมที่สุด(Optimization) มาวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปการตอบสนองเชิงพื้นผิวที่แสดงถึงการไหลของอ้อย, ประสิทธิภาพของทรัพยากร, เวลารอคอย และเกณฑ์ทางด้านสมรรถนะอื่นๆ

การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์สำหรับระบบการเก็บเกี่ยวและระบบการขนส่งของไร่อ้อยในประเทศเม็กซิโกของ Arjona, Bueno and Salazar (2001) ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การเผาอ้อย จนถึงการขนอ้อยเข้าสู่โรงงาน แบบจำลองนี้สร้างเพื่อแก้ปัญหาการผ่อนชำระเครื่องจักรที่ใช้ในไร่ของชาวไร่ ซึ่งแบบจำลองมีความเหมาะสม และตรวจสอบความถูกต้องโดยข้อมูลที่เก็บมาได้มากกว่า 1 ปี ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา วิธีแก้ไขปัญหาเกี่ยวพันถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ ดังนั้นการลดลงของปริมาณเครื่องจักรกลที่ใช้จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มเวลาในการแปรรูปอ้อย ในการผลิตน้ำตาล

Gaucher, Gal and Soler (2003) ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อการวางแผนในการจัดส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตของโรงงานในประเทศแอฟริกาใต้ และนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการประสานความเข้าใจร่วมกันของโรงงาน,ชาวไร่อ้อยและผู้รับจ้างขนส่งอ้อย เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณอ้อยที่ส่งเข้าสู่โรงงานจากชาวไร่ และการแข่งขันอย่างรุนแรง โรงงานจึงต้องดำเนินการวางแผนเพื่อให้มีอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตอย่างเหมาะสมตลอดฤดูการผลิต ซึ่งต้องพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอ้อยในแต่ละช่วงเวลาของฤดูการผลิต โดยแบบจำลองที่ได้พัฒนาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเพื่อเปรียบเทียบปริมาณอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตในแต่ละสัปดาห์และปริมาณน้ำตาลที่ผลิตได้ในฤดูการผลิตนั้นๆ และในแบบจำลองส่วนที่สองพิจารณาถึงโครงข่ายการขนส่งจากไร่เข้าสู่โรงงาน ถึงผลกระทบที่มีต่อการเก็บเกี่ยวในแต่ละวันและปริมาณอ้อยที่ขนส่งเข้าสู่โรงงานจากผู้รับจ้างขนส่ง

ส่วนการศึกษาเพื่อลดความล่าช้าหรือการรอคอยในกระบวนการขนส่งอ้อยให้ลดลงนั้นพบว่า ในประเทศแอฟริกาใต้ Hansen, Barnes and Lyne (1998)ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อเป็นแนวทางการวิเคราะห์ระบบการเก็บเกี่ยวและระบบการขนส่งอ้อยเพื่อลดความล่าช้าของกระบวนการขนส่งอ้อยที่เกิดขึ้นให้น้อยลง การวิเคราะห์ความไวถูกนำมาใช้ทดสอบแบบจำลองการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงาน เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อระบบและจะส่งผลให้ระบบเกิดการพัฒนาได้อย่างไร ซึ่งปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่ ตารางการเผาอ้อย, สัดส่วนของอ้อยส่งเข้าสู่โรงงานโดยตรงและอ้อยที่มัดรวมกันก่อนนำส่งโรงงาน และอัตราการเก็บเกี่ยว เช่น การตัดอ้อย และการขนอ้อย ผลที่ได้พบว่า ตารางการเผาอ้อย และสัดส่วนสัดส่วนของอ้อยที่ส่งโดยตรงเข้าสู่โรงงานมีผลต่อความล่าช้าในการขนส่งอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ จากงานวิจัยสรุปได้ว่าจำเป็นที่จะต้องรวมแบบจำลองการขนส่งอ้อยในส่วนไร่ กับแบบจำลองของลานหน้าโรงงานเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่ความชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระบบการเก็บเกี่ยวอ้อยและระบบการขนส่งอ้อย

ต่อมา Barnes, Meyer and Schmidt (2000) และ Meyer, Schmidt and Barnes (2001) ทำการศึกษาปัญหาความล่าช้าในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในประเทศแอฟริกาใต้ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในการศึกษาและได้ทดสอบแผนการดำเนินการ (scenarios) ทั้งหมด 11 แผนการกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งแผนการเหล่านั้นได้แก่ สถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น, การวางแผนการขนส่งให้สมดุลตลอดระยะเวลา, ตารางการเผาอ้อยในแต่ละวัน, การตัดอ้อยสด, ชาวไร่จำนวนมากที่ส่งอ้อยโดยตรงเข้าสู่โรงงานโดยที่ไม่ต้องผ่านจุดถ่ายโอนอ้อย, การเก็บเกี่ยวอ้อยในวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์, การหีบอ้อยของโรงงานในวันจันทร์ถึงวันเสาร์, จำนวนรถจากบริษัทขนส่งกลาง 100 คัน, จำนวนรถจากบริษัทขนส่งกลาง 80 คัน, การรวมกลุ่มในการเก็บเกี่ยว และระบบในทางอุดมคติ เพื่อประเมินผลความแตกต่างของความล่าช้าในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยในแต่ละแผนการที่สร้างขึ้น ผลจากการทดสอบพบว่าความล่าช้าเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อมีการตัดอ้อยไฟไหม้จำนวนมาก การเปลี่ยนแปลงตารางการเผาเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละวันมีผลต่อความล่าช้าที่เกิดขึ้นซึ่งตารางการเผาอ้อยที่เหมาสมจะทำให้ความล่าช้าในการขนส่งอ้อยลดลงได้ และเมื่อเปลี่ยนกระบวนการเก็บเกี่ยวจากเก็บเกี่ยวโดยไร่แต่ละแห่งเป็นรวมกลุ่มกันเก็บเกี่ยวที่สามารถเผาและเก็บเกี่ยวอ้อยได้เป็นบริเวณกว้างขึ้นกว่าเดิม

สำหรับแนวทางของ คมกฤษณ์ จิระสวัสดิ์(2547) ได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อประเมินผลแนวทางเลือกในการปรับปรุงระบบการจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าของกระบวนการตั้งแต่อ้อยถูกเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย โดยโปรแกรม Extend โดยประเมินผลแนวทางเลือกต่างๆ อันได้แก่ การจัดตารงเวลาการตัดอ้อย การปรับปรุงการซ่อมบำรุง

เครื่องจักรที่ใช้ในระบบหีบอ้อย และการใช้รถตัดอ้อยแทนแรงงานคน ซึ่งพบว่าสามารถลดความล้าช้าที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงการดำเนินงานด้วยแนวทางดังกล่าว

จากการศึกษาพบว่าปัญหาสำคัญที่พบจากระบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน คือ ความล่าช้าในการดำเนินการ การนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้นอกจากจะสามารถแก้ไขปัญหาล่าช้าในการขนส่งที่เกิดขึ้นแล้ว ยังได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาช่วยในกระบวนการตัดสินใจต่างๆ และเพื่อจัดสรรทรัพยากรต่างๆให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการศึกษากระบวนการที่เกิดขึ้นในไร่อ้อยเพื่อจัดตารางการดำเนินการ และการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ เช่น รถบรรทุก รถเทรลเลอร์ ไปยังไร่อ้อยต่างๆให้มีประสิทธิภาพ การศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการที่เกิดขึ้นในโรงงานยังพบไม่มากนัก ในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษากระบวนการจัดส่งอ้อยที่เกิดขึ้นภายในโรงงานเพื่อแก้ไขปัญหาการรอคอยเป็นเวลานานที่โรงงาน

2.2.2 งานวิจัยทางด้านการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับระบบการจัดส่งอ้อย

การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาสำหรับเป็นเครื่องมือช่วงในการตัดสินใจของกระบวนการดำเนินงานก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ดังเช่น งานวิจัยของ Supsomboon and Yosnual (2004) ประยุกต์ stochastic model สำหรับหาปริมาณการสั่งที่เหมาะสม ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของช่วงเวลาในการนำส่งและปริมาณการนำส่งอ้อยเพื่อลดปริมาณคิวและการรอคอยภายในโรงงานให้น้อยลงโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wald's equation เพื่อสร้างตัวแปรสุ่มของการจัดส่ง,เวลานำในการส่ง และเวลาหยุดของกระบวนการ และนำแบบจำลองที่ได้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจของผู้บริหารในการเลือกจุดที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมปริมาณคิวในระบบไม่ให้สูงจนเกินไป

ในส่วนของการจัดสรรปริมาณการขนส่งอ้อย พบว่า Yosnual and Supsomboon (2004) แสดงการจัดสรรปริมาณการส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยโดยประยุกต์ใช้ Integer linear programming เพื่อผลของกำไรสูงสุด ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนการขนส่ง, แรงงานสำหรับการเก็บเกี่ยวและปริมาณอ้อยสะสมในโรงงาน

เชษฐา ชำนาญหล่อ และศุภชัย ปทุมนากุล(2547ก) นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ของการแก้ปัญหาการจัดสรรรถบรรทุก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดของรถบรรทุกทั้งหมด ในการขนส่งอ้อยจากพื้นที่เก็บเกี่ยวสู่โรงงานซึ่งได้กำหนดปริมาณการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละเดือนไว้แน่นอนโดยพิจารณาถึงรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งอ้อย 2 ประเภท คือ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้หาผลเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกทั้งหมด ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มจำนวนรอบในการ

เข้าคิวที่มากขึ้นจะมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยลดต่ำลง เนื่องจากการกำหนดปัญหาในครั้งนี้คำนึงถึงเพียงแต่ปัจจัยค่าขนส่ง ยังไม่ได้พิจารณาถึงความพร้อมของการตัด และปัจจัยทางด้านแรงงาน รูปแบบทางคณิตสาสตร์นี้จึงนำมาใช้สำหรับการตัดสินใจ ในการกำหนดจำนวนรอบ และจำนวนรถบรรทุกในระบบ นอกจากจะได้ศึกษาถึงกรณีการขนส่งอ้อยจากพื้นที่เก็บเกี่ยวสู่โรงงาน ซึ่งได้กำหนดปริมาณการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละเดือนไว้แน่นอน เชษฐา ชำนาญหล่อ และศุภชัย ปทุมนากุล(2547ข) ยังได้ทำการศึกษาเมื่อปริมาณอ้อยเก็บเกี่ยวไม่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละเดือน โดยที่อ้อยที่ควรเก็บเกี่ยวในเดือนแรกๆสามารถเลื่อนไปเก็บเกี่ยวในเดือนหลังจากนั้น เพื่อศึกษาจำนวนเดือนที่เหมาะสมกับปริมาณอ้อยที่มีอยู่เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าขนส่ง

นันทิกา ชัยกัณหา และศุภชัย ปทุมนากุล (2547) ได้นำเสนอการจัดกลุ่มเกษตรกรไร่อ้อยเพื่อให้ระยะทางการขนส่งรวมในกลุ่มที่มีระยะทางสูงสุดต่ำที่สุด โดยพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดกลุ่มและทดลองกับปัญหาหลายลักษณะเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการจัดเกษตรกรเป็น 10 กลุ่ม เพื่อจัดส่งอ้อยเป็นเวลา 10 วัน

นอกจากการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้แล้ว Raicu and Taylor (2000) ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ๆ เข้าสู่อุตสาหกรรมน้ำตาลในประเทศออสเตรเลีย โดยทำการศึกษาเพื่อต้องการระบบการบริหารการเก็บเกี่ยว และกระบวนการขนส่งอ้อยที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศโดยเน้นในส่วนของการแสดงทางจอภาพ, แบบจำลอง และระบบการบริหารการขนส่งและการเก็บเกี่ยวอ้อย การรวมระบบ GPS/GIS, ระบบการสื่อสารไร้สาย และระบบการคำนวณความเร็วสูงเข้าด้วยกัน ซึ่งเกี่ยวพันกับกระบวนการ mapping, การจัดตาราง และการจำลองระบบการขนส่งอ้อยในไร่ ทำให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่จำนวนมากได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.2.3 งานวิจัยทางด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกเหนือจากการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

สำหรับการศึกษาในเรื่องการวางแผนการขนส่งน้ำตาลจากโรงงานพบว่า Vliet, Boender and Kan (1992) ได้ดำเนินการศึกษาปัญหาการจัดตารางการส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลในรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถหลายๆเส้นทางโดยมีข้อจำกัดทางด้านเวลา (Multi-depot vehicle-routing problem with time window ,MDVRPTW) ซึ่ง Suiker Unie ผู้ผลิตน้ำตาลทรายใหญ่ของประเทศเนเธอร์แลนด์ได้จัดซื้อ ORTEC Consultants' SHORTREC package สำหรับแก้ปัญหา MDVRPTW และผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้ดีขึ้นเพื่อระบบการวางแผน tailor – made automated planning system และ Suiker Unie นำเอาระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้เพื่อปรับปรุงการจัดตารางการส่งน้ำตาลในแต่ละวัน และมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วย

ต้นทุนต่ำ ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนระยะการเดินทางของรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายคนขับรถ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายล่วงเวลา และต้นทุนค่าเช่ารถบรรทุก นอกจากนั้นยังพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพการวางแผนการผลิต ซึ่งสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานไปได้ถึง 7 %

ในการศึกษาด้านกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์อื่นๆ พบว่ามีการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ไปใช้กับกระบวนการขนส่งไม้โดย Weintraub, Epstein, Morales, Seron and Traverso (1996) ทำการศึกษาปัญหาในกระบวนการขนส่งไม้ในแต่ละวัน จากจุดเริ่มต้นตัดไม้ที่แตกต่างกันไปยังปลายทางตามความต้องการที่มีในแต่ละวัน งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ ASICAM ที่มีพื้นฐานมาจากกระบวนการจำลองสถานการณ์ด้วยกฎฮิวริสติก เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการจัดตารางของรถบรรทุกในแต่ละวัน ระบบ ASICAM ได้นำไปดำเนินการในโรงงานทำไม้ขนาดใหญ่ทั้งหมด 8 แห่ง ในประเทศชิลี ซึ่งพบว่าสามารถช่วยลดต้นทุนและกระบวนการดำเนินงานโดยรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มงคล สมหมายไชยา(2544) ได้ศึกษาปัญหาความล่าช้าในการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมุ่งเน้นการลดเวลาการรอรับบริการ จากการจัดสรรจำนวนรถขนส่งและหัวจ่ายน้ำมันแต่ละชนิดให้เหมาะสม โดยใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมต่ำที่สุด โดยนำเทคนิคการจำลองแบบปัญหามาเป็นแนวทางในการศึกษา เพื่อทำให้เวลาตั้งแต่ได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจนกระทั่งรถขนส่งเดินทางไปถึงสถานีบริการมีค่าไม่เกินระดับที่ต้องการคือ 6 ชั่วโมง

นอกจากปัญหาด้านการขนส่งอ้อยและน้ำตาล ยังมีการศึกษาในด้านของต้นทุนการขนส่งอ้อย โดย Paitoon, Aroon and Decha (2001) ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของระบบการขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงาน และรวมไปถึงต้นทุนการเก็บเกี่ยวอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งพบว่าต้นทุนการขนส่งอ้อยมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบการขนส่งที่หลากหลาย และเวลาจำนวนมากที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆของการขนส่งอ้อย ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วต้นทุนการขนส่งของชาวไร่(ไม่รวมต้นทุนแรงงานอื่นๆ)จะอยู่ในช่วง 180 – 220 บาท/ตัน ในปี 1999 โดยที่ต้นทุนส่วนใหญ่ประกอบด้วยค่าเช่ารถบรรทุกและค่าแรงคนขับรถ แนวทางเพื่อปรับปรุงเพื่อให้ได้ประโยชน์ทั้งฝ่ายโรงงานและชาวไร่ ได้เสนอให้มีการลดต้นทุนการขนส่ง โดยสร้างสถานีขนถ่ายอ้อยเพื่อช่วยลดต้นทุนการขนส่งของชาวไร่ขนาดเล็ก

2.2.4 งานวิจัยทางด้านต้นทุนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

การศึกษาของ พรชัย ท้วมปาน(2545) ได้ดำเนินการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและโครงสร้างกิจกรรมในกระบวนการขนส่งอ้อยจากไร่ไปยังโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในภาคกลางของประเทศไทย โดยวิเคราะห์ต้นทุนและเวลาในการทำกิจกรรม ผลการศึกษาโครงสร้างต้นทุนการ

ขนส่งอ้อยพบว่าต้นทุนการตัดและลำเลียงอ้อยขึ้นรถมีสัดส่วนสูงที่สุด และวิธีการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนในการตัดและขนอ้อยขึ้นรถใช้ต้นทุนต่อเที่ยวสูงที่สุด และสามารถสรุปแนวทางการแก้ไขได้เป็น 3 แนวทาง คือ แนวทางแรกเลือกวิธีการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมกับปริมาณผลผลิต เพื่อแก้ไขกระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อย แนวทางที่สองเป็นแนวทางเพื่อลดความสูญเสียในการขนส่งอ้อย โดยการให้ความรู้แก่ชาวไร่อ้อยให้ตระหนักถึงต้นทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวและขนส่ง แนวทางที่สามนำเสนอเพื่อปรับลดเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งโดยการประสานความร่วมมือระหว่างชาวไร่อ้อยและโรงงานในการจัดกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยร่วมกัน

จากการศึกษางานวิจัยเหล่านี้สามารถเรียนรู้สภาวะของการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยที่เกิดขึ้นในประเทศผู้ผลิตน้ำตาลหลายประเทศ โดยพบว่ากระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อยในต่างประเทศส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรเข้าช่วยในกระบวนการ ซึ่งแตกต่างจากการเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทยที่ส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคน ซึ่งเห็นได้จากในต่างประเทศมีการศึกษาในด้านการจัดสรรเครื่องกลการเก็บเกี่ยวและรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมที่สุด

เมื่อพิจารณาถึงการนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการพบว่าการจำลองสถานการณ์เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่งอ้อยและน้ำตาลทราย ทั้งนี้เนื่องจากระบบการขนส่งอ้อยเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ มากมาย การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังมีข้อจำกัดบางประการอยู่บ้างที่ไม่สามารถนำมาพิจารณาได้ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการจำลองแบบปัญหาก็ไม่ใช่เทคนิคที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ แต่เป็นการนำเสนอแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมในสภาวการณ์ต่างๆ บนพื้นฐานของข้อมูลในอดีตที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังได้เรียนรู้จากงานวิจัยของ Paitoon *et.al.* (2001) และพรชัย ท้วมปาน(2545) ในปัญหาทางด้านต้นทุนที่เกิดขึ้นในการขนส่งอ้อย และได้เรียนรู้ถึงสภาวะการขนส่งผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การขนส่งไม้ของ Weintraub *et.al.* (1996)การขนส่งน้ำตาลของ Vliet *et.al.* (1992) และการแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการขนส่งน้ำมันของ มงคล สมหมายไชยา (2544).

2.3 สรุปท้ายบท

จากแนวคิดต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดำเนินการวิจัยต่อไป สำหรับในงานวิจัยนี้จะดำเนินการศึกษา เพื่อออกแบบระบบการจัดส่งอ้อยที่โรงงานน้ำตาล เพื่อเสนอแนะแผนการต่างๆ ในการปรับลดความล่าช้าที่เกิดขึ้นในโรงงานให้ลดลง และสามารถดำเนินการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้ เนื่องจากพบว่าเทคนิคการจำลองสถานการณ์เป็นเทคนิคที่เหมาะสมต่อการนำมาศึกษาระบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน