บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมสูงที่สุดและนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จึงได้ทำการศึกษางานวิจัยต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย และการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายในวิธีการต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในประเทศต่าง ๆที่ทำการเพาะปลูกอ้อย ได้แก่ ประเทศไทย ออสเตรเลีย คิวบา แอฟริกาใต้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีทาบูเสิร์ช (Tabu search) เพื่อทำการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพจากคำตอบเริ่มต้นที่พัฒนาด้วยวิธีฮิวริสติก

2. การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยและวิธีการต่าง ๆในการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

สำหรับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยและวิธีการต่าง ๆในการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย มีรายละเอียดและตัวอย่างงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย (Sugarcane harvest scheduling)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย เป็นงานวิจัยที่ทำการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวโดยมีวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดและเงื่อนไข รวมถึงวิธีการหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหามีความแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างงานวิจัยด้านการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ได้แก่ การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์จากระบบ Linear regression เพื่อใช้ในการเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของโรงงานและอัตราการเก็บเกี่ยวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ (ครองสิทธิ์ ดวงมณี & กฤต สุวรรณาศรัย, 2547) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มที่มีลักษณะปัญหาเป็นแบบ Generalized assignment problem ในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวอ้อยช่วงเวลาวงรอบของการเพาะปลูกและช่วงเวลาที่จะไถกลบแปลงปลูกสำหรับเขตพื้นที่การเพาะปลูกอ้อย โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลตอบแทนรวมสูงสุดในช่วงการวางแผนการเพาะปลูกเป็นเวลาหลายปี มีข้อจำกัดในด้านการกำหนดพื้นที่ ความเสมอภาค การหีบอ้อย และปริมาณการขนส่ง (Higgins, 1999) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง (Linear programming) ในการหาวันเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีที่สุด โดยอาศัยเงื่อนไขตำแหน่งที่ตั้ง ความแตกต่าง

ของพันธุ์อ้อย ลักษณะการเพาะปลูก เป็นต้น มีสมการเป้าหมายคือผลผลิตน้ำตาลรวมและผลตอบแทนรวมสูงสุด (Higgins et al., 1998) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของสมการพหุนาม (Binomial polynomial) ของแนวโน้มค่าความหวานของอ้อยจากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกในอดีตของประเทศออสเตรเลีย และจัดสัดส่วนอ้อยกับสัปดาห์ที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าความหวานสูงสุดในแต่ละรอบการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังได้นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้มาทำการพัฒนาเป็นคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ (Computer software) ชื่อว่า SugarMax เพื่อใช้ในการจัดตารางการเก็บเกี่ยว โดยให้ผลลัพธ์เป็นสัดส่วนของปริมาณอ้อยที่จะเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบและแต่ละพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งทำให้ผู้เพาะปลูกสามารถติดตามแนวโน้มของค่าความหวานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวอ้อย (Jiao et al., 2005) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบผสมจำนวนเต็ม (Mixed integer programming) สำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยในวันที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลสูงที่สุด จากการพยากรณ์การเจริญเติบโต น้ำหนักลำต้นต่อผลผลิตน้ำตาลต่อลำต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งเมื่อได้ค่าคำตอบที่เหมาะที่สุดแล้ว จะสามารถทำให้ได้ผลตอบแทนรวมสูงสุดตามไปด้วย (Salassi et al., 2002) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในด้านความเร็วในการหีบอ้อย การเก็บรักษาอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว การเก็บเกี่ยวอ้อยรูปแบบที่เป็นแรงงานและเครื่องเก็บเกี่ยว และการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอการวางแผนการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ตารางการเก็บเกี่ยวที่มีการสูญเสียซูโครส (Sucrose) น้อยที่สุดอีกด้วย (Grunow et al., 2007) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างงานวิจัยด้านการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่กล่าวมานั้น พบว่า การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์เป็นแนวทางสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้เป็นอย่างดี ซึ่งลักษณะของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่นักวิจัยมีความสนใจ

นอกจากวิธีการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แล้ว ยังมีวิธีอื่น ๆในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ดังนี้ Higgins (1999) ได้ใช้วิธีการทางฮิวริสติก โดยหาคำตอบเริ่มต้นจากการประมาณค่าจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของ Higgins et al. (1998) แล้วประยุกต์ใช้เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีทาบูเสิร์ชที่ไม่มีทาบูลิสต์ (Tabu list) ทำการควบคุมการแกว่งของคำตอบอย่างพลวัตจนได้คำตอบที่ดี Higgins & Muchow (2003) ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินทางเลือกที่เหมาะสมของการเปลี่ยนแปลงวันเก็บเกี่ยวอ้อย โดยอาศัยข้อมูลผลผลิตอ้อยหรือค่าความหวานของอ้อยที่แตกต่างกันจากวันเก็บเกี่ยวอ้อยย้อนหลังในอดีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลตอบแทนและผลผลิตน้ำตาลสูงสุด Lejars et al. (2008) นำเสนอคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ ที่มีชื่อว่า MAGI เพื่อหาค่าผลผลิตน้ำตาลของโรงงาน โดยพิจารณาจากกำลังการผลิตในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กำลังการหีบอ้อย การระเหย การตกผลึก และคุณภาพอ้อยที่มีผลต่อกำลังการผลิตดังกล่าว เช่น ปริมาณไฟเบอร์ (Fiber) ของอ้อยมีผลต่อกำลังการหีบอ้อย บริกซ์ (Brix) มีผลต่อกำลังการผลิตในการ

ระเหยและการตกผลึกของน้ำตาลทราย เป็นต้น สุนันทา กิ่งไพบูลย์ และคณะ (2547) ได้ทำการจัดลำดับความเหมาะสมของแปลงปลูกอ้อยเพื่อตัดและขนส่งเข้าสู่โรงงานน้ำตาลโดยการนำชั้นข้อมูลของพื้นที่ปลูกอ้อย กลุ่มดิน เส้นถนนและสัญญาต้นมาซ้อนทับ และนำค่าคะแนนของแต่ละชั้นข้อมูลมาคูณกัน และจัดลำดับความเหมาะสมของแปลงปลูกอ้อยว่า แปลงอ้อยไหนควรจะตัดและขนส่งเข้าโรงงานตามลำดับก่อนหลัง จากวรรณกรรมดังกล่าวมานี้ การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้วิธีการทางฮิวริสติก เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และการสร้างคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ยังสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกและง่ายต่อการปรับเปลี่ยนค่าอินพุตและพารามิเตอร์ต่าง ๆ

2.2 วิธีการต่าง ๆสำหรับการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

นอกจากการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยแล้ว ยังมีแนวทางอื่น ๆที่มีผู้วิจัยให้ความสนใจเกี่ยวกับการจัดการปัญหาด้านอ้อย เช่น ปัญหาการเพาะปลูกอ้อย ปัญหาการขนส่งอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว ปัญหาการบริหารจัดการหน้าลานของโรงงาน ซึ่งปัญหาต่าง ๆที่กล่าวมานี้ มีความเกี่ยวข้องกันในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายและมีผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยที่จะทำการเก็บเกี่ยวและผลผลิตน้ำตาลที่โรงงานจะได้รับอีกด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการเพาะปลูกอ้อย ยกตัวอย่างเช่น อรรถชัย จินตะเวช และคณะ (2540) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อย โดยทำการประมวลกันอย่างเป็นระบบในรูปของแบบจำลองอ้อยที่ชื่อว่า Thaicane และนำแบบจำลองอ้อยมาประมาณผลผลิตอ้อยร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีข้อมูล-ระยะไกล โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมเชื่อมโยงที่ชื่อว่า Thaisis 1.0 กัลปพฤกษ์ ผิวทองงาม & กาญจนา เศรษฐนันท์ (2549) นำเสนอการบริหารจัดการแบบห่วงโซ่อุปทาน โดยประกอบด้วยเทคนิคต่าง ๆร่วมกัน ได้แก่ การใช้ฐานข้อมูล การใช้โปรแกรมจำลองพัฒนาการของอ้อย เช่น โปรแกรม CANEGRO และการใช้เทคนิคทางฮิวริสติก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสูงสุดและโรงงานสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิต ซึ่งจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรควรปลูกอ้อยพันธุ์ใด เมื่อใด และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อใด Bezuidenhout & Singels (2007) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติและรูปแบบดำเนินงานวิจัยของการเพาะปลูกอ้อย เพื่อใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อยจากการเพาะปลูกอ้อยในประเทศแอฟริกาใต้ โดยอาศัยข้อมูลในอดีตและการจำลองผลผลิตอ้อยด้วยแบบจำลองและทำการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ และ Semenzato (1995) ได้เสนอฮิวริสติกอัลกอริทึม เพื่อจำลองสถานการณ์ช่วงเวลาระหว่างการเผาอ้อยกับการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการเผาอ้อยและช่วยในการตัดสินใจของเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูก

ในด้านการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน Higgins et al. (2004) แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย และได้พัฒนาวิธีการเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานโดยทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกอ้อย เชฎฐา ชำนาญหล่อ (2547) พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบการโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear programming) และการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm) ในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยเพื่อขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดตลอดฤดูกาลหีบอ้อย ภายใต้ข้อจำกัดด้านจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง เป็นต้น และ Higgins (2006) พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดตารางรถบรรทุกอ้อยในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน และประยุกต์ใช้วิธีเมตะฮิวริสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีทาบูเสิร์ชและวิธีแวรีเบิลเนเบอะฮูดเสิร์ช (Variable neibourhood search) ซึ่งมีสมการเป้าหมายคือ เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกอ้อยที่จะเข้าโรงงานและเวลาว่างงานของการหีบอ้อยต่ำที่สุด

การบริหารจัดการหน้าลานเพื่อให้เวลาในการรอคิวของอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตลดลงวิธีหนึ่ง คือ การจัดคิวรถบรรทุกอ้อยล่วงหน้า โดยศุภชัย ปทุมนากุล และคณะ (2547) ทำการศึกษาเพื่อวางแผนและการจัดระบบคิวรถบรรทุกอ้อยโดยใช้หลักการตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic) และพัฒนาวิธีการให้อยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำไปใช้งานในระบบการจัดระบบคิวอ้อยของโรงงานน้ำตาล นอกจากนี้ ยังทำการศึกษาเพิ่มเติมในการจัดตั้งสถานีพักอ้อย เพื่อช่วยลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ในการขนอ้อยมายังโรงงานน้ำตาล ซึ่งในการจัดระบบคิวรถบรรทุกอ้อย เป็นการจัดการหน้าลานของโรงงานได้เป็นอย่างดี ทำให้เกษตรกรที่ทำสัญญาต้นไว้กับโรงงานมีคิวที่แน่นอนในการส่งอ้อย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยและการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าการจัดการด้านการเก็บเกี่ยวอ้อยจะสามารถเชื่อมโยงความสอดคล้องด้านผลผลิตอ้อยที่มีคุณภาพสูงกับปริมาณกำลังการผลิตที่โรงงานต้องการได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ การขนส่งอ้อยและการบริหารจัดการหน้าลานของโรงงานยังมีผลกระทบด้านต้นทุนในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับและการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

ลักษณะปัญหา	วัตถุประสงค์	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย	ผลตอบแทนรวมสูงสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	ครองสิทธิ์ ดวงมณี & กฤต สุวรรณาศรัย (2547)
	ผลตอบแทนรวมสูงสุดและผลผลิตน้ำตาลรวมสูงสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	Higgins et al. (1998)
	ค่าความหวานสูงสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	Jiao et al. (2005)
	ผลผลิตน้ำตาลรวมสูงสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	Salassi et al. (2002)
	ผลตอบแทนรวมสูงสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์และฮิวริสติก	Higgins (1999)
การเก็บเกี่ยวอ้อย	ลดต้นทุนของระบบการทีบอ้อย	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	Grunow et al. (2007)
	ผลตอบแทนรวมสูงสุดและผลผลิตน้ำตาลรวมสูงสุด	วิเคราะห์และประเมินผล	Higgins & Muchow (2003)
	ผลผลิตน้ำตาลรวมสูงสุด	ฮิวริสติกและโปรแกรมคอมพิวเตอร์	Lejars et al. (in press)
	ผลผลิตอ้อยมีความเหมาะสม	ฮิวริสติก	สุนันทา กิ่งไพบูลย์และคณะ (2547)
การเพาะปลูกอ้อย	ประมาณผลผลิตอ้อย	แบบจำลองการเจริญเติบโต	1. อรรถชัย จินตะเวชและคณะ (2540) 2. Bezuidenhout & Singels (2007)
การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวอ้อย	ผลตอบแทนรวมสูงสุด	ฮิวริสติกและแบบจำลองการเจริญเติบโต	กัลปพฤกษ์ ผิวทองงามและกาญจนา เศรษฐนันท์ (2549)
การเผาอ้อย	เวลาเผาอ้อยที่เหมาะสม	แบบจำลองสถานการณ์	Semenzato (1995)
การเก็บเกี่ยวอ้อยและการขนส่ง	ความเท่าเทียมกันของเกษตรกร	ฮิวริสติก	Higgins et al. (2004)
การขนส่งอ้อย	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์และฮิวริสติก (เจเนติกอัลกอริทึม)	เชฏฐา ชำนาญหล่อ (2547)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับและการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย (ต่อ)

ลักษณะปัญหา	วัตถุประสงค์	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การขนส่งอ้อย	เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกอ้อยที่จะเข้าโรงงานและเวลาว่างงานของการหีบอ้อยต่ำที่สุด	รูปแบบทางคณิตศาสตร์และฮิวริสติก (วิธีทาบูเสิร์ชและวิธีแวรีเบิลเนเบอะฮูดเสิร์ช)	Higgins (2006)
การจัดคิวรถบรรทุกอ้อย	จัดคิวที่แน่นอนให้กับเกษตรกรและจัดตั้งสถานีพักอ้อย	ตรรกะคลุมเครือและโปรแกรมคอมพิวเตอร์	ศุภชัย ปทุมนากุลและคณะ (2547)

3. วิธีการเมตะฮิวริสติก (Metaheuristics)

การทบทวนวรรณกรรมเรื่อง วิธีการเมตะฮิวริสติก มีความเกี่ยวข้องกับวิธีการค้นหาคำตอบที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ คือ วิธีทาบูเสิร์ช เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและประยุกต์ใช้ในปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยมีรายละเอียดของวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

เมตะฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบจากขอบเขตของคำตอบทั้งหมด ซึ่งเหมาะสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมสุดขนาดใหญ่ (Complex and large-scale optimization problem) โดยใช้รูปแบบของอัลกอริทึมซึ่งเป็นวิธีทางฮิวริสติกเพื่อค้นหาคำตอบ วิธีการโดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากคำตอบเริ่มต้นที่สร้างจากฮิวริสติกของคำตอบเริ่มต้น เมตะฮิวริสติกจะทำการปรับปรุงคำตอบเริ่มต้นแบบวนซ้ำจนกระทั่งถึงเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อใช้ในการหยุดค้นหาคำตอบ ซึ่งเกณฑ์ในการหยุดค้นหาคำตอบอาจเป็นเวลาในการคำนวณ จำนวนซ้ำ จำนวนคำตอบที่ได้จากสมการเป้าหมาย เป็นต้น วิธีการทางเมตะฮิวริสติกที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ทาบูเสิร์ช (Tabu search), เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm) และสิมูเลทเทดแอนนีลลิ่ง (Simulated annealing) เป็นต้น (Vallada et al., 2008) ซึ่งรายละเอียดของวิธีทาบูเสิร์ชดังต่อไปนี้

วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) หมายถึง วิธีการค้นหาที่มีข้อห้าม หรือการห้ามการค้นหาคำตอบในบางขอบเขต ในวิธีการห้ามดังกล่าวนั้นจะเป็นการห้ามเพื่อที่จะช่วยให้ไม่ต้องไปค้นหาคำตอบเดิม หรือการวนรอบ (Cyclic) การค้นหาคำตอบซึ่งอยู่ในขอบเขตของการค้นหาเดิม ซึ่งจะส่งผลให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ โดยวิธีการค้นหาแบบทาบูเสิร์ช ประกอบด้วยรูปแบบการค้นหาคำตอบ 2 รูปแบบที่สำคัญ คือ การค้นหาคำตอบโดยการใช้หน่วยความจำระยะสั้น (Short-term memory) และการค้นหาคำตอบโดยการใช้หน่วยความจำระยะยาว (Long-term memory) ซึ่งการค้นหาคำตอบโดยการใช้หน่วยความจำระยะสั้นถือเป็นหน่วยความจำตามเวลา (Recency-

base memory) หมายถึงการค้นหาที่จดจำอดีตหรือประสบการณ์การค้นหาที่ผ่านมาเพียงระยะสั้น (ภาพที่ 2.1) ในทางตรงกันข้ามการค้นหาคำตอบโดยการใช้หน่วยความจำระยะยาวถือเป็นหน่วยความจำตามความถี่ (Frequency-base memory) หมายถึง การค้นหาที่ต้องจดจำอดีตหรือประสบการณ์ที่ผ่านมาตลอดเพื่อช่วยให้การค้นหาคำตอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (สมศักดิ์ สนเทศ & พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2548)

องค์ประกอบหลักของวิธีทาบูเสิร์ช มีดังนี้

3.1 ทาบูลิสต์ (Tabu List) เป็นตัวเก็บลักษณะ (Attribute) ซึ่งใช้ในการควบคุมการย้อนกลับ (Reverse) หรือการหลงในวัฏจักร (Cyclic) อยู่ในขอบเขตการค้นหาเดิม ๆ

3.2 มูฟ (Move) เป็นฟังก์ชันที่เปลี่ยนจากคำตอบหนึ่งเป็นอีกคำตอบหนึ่ง องค์ประกอบย่อยของมูฟที่สามารถนำไปใช้กับคำตอบใดคำตอบหนึ่งจะก่อให้เกิดชุดของคำตอบหลาย ๆ คำตอบ ซึ่งเรียกว่า เนเบอะฮูด (Neighborhood) ซึ่งการมูฟนำไปสู่เนเบอะฮูดที่มีคุณภาพ การค้นหาทำให้เกิดการมูฟซึ่งก่อให้เกิดคำตอบที่ด้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดและเพื่อหลีกเลี่ยงการถูกจำกัดโดยคำตอบเฉพาะถิ่น โดยการมูฟสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.2.1 สลับข้อมูล (Swap move) หมายถึง การสับเปลี่ยนตำแหน่งของคำตอบต่าง ๆ 2 ตำแหน่ง

3.2.2 แทรกข้อมูล (Insert move) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งโดยการย้ายคำตอบใด ๆ ไปแทรกอยู่ระหว่างคำตอบ 2 คำตอบ

3.3 เนเบอะฮูดไซส์ (Neighborhood Size) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของทาบูเสิร์ชที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการค้นหาคำตอบ โดยเนเบอะฮูดไซส์ คือ การกำหนดขอบเขตในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม เพราะการมีจำนวนเนเบอะฮูดไซส์น้อยจนเกินไป อาจทำให้เกิดการมองข้ามคำตอบที่ดีไปได้ ในทางตรงกันข้าม หากมีจำนวนเนเบอะฮูดไซส์มากจนเกินไป ก็จะทำให้เกิดการเสียเวลาที่ไม่จำเป็นในการค้นหาคำตอบ ดังนั้น การกำหนดขนาดของจำนวนเนเบอะฮูดไซส์ที่เหมาะสมจึงนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งการกำหนดจำนวนเนเบอะฮูดไซส์สามารถกำหนดได้จากขอบเขตของการมูฟ (move distance: d) โดยทั่วไปแล้ว การกำหนดขอบเขตของการมูฟจะขึ้นอยู่กับลักษณะความซับซ้อนของปัญหา

3.4 ทาบูเรสทริคชัน (Tabu Restriction) คือ การป้องกันการแทรกจุดที่จะทำให้เกิดการย้อนกลับไปยังตำแหน่งเดิม โดยทั่วไปแล้วจะมีหลายวิธีในการกำหนดทาบูเรสทริคชัน แต่วิธีที่ดีที่สุด คือ การกำหนดทาบูเรสทริคชันโดยการประยุกต์ขอบเขตของการมูฟ (move distance: d) ซึ่งการมูฟแต่ละครั้งนั้น จะต้องตรวจสอบก่อนว่ามีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสท์หรือไม่ หากมีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสท์แล้ว การมูฟนั้นก็ไม่สามารถทำได้ ในทางตรงกันข้าม หากไม่มีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์ การมูฟนั้นก็สามารถทำได้ โดยปกติแล้วทาบูเรสทริคชันจะมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 คู่

3.5 แอดมีชซิเบิลมูฟ (Admissible Moves) คือ การย้ายตำแหน่งที่เป็นไปได้ โดยจะมีการพิจารณาทาบูเรสทริคชัน ว่ามีคู่ที่อยู่ในทาบูลิสท์หรือไม่ ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 กรณี คือ

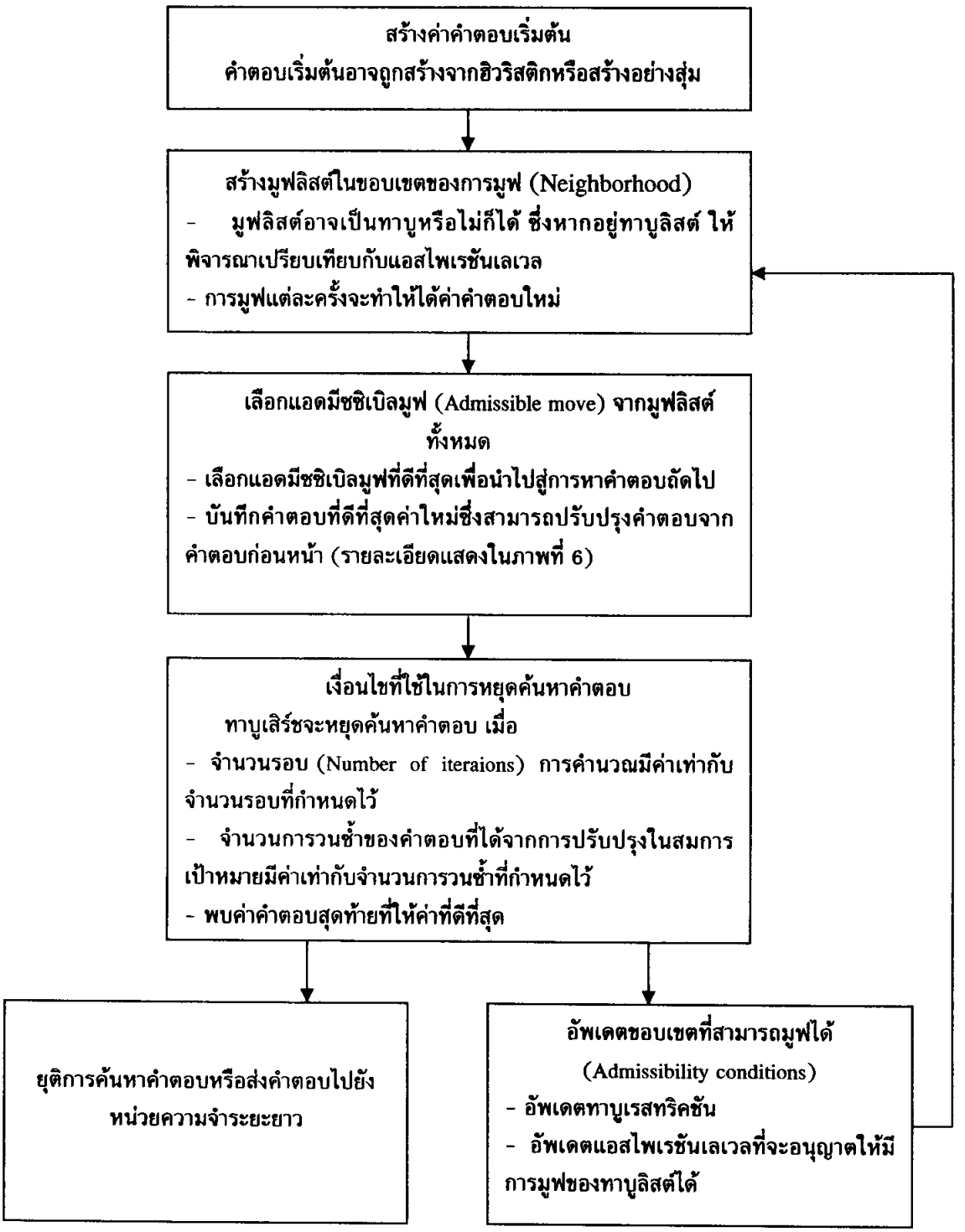
3.5.1 ถ้าไม่มีคู่ของทาบูเรสทริคชันที่อยู่ในทาบูลิสท์ก็จะมีการย้ายตำแหน่ง

3.5.2 ถ้ามีคู่ของทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสท์จะไม่มีการย้ายตำแหน่งเกิดขึ้น ยกเว้นเมื่อค่าฟังก์ชันเป้าหมายที่ได้จากการย้ายตำแหน่งให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำกว่า/สูงกว่าแอชไพเรชันเลเวล (Aspiration level) จึงจะอนุญาตให้ย้ายจุดได้

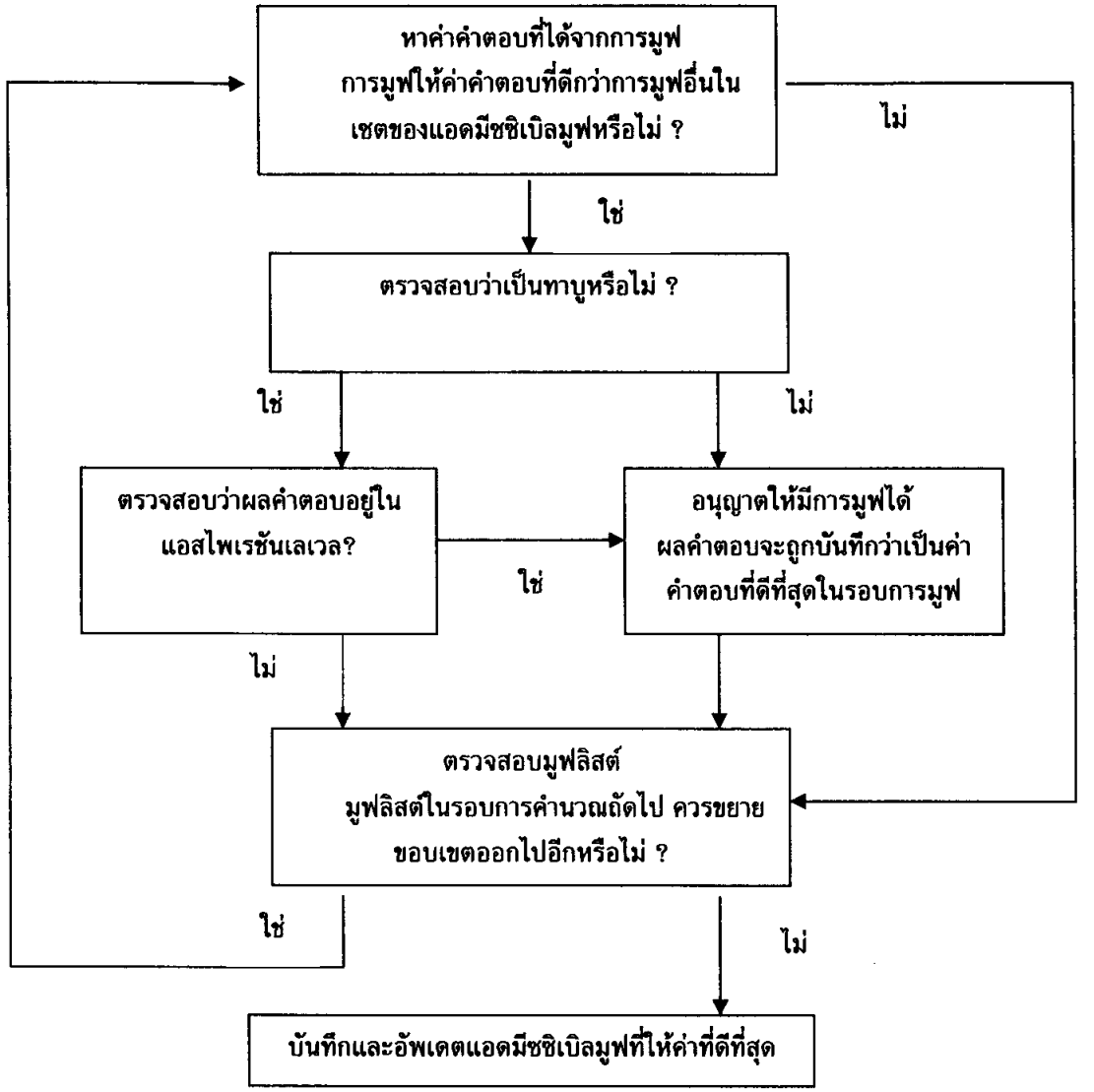
3.6 เงื่อนไขการหยุดค้นหาคำตอบ (Stopping criteria) เป็นเกณฑ์เพื่อใช้ในการหยุดการค้นหาคำตอบ เช่น เงื่อนไขการหยุดจากจำนวนรอบการค้นหาคำตอบ (Iteration) สูงสุด เป็นต้น โดย Sethanan (2001 cite from Glover, 1990) ได้ทำสรุปเทคนิคการหาคำตอบโดยวิธีทาบู-เสิร์ชแบบทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และ 2.2

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วิธีทาบูเสิร์ช มีดังต่อไปนี้ คือ Higgins (1999) ได้ประยุกต์ใช้วิธีทาบูเสิร์ชโดยไม่มีการใช้ทาบูลิสต์ (Tabu list) เพื่อกำหนดวันเก็บเกี่ยวอ้อย ช่วงเวลาวงรอบของการเพาะปลูกและช่วงเวลาที่จะไถกลบแปลงปลูกสำหรับเขตพื้นที่การเพาะปลูกอ้อย และคำตอบเริ่มต้นของทาบูเสิร์ชได้จากการประมาณของรูปแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงจาก Higgins et al. (1998) และใช้การหาคำตอบจากทาบูเสิร์ชแบบแกว่งอย่างมีพล-วัตกับการควบคุมขนาดของเนเบอะฮูดไซส์จาก Higgins (2001) ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ดีเร็วยิ่งขึ้น Higgins (2006) ได้ประยุกต์ใช้ทาบูเสิร์ชในการจัดลำดับรถบรรทุกเพื่อขนส่งอ้อยแบบเต็มคันจากจุดรับอ้อยภายในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งมีสมการเป้าหมายคือเวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกอ้อยที่จะเข้าโรงงานและเวลาว่างงานของการหีบอ้อยต่ำที่สุด Legues et al. (2007) ได้ประยุกต์ใช้ทาบูเสิร์ชสำหรับปัญหาการตัดไม้ โดยเกี่ยวข้องกับปัญหาการเลือกตำแหน่งของการวางเครื่องจักร และปัญหาการหาเส้นทางการไหลซึ่งเชื่อมโยงกับถนนที่มีอยู่ในปัจจุบันกับตำแหน่งที่วางเครื่องจักร Hendizadeh et al. (2008) ประยุกต์ใช้ทาบูเสิร์ชกับการจัดลำดับงานสำหรับกระบวนการผลิตแบบไหลต่อเนื่อง (Flowshop) ที่มีเวลาเซตอัพ (Setup time) ของงานแต่ละแฟมิลี่ไม่เท่ากัน โดยให้มีเวลาแล้วเสร็จของงานน้อยที่สุด Zhang et al. (2007) ได้ทำการประยุกต์ใช้ทาบูเสิร์ชกับปัญหาการจัดตารางงานแบบสั่งทำ (Job shop) โดยเสนอโครงสร้างของเนเบอะฮูดส์ที่ช่วยให้การมูฟมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น จากตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวกับการค้นหาคำตอบแบบทาบูเสิร์ช แสดงให้เห็นว่า ทาบูเสิร์ชเป็นเทคนิคการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมสุดที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก ๆได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการจัดลำดับงาน (Scheduling)

จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเมตะฮิวริสติก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.1 เทคนิคการค้นหาคำตอบแบบทาบูเสิร์ชที่เป็นรูปแบบหน่วยความจำระยะสั้น



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการเลือกแอดมีชชิเบิลมูฟที่ให้ค่าที่ดีที่สุด

4. สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่กล่าวมานั้น เป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยและการจัดการในระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในประเทศที่มีการเพาะปลูกอ้อย และแนวทางสำคัญในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็ก และการพัฒนาวิธีการทางฮิวริสติกและเมตะฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดกลางและขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.2 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีทาบูเสิร์ช

ลักษณะปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย	Higgins (1999)
การจัดลำดับรถบรรทุกอ้อย	Higgins (2006)
การเลือกตำแหน่งการวางเครื่องจักรของการตัดไม้	Legues et al. (2007)
การจัดลำดับงานของระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องที่มีเวลาเซตอัพงานแต่ละแฟมิลี่ไม่เท่ากัน	Hendizadeh et al. (in press)
การจัดตารางงานแบบสั้งทำ	Zhang et al. (2007)