

การพัฒนาตัวแบบความยืดหยุ่นของโซ่อุปทานสินค้าเกษตร กรณีศึกษามันสำปะหลังในประเทศไทย

Modeling Agricultural Supply Chain Flexibility: A Case Study of Cassava in Thailand

ปาริยา ศิริวัฒนพันธ์¹ สราวุธ จันทร์สุวรรณ^{2*}

คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) 118 ถนนเสรีไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

E-mail: ¹s.pareeya@gmail.com และ ²sarawutj@gmail.com

บทคัดย่อ

ยุทธศาสตร์สำคัญประการหนึ่งของภาครัฐคือการเพิ่มขีดความสามารถในการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสินค้าเกษตรตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงผู้บริโภคโดยมุ่งเน้นการบริหารจัดการโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้น ตัวชี้วัดประสิทธิภาพตามแผนยุทธศาสตร์ที่ผ่านมาพิจารณาเพียงเรื่องของต้นทุน ระยะเวลาที่ใช้ และความน่าเชื่อถือ แต่ตัวชี้วัดที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือ ความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน ซึ่งแสดงถึงความสามารถที่ระบบจะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ สภาพแวดล้อมทางธุรกิจและนโยบายการสนับสนุนของภาครัฐซึ่งไม่ได้กล่าวถึงมากนัก บทความนี้จึงได้พัฒนาตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) เพื่อใช้วัดความยืดหยุ่น (Flexibility) โดยนำมาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษามันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชยุทธศาสตร์ที่สำคัญของประเทศแต่ปริมาณผลผลิตน้อยและไม่เพียงพอต่ออุปสงค์ของภาคอุตสาหกรรมและการส่งออก ซึ่งการพัฒนาตัวแบบพิจารณาตั้งแต่ส่วนการเพาะปลูก การแปรรูปและการขนส่ง โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ตัวแบบย่อยคือ ตัวแบบที่ 1 เป็นตัวแบบประเมินความสามารถพื้นฐานภายใต้ข้อจำกัดในการผลิต การจัดเก็บ การขนส่งของเกษตรกรและโรงงานแปรรูปเพื่อให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด ส่วนตัวแบบที่ 2 เป็นตัวแบบประเมินความยืดหยุ่นของโซ่อุปทานโดยอ้างอิงความสามารถพื้นฐานจากตัวแบบที่ 1 และผลจากตัวแบบนี้จะทำให้ทราบถึงความสามารถสูงสุดของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่งที่สามารถรองรับได้ ซึ่งตัวแบบสามารถเป็นเครื่องมือช่วยกำหนดนโยบายเพื่อเพิ่มศักยภาพของโซ่อุปทานรวมถึงระบุจุดคอขวดของระบบเพื่อให้รองรับกับการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน, โซ่อุปทานเกษตร, มันสำปะหลัง, ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม

Abstract

The agricultural supply chain and logistics has been more focused by the government. The capacity building on agricultural supply chain is also integrated into our national strategies. It extensively emphasizes on the enhancement of the efficiency and the competitiveness of agricultural products from farm (farmers) to forks (midstream or downstream producers or consumers) by providing ways to improve the overall management in the supply chain. The traditional performance indicators usually consider traditional factors such as time usage, cost, and reliability. However, the supply chain flexibility which is defined as the ability of all players in the supply chain to accommodate the changes in business environments and external factors such as subsidy schemes that could improve the supply chain system is rarely explored. The objective of this study is to develop a mixed integer linear programming model to assess the supply chain flexibility. The case study of cassava and starch producers in Thailand is adopted to demonstrate the applicability of the model. In the first stage, the supply chain cost minimization model was developed for estimating the base pattern of supply chain capacity. The second model was then further developed for evaluating the reserved capacity or residual of the loaded supply chain. The models could be further used to identify the bottlenecks and also be used to evaluate the effectiveness of the policy and budget allocation for improving the cassava supply chain.

Keywords: supply chain flexibility, agricultural supply chain, cassava, mixed integer linear programming

1. บทนำ

ภาคการเกษตรของประเทศไทย ถือเป็นแหล่งสร้างรายได้ที่สำคัญและมีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก แต่ปัจจุบันยังคงประสบกับปัญหาการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน อันเป็นผลมาจากการขาดองค์ความรู้ในด้านนี้ จึงก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งเกิดต้นทุนการผลิตที่ไม่เหมาะสมของทั้งโซ่อุปทาน ตลอดจนส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกที่ลดลง ปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มี

การกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาโลจิสติกส์และโซ่อุปทานเกษตรขึ้น เพื่อที่จะส่งเสริมให้โซ่อุปทานเกษตรมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น โดยยุทธศาสตร์ดังกล่าวได้กำหนดตัวชี้วัดใน 3 มิติ ได้แก่ ต้นทุน (Cost) ระยะเวลา (Lead Time) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) เพื่อวัดประสิทธิภาพของการบริหารจัดการยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตัวชี้วัดเหล่านี้เป็นเพียงการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของโซ่อุปทานหลังจากการส่งมอบสินค้าหรือการบริการต่อผู้บริโภคแล้วเท่านั้น แต่ตัวชี้วัดเรื่อง “ความยืดหยุ่น (Flexibility)” ซึ่งสะท้อนถึง

* Corresponding author: E-mail: sarawutj@gmail.com

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

² อาจารย์ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ความสามารถของโซ่อุปทานในการรองรับกับการเปลี่ยนแปลงทั้งในส่วนอุปสงค์ อุปทาน ตลอดจนปัจจัยภายนอกต่างๆ ได้มากน้อยเพียงใดนั้นยังไม่ได้มีการกล่าวถึงมากนัก ทั้งนี้ความยืดหยุ่นถือเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่สำคัญ ซึ่งในอดีตมีการนำมาปรับใช้ในส่วนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เป็นการพิจารณาถึงความสามารถของระบบการผลิตที่จะรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทั้งภายในและภายนอก โดยได้มีการวัดความยืดหยุ่นตั้งแต่เรื่องของเครื่องจักร แรงงาน กระบวนการผลิต และปริมาณการผลิต ต่อมาได้มีการศึกษาในมุมมองที่หลากหลายยิ่งขึ้น เช่น มุมมองการจัดซื้อ การขนส่ง และปัจจุบันมุ่งเน้นที่ความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน (Supply Chain Flexibility) ที่กล่าวถึงความสามารถของผู้ที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานที่จะปรับเปลี่ยนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับกลยุทธ์เพื่อให้ตอบสนองต่ออุปสงค์ลูกค้าของโซ่อุปทานได้อย่างรวดเร็ว [1] ซึ่งหากมีการเพิ่มมิติของความยืดหยุ่นให้เป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณอีกตัวหนึ่งในโซ่อุปทานการเกษตร ก็จะทำให้สามารถทราบถึงส่วนที่เกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) อีกทั้งเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันได้เหมาะสมมากขึ้น

ปัจจุบันภาครัฐได้มีการสนับสนุนการพัฒนาบริหารจัดการโซ่อุปทานของพืชเศรษฐกิจ ซึ่งมีนํ้าสําลังถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ภาครัฐกำลังให้ความสำคัญอย่างมาก ประกอบกับประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลกมีส่วนแบ่งการตลาดสูงถึงร้อยละ 79.4 [2] อย่างไรก็ตามแนวโน้มความต้องการใช้นํ้าสําลังมีเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย เช่น แป้งมัน อาหารสัตว์ ปุ๋ย ไบโอดีเซล ไบโอฟอสฟอริก ฯลฯ จึงทำให้การผลิตจากส่วนต้นนํ้าและกลางนํ้ายังไม่เพียงพอ ซึ่งในส่วนต้นนํ้าประสบปัญหาในเรื่องของผลผลิตต่อไร่ยังต่ำ เนื่องจากยังมีระบบการเพาะปลูก การดูแลและเก็บเกี่ยวที่ยังไม่เหมาะสม การขาดแคลนแรงงาน และทุนทรัพย์ ส่วนกลางนํ้า ประสิทธิภาพของโรงงานมันจัดเก็บและกำลังการผลิตของเครื่องจักรในโรงงาน รวมถึงแรงงานที่ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของวัตถุดิบที่ต้องจัดเก็บไว้ แต่บางโรงงานอาจหยุดทำงานในช่วงที่ผลผลิตออกมาน้อยมาก จึงทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในการผลิต ปัญหาเหล่านี้ล้วนกระทบต่อต้นทุนการผลิต และต้นทุนโลจิสติกส์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนภาคการขนส่งของโซ่อุปทานมันสําลัง ทุกส่วนมักขนส่งทางถนนเป็นหลัก สำหรับการขนส่งของเกษตรกร ระยะทางระหว่างแหล่งเพาะปลูกกับแหล่งรับซื้อที่ห่างไกล รวมถึงขนาดการบรรทุกของรถที่ไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดต้นทุนการขนส่งของเกษตรกรที่สูงขึ้น ส่วนการขนส่งจากการแปรรูปเพื่อการส่งออกมีเพียงส่วนน้อยที่ใช้การขนส่งแบบต่อเนื่องร่วมกับทางรถไฟ หรือทางเรือเพื่อส่งต่อไปยังท่าเรือ ทั้งๆ ที่มีต้นทุนต่ำกว่า

ปัญหาดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าแต่ละส่วนในโซ่อุปทานยังขาดความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทั้งภายในและภายนอกและแม้ว่าปัจจุบันภาครัฐมีความพยายามที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการสนับสนุนให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตตั้งแต่ส่วนต้นนํ้า และกลางนํ้า จนกระทั่งการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานของระบบการขนส่งให้สามารถรองรับกับปัญหาดังกล่าวได้ แต่อาจยังไม่เหมาะสมหรือครอบคลุมปัญหาในมิติความยืดหยุ่นของทั้งโซ่อุปทาน ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหานี้ จึงทำการศึกษาโดยมุ่งเน้นที่จะพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความสามารถในการผลิตของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่งที่รวมถึงมิติความยืดหยุ่น

ของโซ่อุปทานในการรองรับการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์สำหรับโซ่อุปทานการผลิตและแปรรูปมันสําลัง โดยพิจารณาปัจจัยการผลิตรวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดำเนินงานของทั้งโซ่อุปทานในปัจจุบัน และเมื่อมีการนำมาประยุกต์ใช้จะสามารถทราบถึงส่วนที่เป็นคอขวดของโซ่อุปทานได้ ซึ่งจะเป็นแนวทางให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบาย การส่งเสริมการเพาะปลูก การลงทุน และการพัฒนาเพื่อให้โซ่อุปทานภาคการเกษตรสามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่น

การวัดประสิทธิภาพการบริหารจัดการของโซ่อุปทานนั้นเป็นตัวชี้วัดในหลายมิติ ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา ตัวชี้วัดที่นิยมศึกษา ได้แก่ ต้นทุน ระยะเวลา ความรวดเร็วและความสามารถในการตอบสนองต่ออุปสงค์ของลูกค้า และจากงานวิจัย [3] มีการศึกษาและนำเสนอกรอบแนวคิดของตัวชี้วัดประสิทธิภาพเรื่องของความยืดหยุ่นเพิ่มเติมเข้ามาด้วยโดยส่วนใหญ่นิยมศึกษาในเรื่องระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) ทั้งนี้การศึกษาจากกรอบแนวคิดดังกล่าวได้มีผลงานวิจัยที่สอดคล้องกันหลายๆ งาน เช่น [4], [5] และ [6] ผลของงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าความยืดหยุ่นของการผลิตมีหลายมิติ เช่น เครื่องจักร (Machine Flexibility) กระบวนการดำเนินงาน (Process Flexibility) แรงงาน (Labor Flexibility) เส้นทาง (Routing Flexibility) ความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ (Product Mix Flexibility) กำลังการผลิต (Volume Flexibility) ความยืดหยุ่นของกำลังการผลิต (Capacity Flexibility) และความยืดหยุ่นของการดำเนินงาน (Operation Flexibility) ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นข้อดีของการมีความยืดหยุ่นที่จะช่วยให้มีความได้เปรียบในการแข่งขัน และมีประสิทธิภาพการดำเนินงานที่ดีขึ้น ตลอดจนสามารถวางแผนระยะยาวได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมานิยามกล่าวถึงความยืดหยุ่นของการผลิตเกี่ยวกับระบบการผลิต เครื่องจักร และแรงงานการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการนำประเด็นเรื่องของความยืดหยุ่นไปศึกษาร่วมกับรูปแบบการดำเนินงานที่เฉพาะมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพได้สอดคล้องกับการดำเนินงานมากขึ้น เช่น การศึกษาและสร้างกรอบแนวคิดตลอดจนวิธีการในการวัดความยืดหยุ่นที่เป็นเชิงปริมาณสำหรับระบบการขนส่งสินค้า [7] เพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์และรูปแบบการขนส่ง ซึ่งจากการประยุกต์ใช้ตัวแบบกับการขนส่งสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ทางราง ทำให้เห็นช่วงของความยืดหยุ่นของระบบขนส่งทางรางที่ชัดเจนขึ้น ต่อมางานวิจัยของ [8] ได้มีการอ้างอิงตัวแบบดังกล่าว และนำมาพัฒนาเป็นตัวแบบใหม่ ในการวัดความยืดหยุ่นของความจุที่รองรับได้ของระบบการขนส่ง (Capacity Flexibility) โดยตัวแบบปรับใช้กับการขนส่งผู้โดยสารทางถนน ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบถึงความสามารถของระบบการขนส่งทั้งที่เป็นปริมาณของอุปสงค์เดิมและอุปสงค์ที่จะเพิ่มขึ้นจากการปรับรูปแบบของระบบขนส่ง

นอกจากนั้น ยังมีการศึกษาทั้งในส่วนที่เป็นกรอบแนวคิดและการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เกิดการวัดประสิทธิภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น [9] ศึกษาเรื่องความยืดหยุ่นของปริมาณที่ผลิตต่ออุปสงค์ (Volume Flexibility) ความยืดหยุ่นของระยะเวลาการจัดส่ง

(Delivery Flexibility) และความยืดหยุ่นในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์ [10] ศึกษาและสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาวัดความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน 4 ด้าน ได้แก่ ความยืดหยุ่นของแรงงาน (Labor Flexibility) ความยืดหยุ่นของเครื่องจักร (Machine Flexibility) ความยืดหยุ่นของเส้นทาง (Routing Flexibility) และความยืดหยุ่นของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Flexibility) นอกจากนี้ [11] สร้างตัวแบบเพื่อวัดความยืดหยุ่นของโซ่อุปทาน พิจารณาความยืดหยุ่นของกำลังการผลิต (Capacity Flexibility) ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Product Mixed Flexibility) ระดับการให้บริการลูกค้า (Customer Service Flexibility) และความสามารถของผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier Flexibility) ซึ่งผลการศึกษาทำให้เห็นว่า การใช้โซ่อุปทานมีความยืดหยุ่นที่จะรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ได้จะทำให้องค์กรมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการที่ดีขึ้น สามารถวางแผนได้อย่างเหมาะสม และสามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในส่วนอุปสงค์ อุปทานได้อย่างรวดเร็ว

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทานเกษตร

ปัจจุบันภาคเกษตรประสบปัญหาทั้งเรื่องการผลิต และระบบโลจิสติกส์ ซึ่งได้มีหลายงานวิจัยที่เล็งเห็นถึงปัญหานี้จึงได้มีการศึกษาโดยนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาให้ภาคเกษตรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น [12] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดต้นทุนโลจิสติกส์การเพาะปลูกสับปะรดพันธุ์ควีน โดยใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) พิจารณาตั้งแต่การวางแผนเพาะปลูกให้มีความเหมาะสม และการวางแผนเก็บเกี่ยวผลผลิตให้ได้ตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งจากการประยุกต์ใช้ สามารถลดต้นทุนลงได้ร้อยละ 3.64 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ขยายขอบเขตการศึกษาที่ครอบคลุมเรื่องการขนส่ง เช่น [13] ศึกษาการจัดการโซ่อุปทานมะพร้าวน้ำหอมโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบจำนวนเต็มผสมในการพิจารณาระบบการขนส่งผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมให้เกิดต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนแรงงานที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ต้นทุนรวมลดลงร้อยละ 5.20 ด้วย

ทั้งนี้สำหรับโซ่อุปทานมันสำปะหลัง ผู้วิจัยได้มีการทบทวนงานวิจัยของ [14] ซึ่งวิจัยเกี่ยวกับการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่ส่วนต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ โดยเฉพาะในเรื่องของการผลิตและการขนส่งผลผลิต ได้แก่ ปัญหาการเพาะปลูกที่ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ปัญหาปริมาณวัตถุดิบไม่ได้ตามแผนการผลิตของโรงงาน และปัญหาการขนส่ง นอกจากนี้การศึกษายังพบว่า การขนส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทยด้วยระบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบมีการใช้ 2 รูปแบบหลัก คือ การขนส่งทางถนนร่วมกับทางน้ำ และการขนส่งทางถนนร่วมกับทางราง โดยการขนส่งทางถนนร่วมกับทางรางนั้น จะใช้ขนส่งเฉพาะผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังเพื่อการส่งออกเท่านั้น ซึ่งปัญหาการดำเนินงานขนส่งทางรางได้แก่ ปริมาณทรัพยากรหัวรถจักรและแคร่ที่ไม่เพียงพอ ความไม่แน่นอนของตารางเวลาในการขนส่ง และจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) การขนส่งสินค้าทางถนนร่วมกับทางรางของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง แสดงให้เห็นว่า การลดความไม่แน่นอนในการขนส่งทางรางจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้อย่างน้อยร้อยละ 6 การเพิ่มจำนวนขบวนรถไฟต่อวันจะช่วยประหยัด

ต้นทุนการขนส่งได้มากกว่าร้อยละ 8 จึงควรมีการผลักดันให้เกิดการพัฒนาการขนส่งทางระบบรางมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ในระบบโซ่อุปทานมันสำปะหลัง แหล่งรับซื้อและโรงงานแปรรูปถือเป็นส่วนที่สำคัญอย่างมาก ซึ่งมีงานวิจัยของ [15] ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง และได้มีการนำมาทดสอบกับนโยบายในการใช้พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร 3 กรณี คือ กรณีที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังเดิม กรณีที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกของพืชอื่น เพื่อปลูกมันสำปะหลัง โดยมีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และกรณีที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกของพืชอื่น และได้รับการอุดหนุนเรื่องของต้นทุนการผลิตจากภาครัฐ ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานแปรรูปที่เหมาะสมแห่งใหม่ จะขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิตและความต้องการของโรงงาน และการเพาะปลูกในพื้นที่เพาะปลูกของพืชชนิดอื่นโดยมีภาครัฐอุดหนุนต้นทุนการผลิต จะทำให้มีผลกำไรมากที่สุด ซึ่งเป็นแนวทางให้กับภาครัฐวางนโยบายในการสนับสนุนภาคเกษตรได้ต่อไป

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการผลิตมันสำปะหลัง และมีโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทย ในการสร้างตัวแบบพิจารณาโซ่อุปทานที่ประกอบด้วยเกษตรกร ผู้แปรรูปและผู้ส่งออก โดยการขนส่งมันสำปะหลังจากเกษตรกรจะนำไปจำหน่ายให้กับผู้แปรรูปโดยตรง ไม่ผ่านพ่อค้าคนกลาง และผู้แปรรูปเป็นรายเดียวกับผู้ส่งออก เนื่องจากองค์กรที่ทำการศึกษามีบริษัทขนาดใหญ่มีศักยภาพในการผลิตและการส่งออกค่อนข้างมาก โดยรูปที่ 1 แสดงให้เห็นเครือข่ายโซ่อุปทานแป้งมันสำปะหลังที่ผู้วิจัยศึกษาและใช้เป็นเครือข่ายในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย Node ทั้งหมด 6 Node ได้แก่ เกษตรกร ลานมันของโรงงาน โรงงานแปรรูป คลังสินค้า สถานีรถไฟชุมทาง และท่าเรือตามลำดับ ทั้งนี้สามารถอธิบายลำดับของ Flow ได้ดังนี้

$i - j$ เกษตรกรนำผลผลิตมันสำปะหลังสดที่เก็บเกี่ยวมาจำหน่าย โดยจะเทกองไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูป ซึ่งเกษตรกรจะใช้รถบรรทุกขนส่งประเภท 6 ล้อบรรทุกผลผลิตมาจำหน่าย

$j - k$ มันสำปะหลังที่รับซื้อจากเกษตรกรและเทกองไว้ที่ลานมันนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงานแปรรูป

$k - l$ แป้งมันสำปะหลังที่เสร็จจากกระบวนการแปรรูปและบรรจุเพื่อเตรียมส่งออกถูกนำมาจัดเก็บไว้ยังคลังสินค้าของโรงงาน

$l - m$ แป้งมันสำปะหลังที่ส่งออกถูกบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์และขนส่งโดยรถหัวลากไปยังสถานีชุมทางถนนจิระ

$l - n$ แป้งมันสำปะหลังที่ส่งออกถูกบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์และขนส่งโดยรถหัวลากไปยังท่าเรือกรุงเทพโดยตรง

$m - n$ แป้งมันสำปะหลังส่งออกที่บรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์และขนส่งด้วยรถไฟจากสถานีชุมทางถนนจิระไปยังท่าเรือกรุงเทพ

3.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการศึกษานี้จะมี การสร้างตัวแบบเป็น 2 รูปแบบ โดยการสร้างจะใช้หลักการตัวแบบเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) ดังนี้

ตัวแบบที่ 1 เป็นตัวแบบประเมินความสามารถพื้นฐานของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบขนส่งของโซ่อุปทานมันสำปะหลังที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{ij} ปริมาณมันสำปะหลังที่เกษตรกรแปลงที่ i นำไปจำหน่ายและเทกองไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูปที่ j (ตัน)

X_{jk} ปริมาณมันสำปะหลังที่จัดเก็บไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูป j ส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตของโรงงานแปรรูปที่ k (ตัน)

Y_{kl} ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่แปรรูปและบรรจุพร้อมส่งของโรงงานแปรรูปที่ k นำไปจัดเก็บไว้ยังคลังสินค้าที่ l (ตัน)

Y_{lm} ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่คลังสินค้า l ถูกจัดส่งไปยังสถานีชุมทางรถไฟ m เพื่อเตรียมบรรจุขึ้นรถไฟและส่งต่อไปยังท่าเรือ (ตัน)

Y_{ln} ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่คลังสินค้า l ถูกจัดส่งโดยรถบรรทุกไปยังท่าเรือ n โดยตรง (ตัน)

Y_{mn} ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมจัดส่งโดยรถไฟซึ่งขนส่งจากสถานีชุมทางรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n (ตัน)

I_j ปริมาณมันสำปะหลังที่เก็บไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูป j (ตัน)

I_l ปริมาณแป้งมันฯ ที่เก็บไว้ที่คลังสินค้าของโรงงานแปรรูป l (ตัน)

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

A พื้นที่ทำการเพาะปลูกมันสำปะหลัง (ไร่)

B งบประมาณลงทุนเพาะปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร (บาท)

c_s ต้นทุนของกระบวนการเพาะปลูกของเกษตรกร (บาทต่อตัน)

โดยที่ $s = 1$ คือ ต้นทุนการเตรียมดิน

$s = 2$ คือ ต้นทุนท่อนพันธุ์

$s = 3$ คือ ต้นทุนแรงงานปลูก

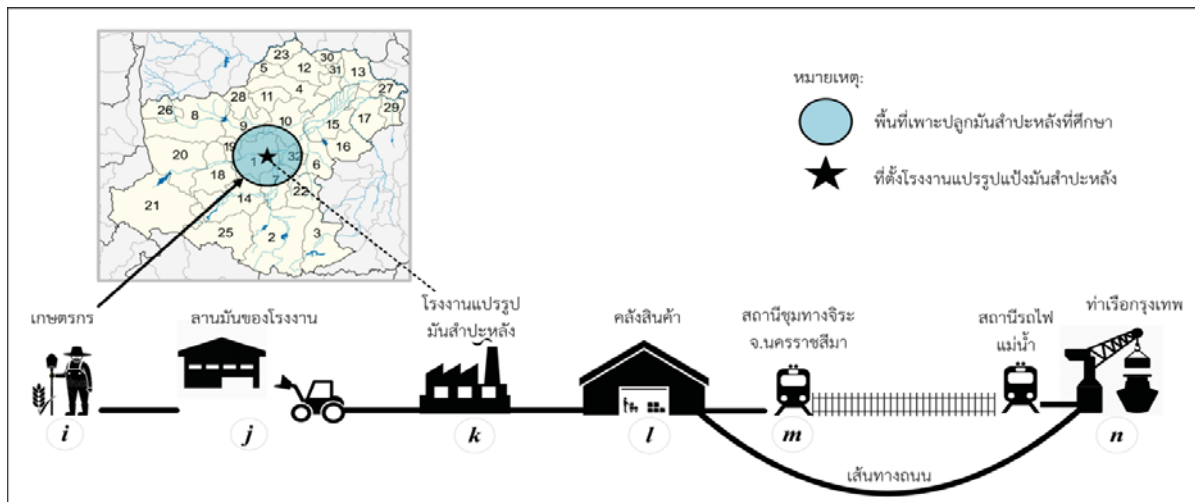
$s = 4$ คือ ต้นทุนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช วัชพืช

$s = 5$ คือ ต้นทุนปุ๋ยเคมี

$s = 6$ คือ ต้นทุนระบบน้ำ

$s = 7$ คือ ต้นทุนแรงงานเก็บเกี่ยวผลผลิต

$s = 8$ คือ ต้นทุนขนส่งผลผลิตไปลานมันของโรงงานแปรรูป



รูปที่ 1 เครือข่ายโซ่อุปทานมันสำปะหลังที่ศึกษา

P ราคาที่รับซื้อผลผลิตมันสำปะหลังจากเกษตรกร (บาทต่อตัน)

h_j ต้นทุนการจัดเก็บมันสำปะหลังสดที่ลานมัน j (บาทต่อตัน)

h_l ต้นทุนการจัดเก็บแป้งมันสำปะหลังที่คลังสินค้า l (บาทต่อตัน)

p ต้นทุนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (บาทต่อตัน)

c_{lm} ต้นทุนขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังสถานีรถไฟ m (บาทต่อตัน)

c_{mn} ต้นทุนขนส่งจากสถานีรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n (บาทต่อตัน)

c_{ln} ต้นทุนขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังท่าเรือ n โดยตรง (บาทต่อตัน)

I_{j0} ปริมาณมันสำปะหลังที่ลานมันของโรงงานแปรรูปเริ่มต้น (ตัน)

I_{l0} ปริมาณแป้งมันฯ เก็บที่คลังสินค้าของโรงงานแปรรูปเริ่มต้น (ตัน)

U_j ปริมาณความจุของลานมัน j (ตัน)

U_k กำลังการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงานแปรรูป k (ตัน)

U_l ปริมาณความจุของคลังสินค้าจัดเก็บแป้งมันสำปะหลัง l (ตัน)

V_{lm} จำนวนรถหัวลากที่ว่างได้เพื่อขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังสถานีรถไฟ m (คันต่อวัน)

V_{mn} จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขบวนรถไฟจากสถานีรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n รองรับได้ (ตู้ต่อวัน)

V_{ln} จำนวนรถหัวลากที่ว่างได้เพื่อขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังท่าเรือ n โดยตรง (คันต่อวัน)

W_{lm} น้ำหนักบรรทุกของรถหัวลากที่ขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังสถานีรถไฟ m (ตัน/ตู้/คัน)

W_{mn} น้ำหนักบรรทุกของรถไฟที่ขนส่งจากสถานีรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n (ตัน/ตู้)

W_{ln} น้ำหนักบรรทุกของรถหัวลากที่ขนส่งจากคลังสินค้า l ไปยังท่าเรือ n โดยตรง (ตัน/ตู้/คัน)

D_k ปริมาณความต้องการมันสำปะหลังของโรงงานแปรรูป k (ตัน)

D_n ปริมาณความต้องการแป้งมันสำปะหลังของลูกค้าหรือปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมส่งออกที่ท่าเรือ n (ตัน)

α_s สัดส่วนของการจัดสรรงบประมาณสำหรับแต่ละกระบวนการ s

β อัตราการแปรสภาพของน้ำมันสำเร็จเป็นแก๊สสำหรับแปรรูป

γ อัตราการผลิตต่อไร่ตามศักยภาพของพื้นที่เพาะปลูก

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\begin{aligned} \text{Minimize Cost} = & \sum_i \sum_j c_{sj} X_{ij} + P \sum_j \sum_k X_{jk} + \sum_j h_j I_j \\ & + p \beta \sum_j \sum_k X_{jk} + \sum_l h_l I_l + \sum_l \sum_m c_{lm} \left(\frac{Y_{lm}}{W_{lm}} \right) \\ & + \sum_m \sum_n c_{mn} \left(\frac{Y_{mn}}{W_{mn}} \right) + \sum_l \sum_n c_{ln} \left(\frac{Y_{ln}}{W_{ln}} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

$$c_s X_{ij} \leq \alpha_s B, \quad \forall_i, \forall_j \quad (2)$$

$$\sum_s \alpha_s = I \quad (3)$$

$$\sum_i X_{ij} \leq \gamma A, \quad \forall_i, \forall_j \quad (4)$$

$$\sum_i X_{ij} \geq D_k, \quad \forall_j \quad (5)$$

$$\beta \sum_j X_{jk} \leq U_k, \quad \forall_k \quad (6)$$

$$\sum_k \beta X_{jk} \geq D_n, \quad \forall_j \quad (7)$$

$$\sum_j I_j \text{ หรือ } \sum_i X_{ij} + I_{j0} - \sum_k X_{jk} \leq U_j, \quad \forall_j \quad (8)$$

$$\sum_i I_i \text{ หรือ } \sum_k Y_{kl} + I_{l0} - \sum_m \sum_n (Y_{lm} + Y_{ln}) \leq U_l, \quad \forall_l \quad (9)$$

$$\sum_i Y_{lm} - \sum_m Y_{mn} = 0, \quad \forall_m \quad (10)$$

$$\sum_m Y_{mn} \leq V_{mn} W_{mn}, \quad \forall_n \quad (11)$$

$$\sum_i (Y_{lm} / W_{lm}) \leq V_{lm}, \quad \forall_m \quad (12)$$

$$\sum_i (Y_{ln} / W_{ln}) \leq V_{ln}, \quad \forall_n \quad (13)$$

$$\sum_i Y_{lm} + \sum_l Y_{ln} = D_n, \quad \forall_m, \forall_n \quad (14)$$

$$X_{ij}, X_{jk}, Y_{kl}, Y_{lm}, Y_{ln}, Y_{mn}, I_j, I_l \geq 0, \quad \forall_i, \forall_j, \forall_k, \forall_l, \forall_m, \forall_n \quad (15)$$

ผลิต ซึ่งการผลิตแก๊สสำหรับแปรรูปทั้งหมดจะต้องไม่เกินกำลังการผลิตที่มีของโรงงาน k สมการที่ (7) ผลรวมของปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปของโรงงานสามารถที่จะรองรับกับปริมาณอุปสงค์ส่งออกแก๊สสำหรับแปรรูป สมการที่ (8) ปริมาณของน้ำมันสำเร็จที่รับซื้อต้องไม่เกินพื้นที่ลานมัน j ของโรงงานแปรรูปสำหรับจัดเก็บก่อนเข้าสู่การผลิต สมการที่ (9) ปริมาณของแก๊สสำหรับแปรรูปที่จัดเก็บทั้งหมดต้องไม่เกินพื้นที่ของคลังสินค้า l สมการที่ (10) เป็นข้อจำกัดปริมาณการขนส่งจากคลังสินค้าของโรงงาน l ผ่านสถานีรถไฟ m และส่งไปยังท่าเรือ n ข้อจำกัดนี้เป็นการสร้างเงื่อนไขว่าที่สถานีรถไฟทุกทางถึงเป็นจุด Transshipment และตั้งสมมุติฐานว่าจะต้องไม่มีสินค้าแก๊สสำหรับแปรรูปเหลือค้างอยู่ สมการที่ (11) ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปที่จะขนส่งจากสถานีรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n ต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกขนส่งได้ต่อวันของรถไฟ สมการที่ (12) ปริมาณแก๊สที่ขนส่งต้องไม่เกินความสามารถของรถหัวลากที่โรงงานสามารถว่าจ้างให้บรรทุกสินค้าจากคลังสินค้า l ไปยังสถานีรถไฟ m ได้ในแต่ละวัน สมการที่ (13) ปริมาณแก๊สที่ขนส่งต้องไม่เกินความสามารถของรถหัวลากที่โรงงานสามารถว่าจ้างให้บรรทุกแก๊สจากคลังสินค้า l ไปยังท่าเรือ n ได้ในวันต่อวัน สมการที่ (14) ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปทั้งหมดที่มีการขนส่งจากคลังสินค้าของโรงงาน l ไปยังท่าเรือ n ผ่านรูปแบบการขนส่งทั้งสองรูปแบบเพื่อส่งออกจะต้องมีปริมาณเท่ากับอุปสงค์ส่งออก สมการที่ (15) เป็นข้อจำกัดไม่ให้มีค่าของตัวแปรเป็นค่าติดลบ

ตัวแบบที่ 2 เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อประเมินความยืดหยุ่นของโซ่อุปทานแก๊สสำหรับแปรรูป โดยอ้างอิงความสามารถพื้นฐานจากตัวแบบที่ 1 ตัวแบบนี้จะทำให้เห็นถึง

ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) ของตัวแบบที่ 1 ต้องการที่จะหาความสามารถพื้นฐานของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่งที่รองรับกับอุปสงค์การส่งออกแก๊สสำหรับแปรรูปภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ โดยมีเป้าหมายให้ต้นทุนรวมของโซ่อุปทานต่ำที่สุด ซึ่งจากสมการนี้จะสามารถแยกออกเป็นต้นทุนของเกษตรกรแปลงที่ i ประกอบด้วยต้นทุนต่อตันน้ำมันสำเร็จตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูกจนกระทั่งขนส่งไปจำหน่ายยังโรงงานแปรรูปทั้งหมด s กระบวนการ ส่วนของโรงงานแปรรูปที่ k ประกอบด้วยต้นทุนการรับซื้อน้ำมันสำเร็จจากเกษตรกร ต้นทุนการจัดเก็บและดูแลรักษาน้ำมันสำเร็จที่ลานมันที่ j ต้นทุนการผลิตแก๊สสำหรับแปรรูป ต้นทุนการจัดเก็บและดูแลรักษาแก๊สสำหรับแปรรูปที่คลังสินค้า l และต้นทุนค่าขนส่งด้วยรูปแบบการขนส่ง 2 แบบ คือ การขนส่งจากคลังสินค้าของโรงงานแปรรูป l ไปยังท่าเรือ n โดยตรงด้วยรถบรรทุก และอีกแบบเป็นการขนส่งจากคลังสินค้าของโรงงานแปรรูป l ไปยังสถานีรถไฟ m ด้วยรถบรรทุก และขนส่งต่อไปยังท่าเรือ n ด้วยรถไฟ ซึ่งมีข้อจำกัดดังนี้

สมการที่ (2) เป็นข้อจำกัดเงินลงทุนของเกษตรกร ซึ่งสมการนี้จะเป็นการจำกัดว่า การเพาะปลูกของเกษตรกรจะมีต้นทุนทั้งหมด s กระบวนการอยู่ภายใต้เงินลงทุนต่อการผลิตที่เกษตรกรมี สมการที่ (3) เป็นข้อจำกัดเรื่องสัดส่วนการจัดสรรเงินทุนของเกษตรกรสำหรับแต่ละกระบวนการเพาะปลูกจนกระทั่งขนส่งไปจำหน่ายทั้งหมด s กระบวนการซึ่งผลรวมสัดส่วนจะต้องเท่ากับ 1 สมการที่ (4) เป็นข้อจำกัดผลผลิตน้ำมันสำเร็จที่จำหน่ายต้องไม่เกินผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ของเกษตรกรแปลงที่ i สมการที่ (5) ผลรวมของผลผลิตน้ำมันสำเร็จของเกษตรกรแปลงที่ i จะต้องสามารถตอบสนองความต้องการของโรงงานแปรรูป k ได้ สมการที่ (6) เป็นข้อจำกัดกำลังการผลิตของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่ง ในการรองรับอุปสงค์ได้สูงสุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่นเดียวกับตัวแบบที่ 1 โดยมีตัวแปรในการตัดสินใจเพิ่มขึ้นมา ดังนี้

$\tilde{x}_{ij}$ ปริมาณน้ำมันสำเร็จที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรแปลงที่ i นำไปจำหน่ายและเทกองไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูปที่ j (ตัน)

$\tilde{x}_{jk}$ ปริมาณน้ำมันสำเร็จที่เพิ่มขึ้นซึ่งจัดเก็บไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูปที่ j ส่งเข้าสู่การผลิตของโรงงานแปรรูปที่ k (ตัน)

$\tilde{y}_{kl}$ ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปที่เพิ่มขึ้นซึ่งแปรรูปและบรรจุพร้อมส่งของโรงงานแปรรูปที่ k นำไปจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าที่ l (ตัน)

$\tilde{y}_{lm}$ ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปที่เพิ่มขึ้นซึ่งจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้า l ถูกจัดส่งไปยังสถานีรถไฟ m และส่งต่อไปยังท่าเรือ (ตัน)

$\tilde{y}_{ln}$ ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปที่เพิ่มขึ้นซึ่งจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้า l ถูกจัดส่งโดยรถบรรทุกไปยังท่าเรือ n โดยตรง (ตัน)

$\tilde{y}_{mn}$ ปริมาณแก๊สสำหรับแปรรูปที่เพิ่มขึ้นซึ่งเตรียมจัดส่งโดยรถไฟขนส่งจากสถานีรถไฟ m ไปยังท่าเรือ n (ตัน)

$\tilde{I}_j$ ปริมาณมัน้ำที่เก็บเพิ่มไว้ที่ลานมันของโรงงานแปรรูป j (ตัน)

$\tilde{I}_l$ ปริมาณมัน้ำที่เก็บเพิ่มที่คลังสินค้าของโรงงานแปรรูป l (ตัน)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z = & \sum_i \sum_j (X_{ij} + \tilde{x}_{ij}) + \sum_j \sum_k (X_{jk} + \tilde{x}_{jk}) \\ & + \sum_k \sum_l (Y_{kl} + \tilde{y}_{kl}) + \sum_l \sum_m (Y_{lm} + \tilde{y}_{lm}) + \sum_l \sum_n (Y_{ln} + \tilde{y}_{ln}) \\ & + \sum_m \sum_n (Y_{mn} + \tilde{y}_{mn}) + \sum_j (I_j + \tilde{I}_j) + \sum_l (I_l + \tilde{I}_l) \end{aligned} \quad (16)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

$$c_s (X_{ij} + \tilde{x}_{ij}) \leq \alpha_s B, \quad \forall_i, \forall_j \quad (17)$$

$$\sum_i (X_{ij} + \tilde{x}_{ij}) \leq \gamma A, \quad \forall_j \quad (18)$$

$$\sum_i (X_{ij} + \tilde{x}_{ij}) \geq D_k \quad , \forall_j \quad (19)$$

$$\beta \sum_j (X_{jk} + \tilde{x}_{jk}) \leq U_k \quad , \forall_k \quad (20)$$

$$\sum_k (\beta X_{jk} + \beta \tilde{x}_{jk}) \geq D_n \quad , \forall_j \quad (21)$$

$$\sum_i (X_{ij} + \tilde{x}_{ij}) + I_{j0} - \sum_k (X_{jk} + \tilde{x}_{jk}) \leq U_j \quad , \forall_j \quad (22)$$

$$\sum_k (Y_{kl} + \tilde{y}_{kl}) + I_{l0} - \sum_m \sum_n (Y_{lm} + Y_{ln}) \leq U_l \quad , \forall_l \quad (23)$$

$$\sum_i (Y_{lm} + \tilde{y}_{lm}) - \sum_n (Y_{mn} + \tilde{y}_{mn}) = 0 \quad , \forall_m \quad (24)$$

$$\sum_m Y_{mn} + \tilde{y}_{mn} = V_{mn} W_{mn} \quad , \forall_n \quad (25)$$

$$\sum_i (Y_{lm} + \tilde{y}_{lm}) / W_{lm} = V_{lm} \quad , \forall_m \quad (26)$$

$$\sum_i (Y_{ln} + \tilde{y}_{ln}) / W_{ln} = V_{ln} \quad , \forall_n \quad (27)$$

$$\sum_i (Y_{lm} + \tilde{y}_{lm}) + \sum_l (Y_{ln} + \tilde{y}_{ln}) \geq D_n \quad , \forall_m, \forall_n \quad (28)$$

$$\tilde{x}_{ij}, \tilde{x}_{jk}, \tilde{y}_{kl}, \tilde{y}_{lm}, \tilde{y}_{mn}, \tilde{I}_j, \tilde{I}_l \geq 0 \quad , \forall_i, \forall_j, \forall_k, \forall_l, \forall_m, \forall_n \quad (29)$$

ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (16) มีเป้าหมายเพื่อหาปริมาณผลผลิตสูงสุดของแต่ละ Node ในโซ่อุปทานที่สามารถรองรับได้เพิ่มขึ้นจากความสามารถพื้นฐานของตัวแบบที่ 1 (หน่วย: ตัน) ประกอบด้วยความสามารถที่เพิ่มขึ้นได้สูงสุดในการผลิตของเกษตรกรแปลงที่ i ความสามารถสูงสุดที่รองรับกับปริมาณมันสำปะหลังจากเกษตรกรของพื้นที่ลานมัน j กำลังการผลิตของโรงงาน k และพื้นที่คลังสินค้า l ที่จัดเก็บมันสำปะหลัง รวมถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้นสูงสุดของระบบการขนส่งทางถนนโดยตรง และการขนส่งทางถนนร่วมกับรถไฟผ่านสถานีรถไฟ m เพื่อส่งมันสำปะหลังไปยังท่าเรือ n สำหรับส่งออกด้วย ซึ่งอยู่ภายใต้ข้อจำกัดเช่นเดียวกับตัวแบบที่ 1 แต่มีตัวแปรตัดสินใจเพิ่มเติมดังกล่าวข้างต้นเข้ามาในข้อจำกัดดังสมการที่ (17) – (29) ทั้งนี้ ในสมการที่ (23) จะไม่มีการบวกเพิ่ม $\tilde{y}_{lm}$ และ $\tilde{y}_{ln}$ เข้าไปเพราะสมการนี้พิจารณาปริมาณที่ส่งออกเท่ากับอุปสงค์จริงเท่านั้น และเป็นการแสดงให้ว่าจะมีปริมาณมันสำปะหลังจัดเก็บเป็นสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร นอกจากนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนสมการที่ (25) – (27) จากเดิมใช้ $\leq$ เปลี่ยนเป็น $=$ เพื่อให้เห็นถึงความสามารถที่รองรับได้เพิ่มขึ้นในส่วนของระบบขนส่ง และสมการที่ (28) เปลี่ยนจาก $=$ เปลี่ยนเป็น $\leq$ เพื่อให้เห็นถึงปริมาณมันสำปะหลังที่ระบบขนส่งสามารถรองรับได้เพิ่มขึ้นมากกว่าอุปสงค์

4. กรณีศึกษาและผลการศึกษา

4.1 กรณีศึกษา

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเพื่อเป็นตัวอย่างจากการประยุกต์ใช้ตัวแบบที่ 1 และ 2 แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เกษตรกร จะประกอบด้วยข้อมูลเรื่องของเงินทุน (B) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 6,000,000 บาท พื้นที่เพาะปลูก (A) 600 ไร่ อัตราผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 7 ตัน สัดส่วนการจัดสรรเงินทุน และต้นทุนการเพาะปลูกแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนการจัดสรรเงินทุนและต้นทุนการเพาะปลูก

s	α_s	c_s (บาท/ตัน)
1	0.09	150
2	0.12	200
3	0.06	100
4	0.06	100
5	0.30	450

6	0.06	100
7	0.13	220
8	0.18	300

ส่วนที่ 2 โรงงานแปรรูป ประกอบด้วยราคาซื้อ (P) เฉลี่ยเท่ากับ 2,250 บาทต่อตัน ต้นทุนการผลิต (p) 2,000 บาทต่อตันแป้งมัน ๗ อุปสงค์โรงงานแปรรูปที่เป็นมันสำปะหลัง (D_k) เท่ากับ 3,000 ตันต่อวัน อุปสงค์ของการส่งออกแป้งมันสำปะหลัง (D_n) เท่ากับ 500 ตันต่อวัน และอัตราการแปรสภาพจากมันสำปะหลังเป็นแป้ง (β) เท่ากับ 0.25 ส่วนค่า U, I_0, h แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Node Capacity สินค้าคงคลังเริ่มต้น และต้นทุนจัดเก็บ

รายการ	Node		
	j	k	l
U (ตัน)	3,000	1,400	1,000
I_0 (ตัน)	0	-	0
h (บาท/ตัน)	250	-	1,000

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการขนส่ง มี 2 รูปแบบ แบบที่ 1 เป็นการขนส่งทางถนนโดยตรง ได้แก่ ปริมาณรถหัวลากที่วิ่งจ้างได้ น้ำหนักบรรทุกต่อคัน ต้นทุนค่าขนส่ง ส่วนแบบที่ 2 เป็นการขนส่งทางรถบรรทุกร่วมกับรถไฟ ได้แก่ ปริมาณรถหัวลากบรรทุกที่วิ่งจ้างได้ น้ำหนักบรรทุกต่อคัน ต้นทุนค่าขนส่งทางรถบรรทุก จำนวนคอนเทนเนอร์ที่บรรทุกลงรถไฟ น้ำหนักบรรทุกของรถไฟ และต้นทุนขนส่งทางรถไฟ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนขนส่งของแต่ละรูปแบบ ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ และน้ำหนักบรรทุกต่อคัน

รายการ	ต้นทาง	ปลายทาง	
		m	n
c (บาท/TEU)	l	1,000	7,500
	m	-	5,200
v (TEUs/วัน)	l	10	20
	m	-	10
w (ตัน/คัน)	l	20	20
	m	-	20

4.2 ผลการศึกษา

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวมาข้างต้น ตั้งแต่สมการที่ (1) – (29) เมื่อนำมาทดสอบกับข้อมูลของการเพาะปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรและการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงานแปรรูป ตลอดจนการจัดส่งสินค้าเพื่อการส่งออก สามารถแสดงผลสรุปได้ดังตารางที่ 4 โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

ผลจากตัวแบบที่ 1 เป็นตัวแบบที่จะใช้ในการประเมินค่าพื้นฐานของปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังที่มีการผลิต จัดเก็บและขนส่ง เพื่อทำให้ต้นทุนของทั้งโซ่อุปทานมีค่าต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องของทุนทรัพย์ของเกษตรกร กำลังการผลิตความสามารถการจัดเก็บของพื้นที่ลานมัน พื้นที่คลังสินค้า ตลอดจนความสามารถของระบบการขนส่งเพื่อที่จะทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปสู่ผู้บริโภค ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม MS Excel Solver

พบว่า ปริมาณของน้ำมันส่าปะหลังที่จะเข้าสู่โรงงานสูงสุดที่จะทำให้โซ่อุปทานมีต้นทุนต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดคือ 3,000 ตัน โดยทำให้มีต้นทุนรวมเท่ากับ 13,034,500 บาท ทั้งนี้เห็นว่าเงินทุนของเกษตรกรยังคงมีเหลือสำหรับการนำไปพัฒนาศักยภาพการผลิตได้เพิ่มขึ้นอีก แต่เนื่องจากมีอุปสงค์ของโรงงานที่จำกัดจึงทำให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายได้น้อยกว่าผลผลิตที่มีอยู่ ส่วนของโรงงานแปรรูปจะพิจารณาผลผลิตเท่ากับอุปสงค์ที่เกิดขึ้นเท่ากับ 500 ตันเพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด จึงยังมีปริมาณน้ำมันส่าปะหลังสต็อกเหลืออยู่ที่ลานมัน 1,000 ตัน ส่วนระบบการขนส่งสินค้ายังมีข้อจำกัดโดยเฉพาะการขนส่งทางรถไฟ จึงต้องมีการทิ้งพาการขนส่งทางถนน และทำให้การขนส่งยังไม่สามารถลดต้นทุนได้มากพอ

ตัวแบบที่ 2 เป็นตัวแบบที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถสูงสุดที่สามารถรองรับได้เพิ่มขึ้นจากตัวแบบที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะวัดความสามารถสูงสุดของโซ่อุปทาน ภายใต้ข้อจำกัดตั้งแต่ส่วนของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่ง จะเห็นว่า เกษตรกรมีความสามารถในการผลิตส่าปะหลังภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องของเงินทุนได้สูงสุดเท่ากับ 3,600 ตัน เพิ่มขึ้น เท่ากับ 600 ตัน และเมื่อมีผลผลิตเข้าสู่กระบวนการแปรรูปมากขึ้น ความสามารถสูงสุดของโรงงานสามารถที่จะรับซื้อและแปรรูปได้เพิ่มขึ้น กล่าวคือ สามารถรับซื้อได้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 600 ตันและนำไปแปรรูปเพิ่มขึ้น 1,600 ตัน โดยมีจะไม่มีการจัดเก็บมันส่าปะหลังไว้ที่ลานมันเพื่อเป็นการลดการสูญเสีย และเป็นการใช้กำลังการผลิตให้มากที่สุด ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำมันส่าปะหลังที่เกินจากอุปสงค์เท่ากับ 400 ตัน ซึ่งสามารถจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าเพื่อเป็นสินค้าคงคลังสำรองในกรณีฉุกเฉินต่างๆ ได้ ส่วนในระบบการขนส่งพบว่า สามารถรองรับการขนส่งน้ำมันส่าปะหลังได้เพิ่มสูงสุดจากอุปสงค์เท่ากับ 100 ตัน โดยเป็นการขนส่งทางถนนโดยตรง ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้สามารถวางแผนการขนส่งเพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ได้ด้วย และเพื่อเป็นการทดสอบกรณีที่มีการวางนโยบายเพื่อเพิ่มศักยภาพของโซ่อุปทานนี้ในแต่ละส่วน การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ (Scenario Analysis) โดยกำหนดนโยบายสมมติขึ้นมา 3 นโยบาย โดยแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

สำหรับนโยบายที่ 1 เป็นนโยบายที่เกิดจากภาครัฐให้การสนับสนุนเงินทุนกับเกษตรกรเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 1,000 บาท จะเห็นว่า ผลจากตัวแบบที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการสนับสนุนเงินทุนช่วยเพิ่มผลผลิต แต่แหล่งรับซื้อและโรงงานแปรรูปยังไม่มีกำลังรองรับเพียงพอ หรือยังไม่มีอุปสงค์ส่งออกเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีมันส่าปะหลังสต็อกเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเท่าเดิม แต่เมื่อพิจารณาผลจากตัวแบบที่ 2 จะเห็นว่าความสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงสุดเท่ากับ 3,960 ตัน เนื่องมาจากเกษตรกรมีเงินทุนในการพัฒนากระบวนการเพาะปลูกได้ดีขึ้นนั่นเอง และในส่วน of โรงงานก็จะมีการนำเข้าไปแปรรูปและจัดเก็บไว้มาก

ยิ่งขึ้น เพราะหากจัดเก็บในรูปของมันเป็นส่าปะหลังสดจะทำให้คุณภาพด้อยลง จึงมีการแปรรูปและเก็บในรูปแ่งมันส่าปะหลังมากขึ้นเท่ากับ 490 ตันซึ่งสามารถใช้เป็นสินค้าคงคลังสำรองได้ ส่วนการขนส่งจะเห็นว่า การขนส่งผ่านทางถนนไปท่าเรือโดยตรงมีความสามารถที่จะรองรับได้เพิ่มขึ้นอีก 100 ตัน

นโยบายที่ 2 ภาครัฐส่งเสริมการตลาดให้เกิดการส่งออกเฉลี่ยสูงขึ้นเท่ากับ 100 ตันต่อวัน ทำให้โรงงานแปรรูปมีการปรับกำลังการผลิตสูงขึ้น และส่งผลให้มีความต้องการรับซื้อมันส่าปะหลังจากเกษตรกรมากขึ้น ประกอบกระตุ้นให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตเพิ่มขึ้นซึ่งจากเดิมรับซื้อเพียงแค่ 3,000 ตันเพิ่มเป็น 3,500 ตัน เมื่อพิจารณาตัวแบบที่ 2 ทำให้เห็นว่า เกษตรกรสามารถที่จะผลิตได้เพิ่มสูงสุด 3,600 ตัน และโรงงานมีความสามารถในการผลิตแ่งมันส่าปะหลังเพิ่มขึ้นอีก 300 ตัน ซึ่งหากมีอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นเกินกว่านี้ จะทำให้มีผลผลิตไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรมีการสนับสนุนการผลิตของเกษตรกรเช่นการเพิ่มเงินทุนให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้เพื่อให้มีมันส่าปะหลังเข้าสู่กระบวนการผลิตตลอดจนโรงงานแปรรูปควรมีการวางแผนการผลิตสำรองไว้ด้วย นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ระบบ

การขนส่งจะเริ่มเป็นจุดคอขวดเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนจัดการหัวลากขนส่งไว้ล่วงหน้าด้วย

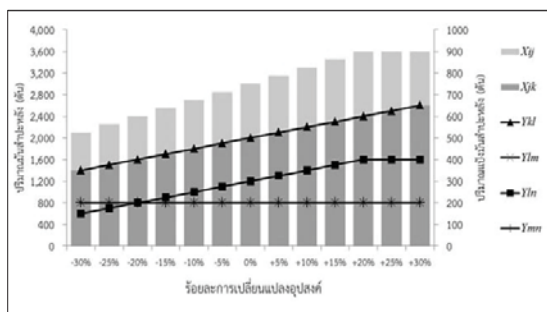
นโยบายที่ 3 เป็นนโยบายที่ภาครัฐมีการสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ ให้มีรอบการขนส่งทางรถไฟได้สูงขึ้นเป็น 2 เท่าจากเดิม ซึ่งจากตัวแบบที่ 1 แสดงให้เห็นว่า มีการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไปทางรถไฟมากขึ้น จากเดิม 200 ตันเป็น 400 ตัน เนื่องมาจากการขนส่งทางรถไฟมีต้นทุนที่ต่ำกว่า และผลจากตัวแบบที่ 2 ทำให้เห็นว่า มีการขนส่งผ่านทางรถไฟได้เต็มความสามารถสูงสุด ในขณะที่ระบบการขนส่งผ่านทางถนนไปท่าเรือโดยตรงยังมีความสามารถในการรองรับอุปสงค์ได้เพิ่มสูงสุดอีก 300 ตัน ซึ่งสามารถใช้เป็นทางเลือกเมื่ออุปสงค์มีการเพิ่มขึ้นได้ จากตัวแบบนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การสนับสนุนการขนส่งทางรถไฟควรมีการพิจารณาความต้องการขนส่งสินค้าเกษตรมากยิ่งขึ้น เพราะจะทำให้มีต้นทุนโลจิสติกส์ที่ต่ำลง และสามารถทำให้ภาคเกษตรแข่งขันกับตลาดโลกได้ด้วย นอกจากนี้ต้นทุนที่แสดงดังตารางที่ 4 เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงต้นทุนของเกษตรกรและโรงงานแปรรูปที่แตกต่างกันตามปริมาณการผลิตและการแปรรูป ทั้งนี้ต้นทุนจากตัวแบบที่ 2 ไม่ได้พิจารณาให้เป็นต้นทุนต่ำที่สุด แต่เป็นการพิจารณาว่าหากมีการใช้ความสามารถการผลิตของเกษตรกรและโรงงานแปรรูปได้มากขึ้นจะทำให้เกิดต้นทุนแตกต่างกันออกไป โดยต้นทุนขนส่งของตัวแบบที่ 2 จะพิจารณาจากการขนส่งแ่งมันส่าปะหลังที่เท่ากับอุปสงค์จริงเท่านั้น และส่วนที่ผลิตเกินจากอุปสงค์จะมีการจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้า และเกิดเป็นต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลัง

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาจากกรณีศึกษาและผลการวิเคราะห์ภายใต้นโยบายการส่งเสริมจากภาครัฐ 3 นโยบาย

ผลจากตัวแบบที่ 1					ผลจากตัวแบบที่ 2				
ตัวแปรตัดสินใจ (หน่วย: คัน)	กรณีศึกษา 1	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	ตัวแปรตัดสินใจ (หน่วย: คัน)	กรณีศึกษา	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
X_{ij}	3,000	3,000	3,500	3,000	$X_{ij} + \tilde{x}_{ij}$	3,600	3,960	3,600	3,600
X_{jk}	2,000	2,000	2,400	2,000	$X_{jk} + \tilde{x}_{jk}$	3,600	3,960	3,600	3,600
Y_{kl}	500	500	600	500	$Y_{kl} + \tilde{y}_{kl}$	900	990	900	900
Y_{lm}	200	200	200	400	$Y_{lm} + \tilde{y}_{lm}$	200	200	200	400
Y_{ln}	300	300	400	100	$Y_{ln} + \tilde{y}_{ln}$	400	400	400	400
Y_{mn}	200	200	200	400	$Y_{mn} + \tilde{y}_{mn}$	200	200	200	400
I_j	1,000	1,000	1,100	1,000	$I_j + \tilde{I}_j$	0	0	0	0
I_l	0	0	0	0	$I_l + \tilde{I}_l$	400	490	300	400
ต้นทุนของเกษตรกร (บาท)	4,860,000	4,860,000	5,670,000	4,860,000	ต้นทุนของเกษตรกร (บาท)	5,832,000	6,415,200	5,832,000	5,832,000
ต้นทุนของโรงงานแปรรูป (บาท)	8,174,500	8,174,500	9,562,000	8,161,500	ต้นทุนของโรงงานแปรรูป (บาท)	10,474,500	11,554,500	10,412,000	10,461,500
ต้นทุนของโซ่อุปทาน (บาท)	13,034,500	13,034,500	15,232,000	13,021,500	ต้นทุนของโซ่อุปทาน (บาท)	16,306,500	17,969,700	16,244,000	16,293,500

4.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

จากผลการทดสอบตัวแบบดังกล่าวข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการรองรับอุปสงค์ในส่วนของการเกษตรกรและโรงงานแปรรูปของโซ่อุปทานเป้่มั่นสำปะหลัง ซึ่งทั้งสองตัวแบบจะแสดงผลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของอุปสงค์ภายใต้ความสามารถการผลิตของผู้ที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานเป้่มั่นสำปะหลัง การวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis) จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตของเกษตรกร โรงงานแปรรูปและระบบขนส่งว่ามีเพียงพอหรือสามารถที่จะรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอุปสงค์ได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณอุปสงค์การส่งออกเป้่มั่นสำปะหลังจากเดิม 500 คัน ให้มีการเพิ่มขึ้นและลดลงในอัตราส่วนที่เท่ากันจากตัวแบบที่ 1 สามารถแสดงผลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต การจัดเก็บ การแปรรูป และการขนส่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์

ค่า X_{ij} เป็นปริมาณของมั่นสำปะหลังสดที่เกษตรกรขนส่งมาจำหน่ายให้กับโรงงานแปรรูป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์จะมีอัตราการเพิ่มขึ้น ลดลงที่เท่ากับ 150 คัน แต่จนถึงระดับที่เท่ากับ 3,600 คัน จะคงที่ไปตลอดตั้งแต่ระดับปริมาณอุปสงค์เป้่มั่นสำปะหลังเท่ากับ 600 คัน เป็นต้นไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากเกษตรกรมีข้อจำกัดในเรื่องของเงินลงทุนทำให้มีปัจจัยการผลิตที่อาจไม่เพียงพอที่จะเพิ่มให้มีผลผลิตมั่นสำปะหลังที่สูงขึ้นตามศักยภาพที่ควรจะเป็นได้ ส่วนค่า X_{jk} และ ค่า Y_{kl} เป็นปริมาณของมั่นสำปะหลังที่เข้าสู่กระบวนการผลิต และเป้่มั่นสำปะหลังที่แปรรูปเสร็จตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นและลดลงที่เท่ากัน และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นได้อีก เนื่องจากยังมีกำลังการผลิตเป้่มั่นสำปะหลัง ตลอดจนมีพื้นที่คล้งสินค้าสำหรับจัดเก็บเป้่มั่นสำปะหลังเหลืออยู่ แต่จะเข้าสู่อัตราคงที่เมื่อมีการผลิตเต็มกำลัง และเมื่อพิจารณาค่า Y_{lm} และ ค่า Y_{mn} เป็นปริมาณเป้่มั่นสำปะหลังที่ขนส่งผ่านทางรถไฟสามารถขนส่งได้สูงสุดเพียง 200 คันต่อวัน เนื่องจากรถไฟมีความสามารถในการรองรับ จำนวนแคร่ต่อขบวนและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อขบวนที่จำกัด ถึงแม้ว่าจะมีค่าขนส่งที่ต่ำกว่า ซึ่งทำให้การขนส่งเป้่มั่นสำปะหลังยังต้องพึ่งพาการขนส่งทางถนนโดยรถบรรทุกด้วย ดังค่า Y_{ln} ซึ่งจากแผนภูมิแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์เปลี่ยนแปลงสูงเกินกว่า 600 คัน โรงงานแปรรูปจะไม่สามารถว่าจ้างรถขนส่งให้เพียงพอได้ โดยเฉพาะในช่วงที่ความต้องการขนส่งสินค้าทางรถบรรทุกค่อนข้างมาก ทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถที่จะขนส่งไปยังท่าเรือได้ตามเวลา และอาจเกิดปัญหาการจัดส่งล่าช้าได้

จากการพิจารณาค่าทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณอุปสงค์การส่งออกเป้่มั่นสำปะหลังจะทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทานทราบถึงความสามารถสูงสุดที่จะ

รองรับกับอุปสงค์ที่แตกต่างกันได้ ตลอดจนทราบว่าระบบการขนส่งถือเป็นส่วนที่อาจทำให้เกิดปัญหาคอขวดได้มากที่สุด หากมีปริมาณอุปสงค์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความไว ผลการวิเคราะห์จากตัวแบบที่ 1 และ 2 รวมถึงการทดสอบนโยบาย 3 กรณี จะสามารถเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผน สร้างนโยบายในการส่งเสริมให้อุปทานมีนํ้าสำรองได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถรองรับกับความเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นในอนาคตได้ดียิ่งขึ้น และมีการวางแผนรองรับกรณีฉุกเฉินต่างๆ ได้

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาตัวแบบเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับให้อุปทานเกษตรซึ่งศึกษกรณีมีนํ้าสำรองของประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และกำหนดขอบเขตของการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เบ่งมีนํ้าสำรองเพื่อการส่งออก โดยตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้นนำมาใช้ในการประมาณค่าความยืดหยุ่นของให้อุปทานมีนํ้าสำรอง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ส่วนเกษตรกร โรงงานแปรรูป ระบบการขนส่งที่เป็นแบบขนส่งทางรถบรรทุกอย่างเดียว และการขนส่งทางรถบรรทุกพร้อมกับรถไฟ โดยตัวแบบแบ่งออกเป็น 2 ตัวแบบย่อยคือ ตัวแบบที่ 1 เป็นตัวแบบที่สร้างขึ้นเพื่อประเมินความสามารถพื้นฐานของผู้ที่เกี่ยวข้องในให้อุปทานเบ่งมีนํ้าสำรอง ภายใต้ข้อจำกัดในการผลิต การจัดเก็บและการขนส่งของเกษตรกร โรงงานแปรรูปเพื่อให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด ส่วนตัวแบบที่ 2 เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อประเมินความยืดหยุ่นของให้อุปทานเบ่งมีนํ้าสำรอง โดยอ้างอิงความสามารถพื้นฐานจากตัวแบบที่ 1 ตัวแบบนี้จะทำให้เห็นถึงความสามารถของเกษตรกร โรงงานแปรรูป และระบบการขนส่ง ในการรองรับอุปสงค์ได้เพิ่มขึ้นสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่นเดียวกับตัวแบบที่ 1 โดยมีการกำหนดตัวแปรในการตัดสินใจเพิ่มขึ้นมา ซึ่งทำให้เห็นว่า เกษตรกรจะมีความสามารถผลิตเพิ่มได้สูงสุดอีก 600 ตัน โรงงานแปรรูปแปรรูปมีนํ้าสำรองจากเกษตรกรเพิ่มได้สูงสุด 1,600 ตันและส่วนการขนส่งเบ่งมีนํ้าสำรองจะมีเพียงการขนส่งทางถนนไปยังท่าเรือโดยตรงที่ความสามารถในการรองรับยังเพิ่มได้สูงสุดเท่ากับ 100 ตัน นอกจากนี้ยังมีการทดสอบกับนโยบาย 3 กรณี ได้แก่ การสนับสนุนเงินทุนของเกษตรกร เพิ่มอุปสงค์ตลาดส่งออก และการเพิ่มรอบการขนส่งทางรถไฟ ซึ่งผลทำให้เห็นถึงความสามารถของเกษตรกร โรงงานแปรรูปและระบบการขนส่งที่แตกต่างกันออกไป และจากผลการวิเคราะห์ค่าความไวแสดงให้เห็นว่าปริมาณของมีนํ้าสำรองที่เกษตรกรขนส่งมาจำหน่ายให้กับโรงงานแปรรูป และปริมาณการแปรรูป สามารถเพิ่มได้สูงสุดเท่ากับ 3,600 ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวจะเท่ากับค่าที่ได้จากตัวแบบที่ 2 และการขนส่งทางถนนยังถือเป็นทางเลือกเมื่อการขนส่งทางรถไฟไม่เพียงพอ โดยจะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์เบ่งมีนํ้าสำรองได้มากที่สุดเท่ากับ 600 ตัน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้จะช่วยเป็นแนวทางให้ทุกส่วนในให้อุปทานสามารถวางแผน กำหนดนโยบายของการดำเนินงานให้สอดคล้องกับอุปสงค์ได้มากยิ่งขึ้น ตลอดจนสามารถพัฒนาศักยภาพของส่วนที่เกิดปัญหาคอขวดให้ดีขึ้นด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] V. Kumar, K. A. Fantazy and U. Kumar, "Implementation and management framework for supply chain flexibility," *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 19 (3), pp. 303-319, 2006.
- [2] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (20 สิงหาคม 2558). รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตรปี 2557 และแนวโน้มปี 2558, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/Doclib_CommodityYearly/Yearly2557_Trend-2558_final.pdf
- [3] B. M. Beamon, "Measuring supply chain performance," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 (3), pp. 275-292, 1999.
- [4] R. J. Vokurka and S. W. O'Leary-Kelly, "A review of empirical research on manufacturing flexibility," *Journal of Operations Management*, Vol. 18 (4), pp. 485-501, 2000.
- [5] C. Chandra, M. Everson and J. Grabis, "Evaluation of enterprise-level benefits of manufacturing flexibility," *Omega*, Vol. 33 (1), pp. 17-31, 2005.
- [6] K. Georgoulas, N. Papakostas, G. Chryssolouris, S. Stanev, H. Krappe, and J. Ovtcharova, "Evaluation of flexibility for the effective change management of manufacturing organizations," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 25 (6), pp. 888-893, 2009.
- [7] E. K. Morlok and D. J. Chang, "Measuring capacity flexibility of a transportation system," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 38 (6), pp. 405-420, 2004.
- [8] A. Chen and P. Kasikitwivat, "Modeling capacity flexibility of transportation networks," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 45 (2), pp. 105-117, 2011.
- [9] P. Schutz and A. Tomasgard, "The impact of flexibility on operational supply chain planning," *International Journal of Production Economics*, Vol. 134 (2), pp. 300-311, 2011.
- [10] Z. Gong, "An economic evaluation model of supply chain flexibility," *European Journal of Operational Research*, Vol. 184 (2), pp. 745-758, 2008.
- [11] K. Das, "Integrating effective flexibility measures into a strategic supply chain planning model," *European Journal of Operational Research*, Vol. 211 (1), pp. 170-183, 2011.
- [12] ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ และสมยศ เชื้ออุทัย. "การลดต้นทุนโลจิสติกส์การเพาะปลูกสับปะรดพันธุ์ควีน โดยประยุกต์ใช้กำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม," *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, ปีที่ 36 (3), หน้า 287-298, 2556.

- [13] ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ, วงศ์ผกา วงศ์รัตน์, ปริญญ์ พัฒนวัฒน์
พรและสมยศ เชิญอักษร. “การจัดการโซ่อุปทานมะพร้าวน้ำหอม
โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบจำนวนเต็ม ผสม,”
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 22 (3), หน้า
601-609, 2555.
- [14] ปารณนา ปารณนาดี, จิรัชัย พุทธกุลสมศิริ, เจริญชัย โขมพัตรา
ภรณ์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (1 กรกฎาคม 2558). รายงาน
วิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การจัดการโซ่อุปทานและโลจิส
ติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในประเทศไทย, [ระบบออนไลน์],
แหล่งที่มา: http://fic.nfi.or.th/food/upload/pdf/13_182.pdf
- [15] พิสิษฐ์ บึงบัว, ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล, ณกร อินทร์พวย และสราวุธ
จันทร์สุวรรณ. “นโยบายการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรม
เกษตรสำหรับเมืองที่ยั่งยืน: กรณีมันสำปะหลัง,” วารสาร Thai
VCML., ปีที่ 7 (2), หน้า 128-145, 2557.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นางสาวปาริยา ศิริวัฒนพันธ์
ปริญญาตรี บธ.บ. (การจัดการโลจิสติกส์)
เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ปัจจุบันกำลัง
ศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการจัดการ
โลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบัน
บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์



ดร.สราวุธ จันทร์สุวรรณ
Ph.D. (Transportation Engineering) Utah
State University ประเทศสหรัฐอเมริกา
ปัจจุบันเป็น อาจารย์และผู้อำนวยการหลักสูตร
การจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์