

# การวางแผนเพาะปลูกที่เหมาะสมเพื่อรายได้สุทธิสูงสุด โดยใช้ Linear optimization ในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

## Optimal crop pattern for the maximum net income using linear optimization in Mae Chaem District, Chiang Mai Province

ข้าวประดับดิน สงมา, นงนุช พูลสวัสดิ์\*, ทศนียวรรณ ชมอินทร์ และ วันวิศา ฐานังชะโน  
สถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

Khaowpradabdin Songmaa, Nongnuch Poolsawada, Tassaneewan Chom-ina  
and Wanwisa Thanungkanoa

*Technology and Informatics Institute for Sustainability, National Metal and Materials Technology Center  
(MTEC)*

Received: August 11, 2021 ; Accepted: October 2, 2021

### บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของประชากรทั่วโลกส่งผลต่อปริมาณความต้องการอาหารและสินค้าทางการเกษตรที่สูงขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวเกษตรกรจึงเลือกทำเกษตรเชิงเดี่ยวเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและคาดหวังรายได้จากการทำเกษตร แต่ด้วยข้อจำกัดเชิงพื้นที่เพาะปลูกและเงินทุนจึงส่งผลให้เกษตรกรยังคงประสบปัญหา รายได้ต่ำ ดังนั้นการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่เกษตรกรรมจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงรายได้ของเกษตรกรเช่น รูปแบบการปลูก การจัดการทางการเกษตร และปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด งานวิจัยนี้ เสนอแนวทางการจัดการพื้นที่ปลูกพืชแบบเกษตรบูรณาการ ที่เหมาะสมตามระยะปลูก ภายในพื้นที่ 1 ไร่ (0.16 เฮกตาร์) ด้วยเทคนิค Linear Optimization โดยคำนึงถึงรายได้สุทธิของเกษตรกรจากการปลูกพืชใน 5 กลุ่ม ได้แก่ พืชปรับปรุงดิน ไม้ผล สมุนไพร พืชเศรษฐกิจและไม้ป่า จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการจัดการพื้นที่ปลูกที่ให้รายได้ต่อไร่สูงสุดต่อเกษตรกร คือ การปลูกพืชปรับปรุงดิน ไม้ผล และพืชเศรษฐกิจ แบบกระจายตัวในพื้นที่ และปลูกพืชล้อมพื้นที่ด้วยไม้ป่าและสมุนไพร (รูปแบบที่ 1)

**คำสำคัญ:** วิธีการหาค่าที่เหมาะสมเชิงเส้น การวางแผนการปลูก ค่าตอบแทนสูงสุด

### Abstract

Whilst the world population is increasing, consequently, the demand for food and agricultural products also raised. Farmers turn to monoculture for high productivity of agricultural products and expecting farm income but with limited arable land and capital investment; however, farmers still encountered problems with low income. Therefore, evaluating the potential of agricultural spatial is

one of the significant factors influencing agricultural productivity also the income of farmers such as crop pattern, agricultural practice, and material used for the cultivation with the most efficient use of limited resources. This research is to propose an appropriate crop pattern based on plant spacing for allocating plantation areas through the Linear Optimization technique in agroforestry, which five plant groups are composed of soil-improving crops, fruit crops, vegetables and herbs, cash crops and forests, for the optimization of farm productivity in 1 rai (1 rai = 0.16 hectares) of the arable area by determining the net farm income. The results have shown that the optimal agricultural pattern (Pattern 1) for planting the soil-improving crops, fruit crops and cash crops throughout the area, while forest, vegetables and herbs are around the area. This pattern provides the numbers of crop tress for each type with maximum farmer's income.

**Keyword:** linear optimization, crop planning, maximum net income

## 1. บทนำ

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ให้ข้อมูลว่า ปี 2558 ภาคเกษตรกรรมมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึงร้อยละ 24 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั่วโลก (IPCC, 2015) จากงานวิจัยของวันชัยและคณะ (วันชัย, 2562) พบว่า ในปี 2556 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร ประมาณ 50,919.34 กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ ร้อยละ 15.98 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งนับเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของโลก อีกทั้งเกษตรกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีรูปแบบการปลูกแบบระบบเกษตรกรรมเชิงเดี่ยวและพืชอายุสั้น (Attavanich, W., 2019) เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงและเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ แต่ด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการทำเกษตร (Attavanich, W., 2013) และทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง ดังนั้น เกษตรกรต้องพิจารณาถึงการจัดการพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิต

การเกษตร ผลตอบแทนสูง และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณต่ำ

เนื่องจากเกษตรกรมีพื้นที่ในการทำเกษตรจำกัด (Jirath, C., et al. 2019) ทำให้การจัดสรรพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์โดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญอย่างยิ่ง จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่ผ่านมาเสนอแนวทางการสรรพื้นที่ทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น การจัดสรรพื้นที่สำหรับปลูกข้าวข้าวโพด ลูกเดือยและถั่วลิสง โดยคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการลงทุน ซึ่งการจัดสรรพื้นที่มุ่งเน้นรายได้สุทธิสูงสุดด้วยวิธี Linear Programming (H. et al., 2018) เช่นเดียวกับ การจัดสรรพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกข้าวสาลี ต้นมันฝรั่งและถั่วฝักยาวในฟาร์ม Sabajpura โดยการ จัดสรรพื้นที่มุ่งเน้นรายได้สุทธิสูงสุดด้วยเครื่องมือ LINPROG ในโปรแกรม MATLAB และยังมี การจัดสรรที่ดินที่เหมาะสมให้กับพืช 10 ชนิด โดยคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ได้แก่ ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ ต้นทุนปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลง ผลผลิตของพืช ค่าแรงรายวันและเครื่องจักร และราคาผลผลิต โดยการ จัดสรรพื้นที่มุ่งเน้นกำไรสุทธิสูงสุด

(Wankhade M. O, 2012) นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่คำนวณเปรียบเทียบระหว่างการเพาะปลูกแบบเดิมที่มีการปลูกข้าวสาลี 6.5 เฮกตาร์ ผักกาดขาว 0.85 เฮกตาร์ และ ถั่วฝักยาว 0.9 เฮกตาร์ และแบบที่พิจารณาความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ โดยใช้ Linear Programming ที่มุ่งเน้นรายได้สุทธิสูงสุด ผลการศึกษาพบว่า ควรปลูกเฉพาะถั่วฝักยาวเพียงอย่างเดียว จึงจะรายได้สุทธิสูงสุด ซึ่งรายได้สุทธิจากการศึกษาสูงกว่ารายได้สุทธิแบบเดิม 1.785 เท่า (Upadhyaya, 2017) และการจัดสรรรูปแบบการปลูก ที่ดีที่สุดสำหรับการปลูกข้าวโพด มะเขือเทศ กะหล่ำปลีและมันฝรั่ง ในฟาร์มขนาด 4 เฮกตาร์ ประเทศซิมบับเว ทำให้อัตรากำไรเพิ่มขึ้น ร้อยละ 76 จากรูปแบบการปลูก แบบเดิม (Buzuzi & Buzuzi, 2018) นอกจากนี้ มีการนำเสนอแนวคิดการเพิ่มผลกำไรสูงสุดและลดความต้องการน้ำผ่านการจัดสรรพื้นที่การเกษตรที่เหมาะสมโดยใช้ Social Spider Algorithm (SSA) ในเขตโคอิมบะทอร์ (Coimbatore) รัฐทมิฬนาฑู ประเทศอินเดีย ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถแนะนำการเพาะปลูกให้แก่เกษตรกรภายใต้ข้อจำกัดการถือครองที่ดินที่แตกต่างกันและการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด (Thilagavathi & Amudha, 2019) จากตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า Linear Programming สามารถช่วยในการจัดสรรพื้นที่การเกษตร เนื่องจากวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่หลากหลายและค่อนข้างง่ายต่อการแก้ไขปัญหา (Sallan et al., 2015)

อย่างไรก็ตาม การใช้ระยะห่างระหว่างต้นเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญเพื่อใช้ในการพิจารณาการจัดการพื้นที่ปลูก เนื่องจากระยะห่างระหว่างต้นที่เหมาะสมทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การดูดซึมน้ำ การดูดซึมอาหาร และการรับแสงแดด (Department of Forestry,

2013) ซึ่งระยะห่างระหว่างต้นจะมีผลต่อจำนวนต้นที่ปลูกในพื้นที่ โดยงานวิจัยนี้จะมีการสร้างแบบจำลองในการจัดการจำนวนต้นพืชในระยะห่างที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเกษตรกรปลูกข้าวโพดแบบเกษตรเชิงเดี่ยว คิดเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดร้อยละ 80 ของพื้นที่ทั้งหมดในอำเภอแม่แจ่ม หรือ คิดเป็น 82,904 ไร่ (Panyagaew et al., 2016) ดังนั้น ข้าวโพดถือเป็นรายได้หลักของคนในพื้นที่ ส่งผลให้พื้นที่ป่าเริ่มถูกแทนที่ด้วยพื้นที่ข้าวโพดมากขึ้น นอกจากนี้ การปลูกข้าวโพดนั้นปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประมาณ 26,719.481 tonnes CO<sub>2</sub> เทียบเท่า และยังปล่อย PM10 ประมาณ 26.539 tonPM10 (Supasri et al., 2016) พื้นที่การเกษตรพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยควรมีการปลูกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน (Titaphorn et al., 2016) นอกจากนี้ เกษตรกรในพื้นที่ศึกษานี้ยังเผชิญกับปัญหาที่ดินทำกิน เนื่องจากพื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ ระดับ 1A ซึ่งจัดเป็นพื้นที่ห้ามทำกิจกรรมทางการเกษตรทุกรูปแบบ (Open Development Thailand, 2019) แม้ว่าเกษตรกรจะได้รับการผ่อนผันให้สามารถทำกินได้ แต่เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ลาดชัน การชลประทานไม่สามารถเข้าถึงได้ พื้นที่ที่สามารถทำกินได้จึงมีอย่างจำกัดและไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร อีกทั้งปัญหาความแห้งแล้ง คุณภาพดินและมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางการเกษตรที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ต่ำ รวมทั้งมีปัญหานี้สิน งานวิจัยนี้ เสนอแนวทางการวางแผนการเพาะปลูกพืชแบบบูรณาการที่เหมาะสมในพื้นที่โดยจัดสรรพื้นที่ให้มีทั้งวนเกษตรร่วมกับเกษตรผสมผสาน โดยคำนึงถึงรายได้สุทธิของเกษตรกร ซึ่งเป็นการเพาะปลูกพืชที่แสดงถึงการอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับป่าที่สมดุลกัน และคำนึงถึง

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และการจัดการทางเกษตรที่ถูกต้องร่วมกับการปลูกป่าทดแทนบนพื้นที่ โดยใช้การหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรพื้นที่ปลูกพืช ด้วยเทคนิค Linear Optimization

ในงานวิจัยนี้ จะจำลองรูปแบบการปลูกแบบเกษตรบูรณาการ ภายใต้ขนาด 1 ไร่ โดยกำหนดพืชปรับปรุงดิน พืชไม้ผล พืชแซม พืชสมุนไพรและพืชไม้เศรษฐกิจ โดยพืชปรับปรุงดิน ได้แก่ กล้วย เนื่องจากกล้วยเป็นพืชที่ให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน พืชไม้ผล ได้แก่ ต้นมะม่วง เนื่องจากมะม่วงมีความทนทานต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง (เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์, 2561) พืชไม้เศรษฐกิจ ได้แก่ ต้นโกโก้ เนื่องจากโกโก้เป็นพืชทั้งพืชแซมและพืชเศรษฐกิจ ซึ่งเกษตรกรสามารถหารายได้เสริมจากการปลูกโกโก้ได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2561) พืชสมุนไพร ได้แก่ ต้นโหระพา ต้นตะไคร้ และพริก เนื่องจาก พืชสมุนไพรทั้งหมดเป็นพืชสวนครัวที่มีคู่ไทย ซึ่งเป็นนิยมนำมาปรุงอาหาร และพืชไม้ป่า ได้แก่ สัก เนื่องจากสักเป็นไม้ป่าที่มีมูลค่าสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในอนาคต การจำลองรูปแบบการปลูกนี้มีการกำหนดระยะห่างระหว่างต้นชนิดเดียวกันเพื่อความเหมาะสมในการเจริญเติบโต เพื่อให้ได้รายได้สุทธิสูงสุด

## 2. วิธีการ

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ขนาดพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ 2,713.75 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าและภูเขาประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่ราบเชิงเขาร้อยละ 20 เป็นพื้นที่ราบเพียงร้อยละ 10 อำเภอแม่แจ่ม โดยพื้นที่ป่าไม่มีสัดส่วนของการใช้ที่ดินมากที่สุด รองลงมา คือ การใช้ที่ดิน

ทางด้านเกษตรกรรม สภาพภูมิอากาศของอำเภอแม่แจ่มค่อนข้างเย็น มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งปีอยู่ที่ 1,248.8 มิลลิเมตร (วสันต์ และคณะ, 2559)

### 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

โปรแกรมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หารูปแบบการปลูกที่ดีที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ คือ โปรแกรมการปลูกที่ดีที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ คือ โปรแกรม IDLE เพื่อประมวลผลภาษาคอมพิวเตอร์ ประเภท python เวอร์ชัน 3.7 นอกจากนี้ ยังใช้ PuLP library เพื่อคำนวณหาค่าเชิงเส้นที่เหมาะสม (Linear Optimization)

### 2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีการพิจารณาถึงรายได้สุทธิที่เกษตรกรคาดว่าจะได้รับจากการปลูกพืชแต่ละชนิด แสดงดัง Table 1 ซึ่งต้องมีการเก็บรวบรวมทั้งในส่วนของราคาขายของผลผลิต และต้นทุนจากการปลูกซึ่งในที่นี้พิจารณาต้นทุนจากราคาปุ๋ยอินทรีย์ ราคาต้นกล้า ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง โดยพิจารณาต้นทุนและรายได้สุทธิเทียบต่อการปลูกพืชและผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวพืช 1 ต้น จากการเก็บข้อมูลจากกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรจากการรวบรวมข้อมูลพบว่า เกษตรกรปลูกพืชกลุ่มสมุนไพร ประเภท โหระพา ตะไคร้และพริกเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนเท่านั้น ทำให้ไม่มีราคาขายสำหรับพืชประเภทนี้ นอกจากนี้เกษตรกรปลูกต้นสักเพื่อทดแทนป่าที่สูญเสียไป ซึ่งต้นสักต้องใช้เวลาในการเติบโต ดังนั้น จึงไม่มีการเก็บเกี่ยวรายปี ทำให้ไม่มีราคาขาย โดยในการศึกษานี้ได้ทำการกำหนดพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง 4 พื้นที่ ได้แก่ บ้านสองธาร บ้านแม่ขี้มูกน้อย บ้านถวน-กองกาย และบ้านม้งโหล่งปง การเก็บข้อมูลและประมวลผลจากการทำแบบสอบถามการทำเกษตรแบบบูรณาการ

ในพื้นที่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรที่ดำเนินการทำการเกษตรแบบบูรณาการช่วงเดือนกันยายน 2563 จำนวน 38 ตัวอย่าง และมีการ

วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมในดินและในมวลชีวภาพโดยลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 8 พื้นที่ นอกจากนี้ตัวแทนเกษตรกรจากพื้นที่ต้องมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อป้องกันความชื้นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

**Table 1** Seeding cost and Net income (unit: Bath)

Item	Banana	Mango	Basil	Lemon grass	Paprika	Cocoa	Teak
Seeding cost	35.00	35.00	0.40	1.00	5.00	15.00	10.00
Organic fertilizer cost	11.50	93.96	0.29	0.00	2.42	3.48	2.66
Fuel cost	0.63	1.62	0.22	-	-	-	0.41
Selling price of produce	345.47	992.80	-	-	-	1200.00	-
Net income	<b>298.33</b>	<b>862.22</b>	<b>-0.91</b>	<b>-1.00</b>	<b>-7.42</b>	<b>1181.52</b>	<b>-13.07</b>

**2.4 การหาค่าที่เหมาะสมเชิงเส้น(Linear Optimization)**

การหาค่าที่เหมาะสมเชิงเส้น (Linear Optimization) จะใช้ Linear Programming ซึ่งเป็นหนึ่งในการเขียนโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น กำไรสูงสุด และต้นทุนต่ำสุด เป็นต้น Linear Programming ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การเกษตรอุตสาหกรรม และการขนส่ง (Akpan & Iwok, 2016) วิธีการนี้จะต้องตัวแปร (Decision variable) สำหรับการตัดสินใจเพื่อกำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด (Objective function) และจะต้องมีการกำหนดขอบเขตของปัญหาหรือข้อจำกัด (Constraints) โดยรูปแบบที่ใช้โดยทั่วไป (Bazaraa et al., 2010) ดังนี้

Decision variable:  $X_j$   $j=1,2,\dots,n$

Objective function: Maximize/Minimize

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j \quad j=1,2,\dots,n$$

Subject to Constraints:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i$$

$$j=1,2,\dots,n \quad i=1,2,\dots,m$$

$$X_j \geq 0$$

โดย

$c$  คือ Cost coefficients

$x$  คือ Decision variable

$b$  คือ Minimal requirements

$a$  คือ Technological coefficients

$n$  คือ จำนวน Decision variable

$m$  คือ จำนวน Constraint

**2.5 สมการที่นำมาใช้ในการพิจารณารูปแบบการปลูก**

2.5.1 จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้ภายใต้ระยะห่างและพื้นที่ที่กำหนด

จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้ภายใต้ระยะห่างและพื้นที่ที่กำหนด

$$\text{พื้นที่ที่กำหนด} = \left(\frac{W}{D} + 1\right) * \left(\frac{L}{D} + 1\right)$$

โดยที่  $W$  คือ ด้านกว้างของพื้นที่ (เมตร)

$L$  คือ ด้านยาวของพื้นที่ (เมตร)

$D$  คือ ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)

2.5.2 จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้

แบบล้อมพื้นที่ตามระยะห่างที่กำหนด

จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้แบบล้อมพื้นที่ตาม

$$\text{ระยะห่างที่กำหนด} = \frac{P}{D} + 1$$

โดยที่ P คือ ความยาวรอบพื้นที่ (เมตร)

D คือ ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)

2.5.3 จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้

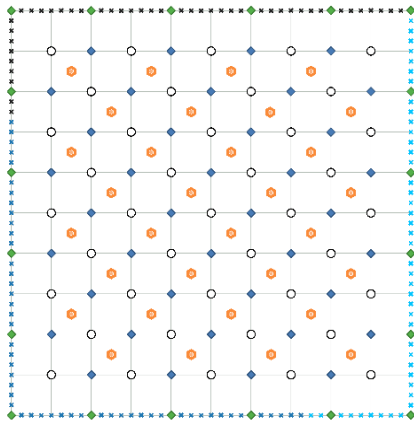
แบบแนวยาว

จำนวนต้นไม้ที่สามารถปลูกได้แบบแนวยาว

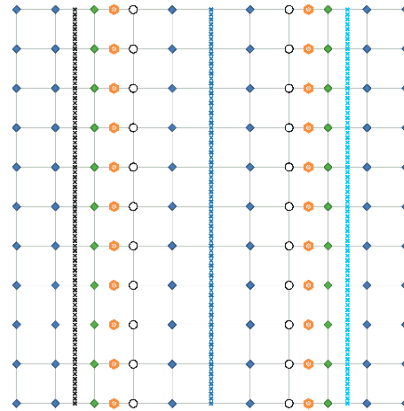
$$= \frac{L}{D} + 1$$

โดยที่ L คือ ความยาวของแถว (เมตร)

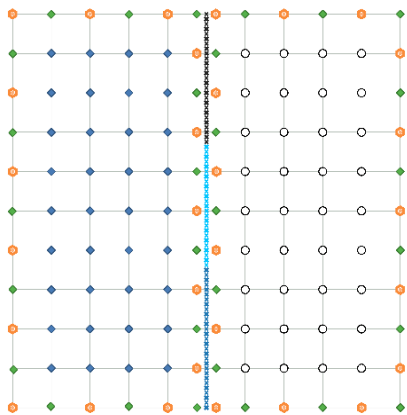
D คือ ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)



(A)



(B)



(C)

-  แทน โกโก้ 1 ต้น
-  แทน กล้ายี่ 1 ต้น
-  แทน มะม่วง 1 ต้น
-  แทน สัก 1 ต้น
-  แทน โหระพา 5 ต้น
-  แทน ตะไคร้ 5 ต้น
-  แทน พริก 5 ต้น

Figure 1 Planting pattern

2.6 รูปแบบการปลูก

งานวิจัยนี้ จะจำลองสถานการณ์ โดยมีความยาวและความกว้างของพื้นที่แตกต่างกัน ภายใต้ขนาดที่ดิน 1 ไร่ ในงานวิจัยนี้ จะเลือกความกว้าง

และความยาวที่เป็นไปได้ มาเพียง 6 รูปแบบ ได้แก่ 10×160 16×100 20×80 25×64 40×40 และ 32×50 เมตร นอกจากนี้ ยังมีการออกแบบแปลงที่ต่างกักัน ทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังFig. 2-4 โดยรูปแบบ

ทั้งหมดถูกดัดแปลงมาจากวนเกษตร (Department of Forestry, 2013) ดังนั้น แต่ละรูปแบบจะมีการวางแผนการเพาะปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการหาจำนวนต้นไม้ที่เหมาะสมแตกต่างกัน แต่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ยังคงมุ่งเน้นในเรื่องของรายได้สุทธิ

รูปแบบที่ 1 (Figure 1A) ปลูกล้อมรอบพื้นที่ดินด้วยต้นสักโดยมีระยะ 8\*8 เมตร และปลูกสลับกับพืชสมุนไพร ทั้ง โหระพา ตะไคร้ และพริก ภายในแปลงจะปลูกกล้วยและมะม่วงในระยะ 4\*4 เมตร และมีโกโก้แซม ประมาณ ร้อยละ 30

รูปแบบที่ 2 (Figure 1B) ปลูกกล้วย มะม่วง และสัก แบบสลับแถว และมีต้นโกโก้แซม 2 แถว ระหว่างต้นมะม่วงสัก โหระพา ตะไคร้ และพริก ซึ่งปลูกเป็นแถวอย่างละ 1 แถวระหว่างแถว ในที่นี้ ให้โหระพาและตะไคร้ปลูกระหว่างต้นสักและกล้วย และพริกปลูกระหว่างต้นกล้วย

รูปแบบที่ 3 (Figure 1C) จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการปลูกกล้วยและการปลูก

มะม่วง โดยทั้งสองฝั่งจะถูกล้อมรอบไปด้วยโกโก้ และสักที่ปลูกสลับกัน พืชสมุนไพรจะถูกปลูกเพียง 1 แถวระหว่างพื้นที่สองฝั่ง

## 2.7 โมเดลการหารูปแบบการปลูกที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น (Linear Programming) สำหรับการวางแผนการเพาะปลูกเพื่อหาจำนวนต้นไม้ที่เหมาะสม โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์และข้อจำกัด คือ รายได้สุทธิสูงสุดของเกษตรกรการวางแผนเพาะปลูก และข้อจำกัด ได้แก่ ระยะห่างระหว่างต้นชนิดเดียวกัน แต่ในงานวิจัยนี้ จะมีการปรับระยะห่างเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการปลูกที่กำหนด โดยข้อมูลต่างๆ แสดงดัง Table 2 โดยรายได้สุทธิต่อต้นคำนวณจากราคาผลผลิตต่อต้นลบด้วยต้นทุนของการเพาะปลูก ได้แก่ ต้นกล้า น้ำมันเชื้อเพลิง และปุ๋ย

Figure 2 Data used

Data	Banana	Mango	Basil	Lemon grass	Paprika	Cocoa	Teak
Net income per tree (bath)	298.33	862.23	-0.91	-1	-7.42	1181.52	-13.07
Planting space (m)	4	4	0.25	0.50	0.6	4	4,8

หมายเหตุ รูปแบบการปลูก รูปแบบที่ 1 และ 3 เท่านั้น จะใช้ระยะห่างระหว่างต้นสัก 8 เมตร และ รูปแบบการปลูก รูปแบบที่ 2 จะใช้ระยะห่างระหว่างต้นสัก 4 เมตร

**2.7.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function)** คือ รายได้สุทธิสูงสุดจากการวางแผนเพาะปลูก

$$z = (C_{\text{มะม่วง}}x_{\text{มะม่วง}}) + (C_{\text{กล้วย}}x_{\text{กล้วย}}) + (C_{\text{โกโก้}}x_{\text{โกโก้}}) - (C_{\text{หระพา}}x_{\text{หระพา}}) - (C_{\text{พริก}}x_{\text{พริก}}) - (C_{\text{ตะไคร้}}x_{\text{ตะไคร้}}) - (C_{\text{สั๊ก}}x_{\text{สั๊ก}})$$

**2.7.2 ข้อจำกัดของรูปแบบการปลูกแบบที่ 1**

2.7.2.1 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกภายในแปลงโดยห่างจากขอบ ( $D_b$ ) 4 เมตร โดยพืชแต่ละชนิดมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน

$$x_{\text{มะม่วง}} \leq 0.50 * \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) * \left( \frac{L - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right)$$

$$0.5 * \left( \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) * \left( \frac{L - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) \right) \leq x_{\text{กล้วย}}$$

$$\leq \left( \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) * \left( \frac{L - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) \right)$$

$$x_{\text{โกโก้}} \leq 0.40 * \left( \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{โกโก้}}} + 1 \right) * \left( \frac{L - D_b - D_b}{D_{\text{โกโก้}}} + 1 \right) \right)$$

2.7.2.2 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกล้อมรอบแปลง

$$x_{\text{สั๊ก}} = \frac{P}{D_{\text{สั๊ก}}} + 1$$

$$x_{\text{หระพา}} \geq 0.3 * \left( \frac{P}{D_{\text{หระพา}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{ตะไคร้}} \geq 0.3 * \left( \frac{P}{D_{\text{ตะไคร้}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{พริก}} \geq 0.3 * \left( \frac{P}{D_{\text{พริก}}} + 1 \right)$$

**2.7.3 ข้อจำกัดของรูปแบบการปลูกแบบที่ 2**

2.7.3.1 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกภายในแปลงโดยห่างจากขอบ ( $D_b$ ) 4 เมตร โดยพืชแต่ละชนิดมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน

$$x_{\text{กล้วย}} = \left( \frac{W}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) * \left( \frac{\frac{L}{2}}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{มะม่วง}} = \left( \frac{W}{D_{\text{มะม่วง}}} + 1 \right) * \left( \frac{\frac{L}{4}}{D_{\text{มะม่วง}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{โกโก้}} = \left( \frac{W}{D_{\text{โกโก้}}} + 1 \right) * \left( \frac{\frac{L}{4}}{D_{\text{โกโก้}}} + 1 \right)$$

2.7.3.2 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกในแถว

$$x_{\text{สั๊ก}} \geq 2 * \left( \frac{W}{D_{\text{สั๊ก}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{หระพา}} \geq \left( \frac{W}{D_{\text{หระพา}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{ตะไคร้}} \geq \left( \frac{W}{D_{\text{ตะไคร้}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{พริก}} \geq \left( \frac{W}{D_{\text{พริก}}} + 1 \right)$$

**2.7.4 ข้อจำกัดของรูปแบบการปลูกแบบที่ 3**

2.7.4.1 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกภายในแปลงโดยห่างจากขอบ ( $D_b$ ) 4 เมตร โดยพืชแต่ละชนิดมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน

$$x_{\text{กล้วย}} \leq \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right) * \left( \frac{\frac{L}{2} - 10}{D_{\text{กล้วย}}} + 1 \right)$$

$$x_{\text{มะม่วง}} \leq \left( \frac{W - D_b - D_b}{D_{\text{มะม่วง}}} + 1 \right) * \left( \frac{\frac{L}{2} - 10}{D_{\text{มะม่วง}}} + 1 \right)$$



2.7.4.2 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกล้อมรอบ

แปลง

$$x_{\text{ส้ม}} \leq 2 * \left( \left( \frac{\left( 2 * \left( \frac{L-4}{2} \right) \right) + (2 * W)}{D_{\text{ส้ม}}} \right) + 1 \right)$$

$$x_{\text{โกโก้}} \leq 2 * \left( \left( \frac{\left( 2 * \left( \frac{L-4}{2} \right) \right) + (2 * W)}{D_{\text{ส้ม}}} \right) + 1 \right)$$

$$x_{\text{โกโก้}} + x_{\text{ส้ม}} = 2 * \left( \left( \frac{\left( 2 * \left( \frac{L-4}{2} \right) \right) + (2 * W)}{D_{\text{โกโก้}}} \right) + 1 \right)$$

2.7.4.3 จำนวนต้นไม้ที่ปลูกในแถว

โดยหนึ่งแถวปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด

$$x_{\text{โหระพา}} \geq \frac{w}{\frac{D_{\text{โหระพา}}}{3}} + 1$$

$$x_{\text{ตะไคร้}} \geq \frac{w}{\frac{D_{\text{ตะไคร้}}}{3}} + 1$$

$$x_{\text{พริก}} \geq \frac{w}{\frac{D_{\text{พริก}}}{3}} + 1$$

- โดยที่
- Z คือ รายได้สุทธิรวม (บาท)
  - X คือ จำนวนต้นพืช (ต้น)
  - C คือ รายได้สุทธิ (บาท)
  - P คือ ความยาวรอบพื้นที่ดิน (เมตร)
  - W คือ ความกว้างของพื้นที่ (เมตร)
  - L คือ ความยาวของพื้นที่ (เมตร)
  - D คือ ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางในการเพาะปลูกพืชแบบเกษตรบูรณาการ โดยคำนึงถึงรายได้สุทธิโดยใช้การหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรพื้นที่ปลูกพืช ด้วยเทคนิค Linear Optimization ในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยพืชจาก 5 กลุ่มพืช ได้แก่ กล้วย มะม่วง โกโก้ โหระพา พริก และสั๊ก โดยกำหนดให้มีรูปแบบการปลูก 3 รูปแบบ และ 6 ความกว้าง-ความยาวที่แตกต่างกัน ภายในพื้นที่ 1 ไร่ จาก Table 3 แสดงผลลัพธ์แนวทางในการเพาะปลูกพืชแบบเกษตรบูรณาการ ทั้งหมด 3 รูปแบบการปลูก โดยมีขนาดความกว้างและความยาวที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 รูปแบบ เมื่อพิจารณาการจัดสรรตามรูปแบบที่ 1 โดยมีความกว้าง 25 เมตร และความยาว 64 เมตร จะให้รายได้สุทธิมากที่สุด เนื่องจากมีการปลูกกล้วย โกโก้ และมะม่วงในปริมาณที่มากกว่ารูปแบบความกว้าง-ความยาวอื่น ๆ ทำให้รายได้สุทธิมากที่สุด เมื่อพิจารณาการจัดสรรตามรูปแบบที่ 2 พบว่า ขนาดความกว้าง-ความยาวที่ให้รายได้สุทธิมากที่สุด คือความกว้าง 10 เมตร และความยาว 160 เมตร เนื่องจากมีการปลูกกล้วย โกโก้ และมะม่วงในปริมาณที่มากกว่ารูปแบบความกว้าง-ความยาวอื่น ๆ ทำให้รายได้สุทธิมากที่สุด เมื่อพิจารณาการจัดการตามรูปแบบที่ 3 พบว่า ความกว้าง 10 เมตร และความยาว 160 เมตร จะให้รายได้สุทธิมากที่สุด เนื่องจากมีการปลูกกล้วย โกโก้ และมะม่วงในปริมาณที่มากกว่ารูปแบบความกว้าง-ความยาวอื่น ๆ ทำให้รายได้สุทธิมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบรายได้สุทธิที่ได้จากการศึกษานี้กับค่าแรงขั้นต่ำ พบว่า มีเพียง 14 รูปแบบย่อยเท่านั้น จากทั้งหมด 18 รูปแบบย่อย ที่ทำให้ประชาชนมีรายได้ต่อปีมากกว่าค่าแรงขั้นต่ำต่อปี

Table 3 Result

Pattern	Banana	Mango	Basil	Lemon grass	Paprika	Cocoa	Teak	Banana	Net income (bath)
1	10*160	78	39	48	409	205	171	44	111,394.33
	16*100	72	36	40	279	140	117	30	98,267.13
	20*80	76	38	40	241	121	101	26	101,390.36
	25*64	90	45	44	214	108	90	24	116,460.86
	40*40	81	40	40	193	97	81	21	104,863.75
	32*50	84	42	41	198	99	83	22	108,632.25
	Average net income								
2	10*160	84	44	44	41	21	18	8	114,708.96
	16*100	70	40	40	65	33	28	10	102,235.27
	20*80	66	36	36	81	41	35	12	92,774.40
	25*64	72	40	40	101	51	43	16	102,609.55
	40*40	66	44	44	161	81	68	22	108,676.16
	32*50	72	45	45	129	65	55	18	112,687.66
	Average net income								
3	10*160	38	38	46	15	8	7	44	97,810.16
	16*100	33	33	34	23	12	10	32	77,956.49
	20*80	36	36	31	28	15	13	29	77,906.00
	25*64	42	42	29	35	18	15	28	82,498.13
	40*40	36	36	31	55	28	24	29	77,799.88
	32*50	35	35	29	44	23	19	28	74,336.44
	Average net income								

เมื่อค่าแรงขั้นต่ำที่ประชาชนในจังหวัด เชียงใหม่ควรได้รับต่อวัน คือ 325 บาทต่อวัน โดย อ้างอิงข้อมูลจากกระทรวงแรงงาน (Ministry of

Labour, 2020) หากพิจารณาจากการทำงาน 20 วัน ต่อเดือน ดังนั้น รายได้ขั้นต่ำประมาณ 78,000 บาท ต่อปี

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของรายได้สุทธิ จะเห็นได้ว่า รายได้สุทธิเฉลี่ย คือ การวางแผนการปลูกพืชรูปแบบที่ 1 รองลงมา คือ รูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 ตามลำดับ เนื่องจากรูปแบบการปลูกแบบที่ 1 สามารถปลูกพืชได้จำนวนมาก ทำให้ผลผลิตมีปริมาณมาก ดังนั้น รูปแบบการปลูกแบบที่ 1 จึงเหมาะสมสำหรับการปลูกแบบเกษตรบูรณาการ ที่คำนึงทั้งรายได้สุทธิ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดสรรรูปแบบการปลูกจากแนวคิดวนเกษตรเพื่อหาจำนวนต้นที่จะปลูก โดยคำนึงค่าตอบแทนสุทธิสูงสุด และช่วยในการตัดสินใจในการปลูกต้นไม้ไม่แปลง อย่างไรก็ตาม จำนวนต้นไม้ในรูปแบบการปลูกต่างๆ อาจจะไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดสำหรับค่าตอบแทนสุทธิสูงสุด เนื่องจาก Linear optimization สามารถดำเนินการได้เพียงหนึ่งวัตถุ ประสงค์เท่านั้น งานวิจัยนี้จึงเน้นไปที่ค่าตอบแทนสุทธิสูงสุดเท่านั้น นอกจากนี้ ข้อจำกัดอื่นๆ ยังไม่ถูกนำมาพิจารณา เช่น ค่าแรงงานและปริมาณน้ำที่ใช้ เป็นต้น อาจจะทำให้ยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริง

#### 4. สรุป

วิธีการหาค่าเชิงเส้นที่เหมาะสม (Linear Optimization) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเสนอรูปแบบการจัดสรรการเพาะปลูกที่เหมาะสมโดยงานวิจัยนี้พิจารณาถึงระยะทางการปลูกและจำนวนการปลูกของพืชแต่ละประเภท เพื่อหารายได้สุทธิสูงสุด บนพื้นที่การเกษตร 1 ไร่ ตามแนวทางเกษตรบูรณาการ ซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณา กล้วย โกโก้ สัก โหระพา ตะไคร้ พริก และมะม่วง เป็นตัวแทนที่นำมาใช้ในการศึกษาเนื่องจากพิจารณาจากปัจจัยเชิงพื้นที่ จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่ 1 จึงจะได้รับรายได้สุทธิมากที่สุด และเป็นข้อเสนอแนะใน

การจัดสรรพื้นที่ทางการเกษตรสำหรับเกษตรกร เพื่อให้เกิดรายได้สุทธิสูงสุดตามแนวทางเกษตรบูรณาการที่เหมาะสมตามรูปแบบพื้นที่ของเกษตรกร

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาการวางแผนการจัดสรรรูปแบบการปลูกให้ได้ค่าตอบแทนสุทธิสูงสุดให้แก่เกษตรกร ภายใต้ข้อกำหนดของขนาดความยาวและความกว้างของแปลงเกษตรของเกษตรกร ช่วยในการวางแผนการจัดสรรรูปแบบการเพาะปลูกพืชที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่ ซึ่งผลการศึกษานี้เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีความต้องการในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรจากการทำเกษตรเชิงเดี่ยวไปสู่การบูรณาการเกษตรแบบผสมผสาน โดยเสนอแนวทางเพื่อช่วยในการวางแผนและออกแบบการจัดการบนพื้นที่จำกัดให้เหมาะสมและมีรายได้ที่เพียงพอต่อการดำรงชีพในระยะเริ่มต้นของการปรับเปลี่ยน ซึ่งเมื่อทำการเกษตรจริงอาจจะมีการปรับเปลี่ยนการจัดการพื้นที่ที่เหมาะสมต่อไป

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ ทูสนับสนุนการวิจัยจากองค์การกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (WWF) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

#### 6. References

Akpan, N. P. and Iwok, I. A. , 2016, Application of Linear Programming for Optimal Use of Raw Materials in Bakery. International Journal of Mathematics and Statistics

- Invention (IJMSI) [www.ijmsi.org](http://www.ijmsi.org), 4(8), 51–57.
- Attavanich, W., 2013, The effect of Climate Change on Thailand ' s Agriculture. 7th International Academic Conference, 84005, 23–40. (in Thai)
- Attavanich, W., et al., 2018. Microscopic view of Thailand's agriculture through the lens of farmer registration and census data. Forthcoming PIER Discussion Paper. (in Thai)
- Bazaraa, M. S., John J. Jarvis, & Hanif D.Sherali., 2010, Linear Programming and Network Flows.
- Buzuzi, G., & Buzuzi, A. N., 2018, A Mathematical Programming Technique to Crop Mix Problem on a Farm in Mutasa, Manicaland Province, Zimbabwe. International Journal of Economics and Management Studies, 5( 11 ), 6– 10. <https://doi.org/10.14445/23939125/ijems-v5i11p102>
- Department of Forestry, 2013, Patterns of Forest Trees Planting in Agroforestry Systems. (in Thai)
- H., K. R., Bellundagi, V., & P.S, S. M., 2018, Economic optimum crop planning for maximization of farm net income in central dry zone of Karnataka: An application of linear programming model. 30TH International Conference of Agriculture Economists.
- IPCC., 2015, Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change. In Intergovernmental Panel on Climate Change 2015.
- Jirath, C., et al., 2019, Agricultural dynamics and implications for returns and risks of agricultural households in Thailand, Forthcoming PIER Discussion Paper. (in Thai)
- Ministry of Labour, 2020, Minimum wage rate, Available Source: <https://www.mol.go.th/อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ/>, April 18, 2020 (in Thai)
- Open Development Thailand, 2019,
- Panyagaew, W., Chatchawan, C., Saowaree, C., Puttipong, N., & Surapot, M., 2016, Maize in Mae Chaem, Center for Research and Academic Outreach Faculty of Social Sciences Chiang Mai University.
- Sallan, J. M., Lordan, O., & Fernandez, V., 2015, Modeling and Solving Linear Programming with R. <https://doi.org/10.3926/oss.20>
- Supasri, T., Panich, I., & Sate, S., 2016, Life Cycle GHGs and PM10 Evaluation of Maize Cultivation in Mae Chaem District, Chiang Mai. Engng.j.CMU, 23(3), 94–105.
- Thilagavathi, N., & Amudha, T., 2019, A novel methodology for optimal land allocation for agricultural crops using Social Spider Algorithm. PeerJ, 2019( 9) . <https://doi.org/10.7717/peerj.7559>
- Titaphorn, S., Panich, I., & Sate, S., 2016, Life Cycle GHGs and PM10 Evaluations of Maize Cultivation in Chiang Dao.
- Upadhyaya, A., 2017, Application of optimization techniques for crop planning to improve farm productivity of ICAR-RCER, Patna, India. Journal of AgriSearch,

4( 1)      <https://doi.org/10.21921/jas.v4i1.7423>

Wankhade M. O, L. H. S. , 2012, Allocation of Agricultural Land to The Major Crops of

Saline Track By Linear Programming Approach: A Case Study. International Journal of Scintific and Technology Research, 1(9), 21–25.