การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของจังหวัดลำพูน

Trade-offs of Economic, Social, and Environmental Objectives in Land Use Planning for Agriculture of Lamphun Province

จิรวรรณ กิจชัยเจริญ[1] เบญจพรรณ เอกะสิงห์[2] เมธี เอกะสิงห์[2] เทวินทร์ แก้วเมืองมูล[2]
กุศล ทองงาม[2] ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์[3] และกมลพันธ์ เกิดมั่น[2]
Jirawan Kitchaicharoen[1], Benchaphun Ekasingh[1,2], Methi Ekasingh[2] Tewin Keawmuangmoon[2],
Kuson Thong-Ngam[2], Chanchai Saengchayosawat[2,3] and Kamonphun Kerdmum[2]

บทคัดย่อ

การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นที่คำนึงวัตถุประสงค์หลายด้านพร้อมกัน วัตถุประสงค์แต่ละด้านอาจจะมีความขัดแย้งกัน การวิเคราะห์การทดแทนกัน (Trade-off analysis) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ที่ละคู่ อันจะทำให้ทราบว่าควรมีการปรับลดค่าเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์อย่างไรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด บทความนี้แสดงการวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ย่อยด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมเป็นคู่ๆ โดยใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของจังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นแบบจำลองหลายเป้าหมายและปรับเปลี่ยนได้ (Interactive Multiple Goal Programming, IMGP) ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงการทดแทนกันที่ค่อนข้างสูงระหว่างวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม การลดการใช้สารเคมีลงร้อยละ 25 จะส่งผลกระทบทางลบอย่างมากต่อผลตอบแทนสุทธิรวม ขณะที่การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสังคมอยู่ในระดับต่ำ การลดต้นทุนเงินสดน้อยกว่าร้อยละ 40 จะส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการใช้ที่ดินและการจ้างงาน ส่วนวัตถุประสงค์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมมีการทดแทนกันค่อนข้างต่ำ การลดการใช้สารเคมีและการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการใช้ที่ดินและการจ้างงาน ยกเว้นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับสูงกว่าร้อยละ 10 จะส่งผลกระทบเชิงลบค่อนข้างมากต่อการใช้ที่ดิน

คำสำคัญ: การทดแทนกัน, การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร, แบบจำลองหลายเป้าหมาย

---

[1]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตรคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2]ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[3]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1]Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University) Tel: 053-944066 Ext.13 Email: jirawan.k@cmu.ac.th

[2]Department of Crop Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University) Tel: 053-944621 Email: chanchai.s@cmu.ac.th

[3]Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University) Tel:053-944621 Email: benchaphun.e@cmu.ac.th : chanchai.s@cmu.ac. th

Abstract

In agricultural land use planning to optimize total benefit using multiple goal linear programming modelling, conflicts between objectives are likely. Trade-off analysis is used to find the relationships between pairs of objectives. Trade-off relationships will help to understand how to adjust the target value of each objective in order to find the optimal outcomes. This article shows results of trade-off analysis of different pairs of sub-objectives by using interactive multiple goal programming for agricultural land use planning of Lamphun province. The results show the rather high trade-off rates between economic and environmental objectives. The reduction of pesticide use by 25 percent will have a high negative effect on the total net return. The trade-off rates between economic and social objectives are rather low. The 40 per cent reduction of the total production cash cost will have only a small negative effect on the total land use and employment. There are also low trade-off rates between social and environmental objectives. Decreasing use of pesticide and nitrogen fertilizer will have a small negative effect on the total land use and employment, except in the case when the use of nitrogen fertilizer is 10 percent higher, it will have a high negative effect on the total land use.

Keywords: Trade-off, Agricultural Land Use Planning, Multiple GoalProgramming

บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อจัดเขตการใช้ที่ดินในจังหวัดลำพูนให้สามารถใช้ทรัพยากรทางเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นทางคณิตศาสตร์ (linear programming) ที่คำนึง5ถึงวัตถุประสงค์หลายด้านไปพร้อมๆ กัน ทั้งวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม บางวัตถุประสงค์มีความขัดแย้งกัน การพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ที่ทันสมัยโดยเปิดโอกาสให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นและสามารถปรับเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์ให้ยืดหยุ่นตามสภาพความขัดแย้งของวัตถุประสงค์ได้ จะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่ทุกฝ่ายยอมรับได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด คณะผู้วิจัยภายใต้โครงการดังกล่าวได้พัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการหาทางเลือกในการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับสถานการณ์การตัดสินใจที่มีหลายวัตถุประสงค์และให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนเป้าหมายได้หลายเป้าหมายซึ่งมีชื่อเรียกว่า Interactive Multiple Goal Programming for Land Use Planning (IMGP-LPlan) ขึ้น โปรแกรม IMGP-LPlan มีองค์ประกอบหลายส่วน ตั้งแต่การจัดทำหน่วยแผนที่เพื่อการจัดการทรัพยากรและประเมินศักยภาพของทรัพยากรที่ดินในการผลิตพืชที่สำคัญในพื้นที่เป้าหมาย การสำรวจภาคสนามเพื่อรวบรวมข้อมูลและจัดทำค่าสัมประสิทธิ์การผลิตของแบบจำลองเชิงเส้นหลายเป้าหมาย การประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อใช้ในการจัดสรรประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน [1]

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การทดแทนกัน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์สองวัตถุประสงค์ซึ่งมีความขัดแย้งกัน โดยใช้หลักต้นทุนค่าเสียโอกาส (opportunity cost) ทางเศรษฐศาสตร์ในการอธิบาย กล่าวคือ ถ้าต้องการให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากขึ้นต้องแลกด้วยการสูญเสียวัตถุประสงค์ที่ต้องการอีกอย่างหนึ่งไปหรือต้องแลกด้วยการได้รับในสิ่งที่ไม่ต้องการมากขึ้น เช่น เพื่อให้มีผลตอบแทนมากขึ้นต้องแลกด้วยการเกิดการชะล้างพังทลายของดินมากขึ้น เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จาก

การวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้ที่ต้องตัดสินใจ (decision maker) เข้าใจความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดต่างๆ เช่น ช่วยให้เข้าใจว่าถ้าต้องการให้เกษตรกรมีรายได้สุทธิเพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรอื่นๆ อย่างไรบ้าง อันจะทำให้ทราบว่าควรมีการปรับลดค่าเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์อย่างไรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและเป็นที่พอใจของผู้ตัดสินใจที่สุด

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการทดแทนกันของวัตถุประสงค์ย่อยทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีความขัดแย้งกัน โดยใช้โปรแกรม IMGP-LPlan (Interactive Multiple Goal Programming for Land Use Planning) ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยคณะผู้วิจัยโครงการวิจัย “การจัดที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรให้เหมาะสมกับหลายวัตถุประสงค์” [2]

วิธีการศึกษา

แบบจำลอง IMGP

แบบจำลองพื้นฐานในด้านการผลิตทางการเกษตรของจังหวัดลำพูนที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจทั้งหมด 200 ตัวแปรเป็นตัวแปรด้านระบบพืชตามหน่วยทรัพยากรที่ดิน (Land Resource Unit, LRU) 159 ตัวแปร ตัวแปรด้านการจ้างแรงงานราย 10 วัน 36 ตัวแปรและตัวแปรการกู้ยืม 5 ตัวแปร แบบจำลองมีข้อจำกัดทั้งหมด 536 ข้อจำกัด เป็นข้อจำกัดด้านวัตถุประสงค์ 8 ข้อจำกัด นอกนั้นเป็นข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆ ประกอบด้วย ข้อจำกัดด้านพื้นที่ปลูกในแต่ละระบบพืช 82 ข้อจำกัด ข้อจำกัดด้านแรงงาน 36 ข้อจำกัด ข้อจำกัดด้านเงินทุน การจ้างงานและการบริโภคข้าวอย่างละ 1 ข้อจำกัด ข้อจำกัดด้านแหล่งกู้ยืมเงิน 5 ข้อจำกัด ข้อจำกัดด้านพื้นที่ในหน่วยทรัพยากรที่ดิน 27 ข้อจำกัด ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำตามแหล่งน้ำเป็นราย 10 วันจำนวน 220 ข้อจำกัด และข้อจำกัดด้านความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการปลูกระบบพืชอีก 155 ข้อจำกัด ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ที่ใช้สร้างแบบจำลองได้จากการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรแยกตามรายพืช รวมทั้งหมด 1,444 ตัวอย่าง และได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ [2]

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและนักวางแผนระดับจังหวัดได้กำหนดวัตถุประสงค์ที่สำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของจังหวัดลำพูนไว้ 3 ด้านหลัก คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม โดยในแต่ละด้านจะมีวัตถุประสงค์ย่อยมากกว่าหนึ่งข้อ มีการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละวัตถุประสงค์โดยใช้โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) ซึ่งใช้หลัก Analytical Hierachy Process (AHP)[3] มาเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์ ทำให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละวัตถุประสงค์ดังแสดงใน Table 1

Table 1. Objective variables, their units and weights

Aspects	Objective variables and their optimization	Unit	Weight
Economics	Maximization of total net agricultural return	baht	0.486
	Minimization of total cash production cost	baht	0.162
Social	Maximization of total employment in agriculture	man-day	0.102
	Maximization of total agricultural land use	rai	0.230
Environment	Maximization of irrigation water use productivity	Baht-rai/m^3	0.104
	Minimization of pesticide use	kg. of active ingredients	0.086
	Minimization of chemical fertilizer use	kg.of N/rai	0.029
	Minimization of soil erosion	ton/year	0.011

วิธีการคำนวณเส้นการทดแทนกัน

ในการวิเคราะห์การทดแทนกันระหว่างคู่วัตถุประสงค์ เช่น ให้วัตถุประสงค์หนึ่งคือผลตอบแทนสุทธิสูงสุด และวัตถุประสงค์ที่สองคือการชะล้างพังทลายของดินต่ำสุด เพื่อให้ได้เส้นการทดแทนกัน โปรแกรมต้องคำนวณหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Optimization runs) หลายครั้ง ในการคำนวณแต่ละครั้งโปรแกรมจะคำนวณหาค่า restriction value (RV) สำหรับวัตถุประสงค์ที่สอง จากสมการท้ายดังนี้ [4]

$$RV = MRV + f \times (ORV-MRV) \quad (1)$$

โดยที่ MRV คือ ค่าต่ำสุดของวัตถุประสงค์ที่สองที่ได้จากการคำนวณโดยไม่ได้กำหนดข้อจำกัดใดๆ ในวัตถุประสงค์อื่น

ORV คือ ค่าของวัตถุประสงค์ที่สองเมื่อวัตถุประสงค์ที่หนึ่งบรรลุค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่ต้องการของวัตถุประสงค์ที่หนึ่ง

f คือ ค่าสัดส่วนที่มีค่าระหว่าง 0-1 เช่น 0.1, 0.2, 0.9 เป็นต้น

จากสมการข้างต้น เนื่องจากค่า MRV และ ORV ของแต่ละวัตถุประสงค์จะมีค่าคงที่ สามารถดูได้จากตาราง Pay-off เป็นตารางที่เก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการ Maximize หรือ Minimize วัตถุประสงค์หนึ่งๆ โดยไม่คำนึงถึงวัตถุประสงค์อื่นๆ (Figure 1) ดังนั้นค่า RV จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่า f

ค่า RV สำหรับวัตถุประสงค์ที่สองและผลลัพธ์ที่เหมาะสม (optimized value: OV) ของวัตถุประสงค์ที่หนึ่งในแต่ละครั้งที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำมาคิดเทียบเป็นร้อยละกับค่า ORV และค่าสูงสุด (maximum value: MOV) ของวัตถุประสงค์ที่หนึ่ง ตามลำดับ ดังสมการท้ายนี้

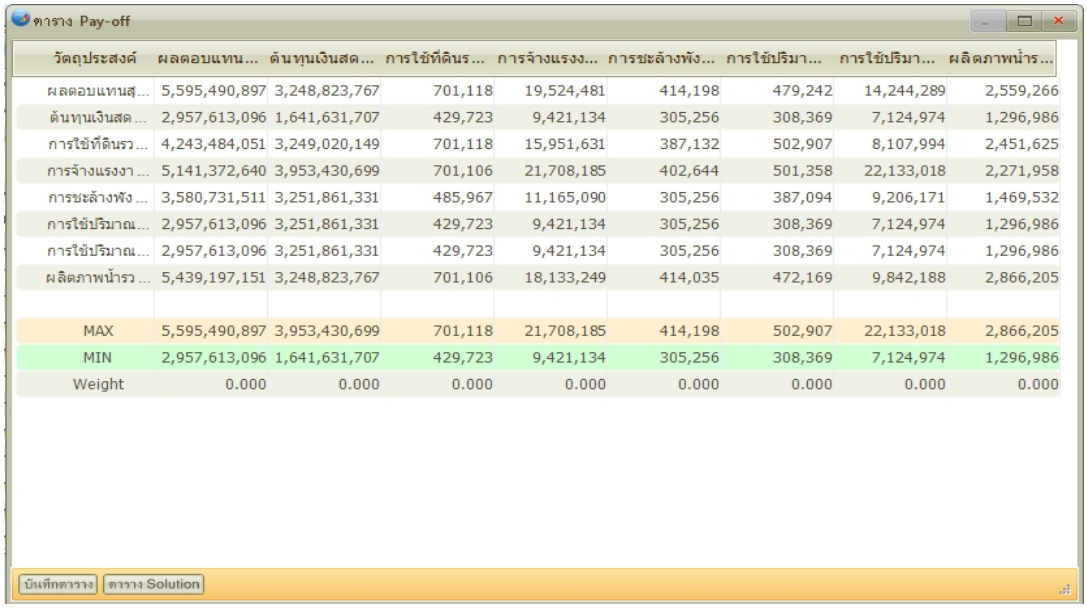
$$rsv = (RV/ORV) \times 100 \quad (2)$$

$$obv = (OV/MOV) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ rsv คือ ค่า RV ของวัตถุประสงค์ที่สองในหน่วยร้อยละของ ORV

obv คือ ค่า OV ของวัตถุประสงค์ที่หนึ่งในหน่วยร้อยละของ MOV

ค่า rsv และ obv ที่แต่ละคู่ที่ได้จะถูกนำไปสร้างเส้นกราฟสองมิติ เรียกว่า เส้นการทดแทนกัน (Tradeoff curve) ซึ่งแสดงการทดแทนกันระหว่างสองวัตถุประสงค์



ตาราง Pay-off

วัตถุประสงค์	ผลตอบแทน...	ต้นทุนเงินสด...	การใช้ที่ดินร...	การจ้างแรงง...	การชะล้างพัง...	การใช้ปริมา...	การใช้ปริมา...	ผลิตภาพน้ำร...
ผลตอบแทนสุ...	5,595,490,897	3,248,823,767	701,118	19,524,481	414,198	479,242	14,244,289	2,559,266
ต้นทุนเงินสด...	2,957,613,096	1,641,631,707	429,723	9,421,134	305,256	308,369	7,124,974	1,296,986
การใช้ที่ดินรว...	4,243,484,051	3,249,020,149	701,118	15,951,631	387,132	502,907	8,107,994	2,451,625
การจ้างแรงงา...	5,141,372,640	3,953,430,699	701,106	21,708,185	402,644	501,358	22,133,018	2,271,958
การชะล้างพัง...	3,580,731,511	3,251,861,331	485,967	11,165,090	305,256	387,094	9,206,171	1,469,532
การใช้ปริมาณ...	2,957,613,096	3,251,861,331	429,723	9,421,134	305,256	308,369	7,124,974	1,296,986
การใช้ปริมาณ...	2,957,613,096	3,251,861,331	429,723	9,421,134	305,256	308,369	7,124,974	1,296,986
ผลิตภาพน้ำรว...	5,439,197,151	3,248,823,767	701,106	18,133,249	414,035	472,169	9,842,188	2,866,205
MAX	5,595,490,897	3,953,430,699	701,118	21,708,185	414,198	502,907	22,133,018	2,866,205
MIN	2,957,613,096	1,641,631,707	429,723	9,421,134	305,256	308,369	7,124,974	1,296,986
Weight	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

บันทึกตาราง ตาราง Solution

Figure 1 Pay-off table from the IMGP-LPlan for agricultural land use planning of Lamphun province

ในโปรแกรม *IMGP-LPlan* ได้มีการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถทำการวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์แต่ละคู่ได้อย่างง่ายๆ โดยหลังจากเปิดไฟล์ข้อมูลที่ต้องการแล้ว ที่เมนูให้เลือก “วิเคราะห์” และกดปุ่มให้โปรแกรมมีการตรวจสอบแบบจำลอง หลังจากตรวจสอบเสร็จ ปุ่ม “Trade-off” จะปรากฏขึ้นให้ผู้ใช้กดเลือกและเข้าไปเลือกวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์หาการทดแทนกัน เมื่อกดปุ่มคำนวณ โปรแกรมจะทำการคำนวณและแสดงผลการวิเคราะห์เป็นกราฟเส้นแสดงการทดแทนกันของสองวัตถุประสงค์ (Figure 2) ผู้ใช้สามารถกดปุ่มที่เมนูเพื่อเลือกให้แสดงข้อมูลในรูปตารางได้ (Figure 3) และสามารถบันทึกข้อมูลเก็บไว้ในรูปของ Excel file ได้

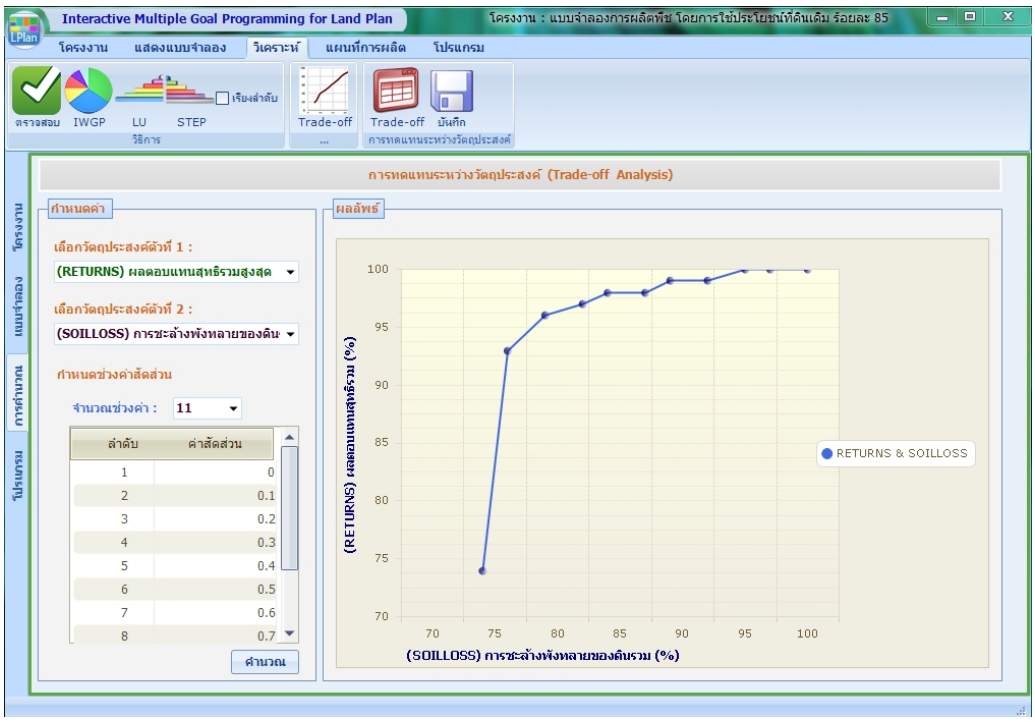


Figure 2 Window showing trade-off analysis using the IMGP-LPlan

ผลลัพธ์การทดแทนระหว่างวัตถุประสงค์

ลำดับ	RETURNS	RETURNS	fn	RV	OV	RSV	OBV
1	414,198	305,256	.0	305,256	4,166,452,373	73.70	74.46
2	414,198	305,256	.1	316,150	5,209,962,433	76.33	93.11
3	414,198	305,256	.2	327,044	5,368,881,804	78.96	95.95
4	414,198	305,256	.3	337,938	5,446,420,616	81.59	97.34
5	414,198	305,256	.4	348,833	5,486,060,000	84.22	98.04
6	414,198	305,256	.5	359,727	5,510,978,179	86.85	98.49
7	414,198	305,256	.6	370,621	5,535,449,570	89.48	98.93
8	414,198	305,256	.7	381,515	5,559,920,961	92.11	99.36
9	414,198	305,256	.8	392,409	5,574,809,227	94.74	99.63
10	414,198	305,256	.9	403,303	5,585,262,548	97.37	99.82
11	414,198	305,256	1.0	414,198	5,595,490,897	100.00	100.00

Figure 3 Window showing a result table of trade-off analysis

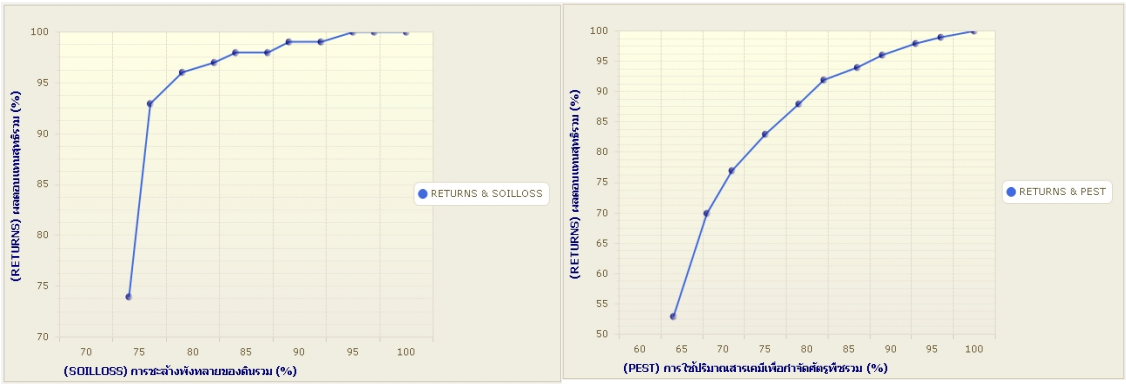
ผลการศึกษา

ในการวิเคราะห์การทดแทน ได้ทำการวิเคราะห์การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ทั้งสามด้านทีละคู่ คือ การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจกับด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจกับด้านสังคม และวัตถุประสงค์ด้านสังคมกับด้านสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาเลือกวัตถุประสงค์ย่อยบางคู่ของแต่ละด้านมาพิจารณาหาค่าการทดแทนกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

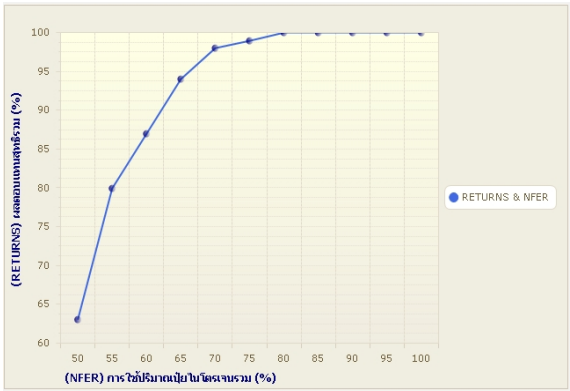
การวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ได้เลือกผลตอบแทนสุทธิรวมสูงสุดซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อยด้านเศรษฐกิจมาคำนวณหาค่าการทดแทนกับวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม 3 วัตถุประสงค์ย่อย คือ การชะล้างพังทลายของดินรวมต่ำสุด ปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมต่ำสุด และปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนรวมต่ำสุด

ผลการวิเคราะห์การทดแทนกัน พบว่า ผลตอบแทนสุทธิรวมสูงสุดมีความสัมพันธ์เป็นบวกกับวัตถุประสงค์ย่อยด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 วัตถุประสงค์ กล่าวคือ ถ้าลดการชะล้างพังทลายของดินหรือปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงจะมีผลทำให้ผลตอบแทนสุทธิลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม การทดแทนกันระหว่างผลตอบแทนสุทธิรวมกับการชะล้างพังทลายของดินมีอัตราน้อยมากในช่วงแรกแต่จะมีอัตราการทดแทนกันเพิ่มขึ้นมากในช่วงหลัง กล่าวคือ ในช่วงแรกการลดการชะล้างพังทลายของดินจากค่าสูงสุดลงประมาณ 10-20% จะทำให้ผลตอบแทนลดลงจากค่าสูงสุดเพียง 1-4% โดยประมาณ แต่ถ้าลดการชะล้างพังทลายไปอีกเพียงเล็กน้อยจะทำให้ผลตอบแทนสุทธิลดลงอย่างมาก โดยการลดการชะล้างพังทลายอีก 5% หรือเป็น 25% จากค่าสูงสุด จะทำให้ผลตอบแทนสุทธิลดลงจากค่าสูงสุดกว่า 20% โดยประมาณ (Figure 4 a) ส่วนการทดแทนกันระหว่างผลตอบแทนสุทธิกับปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชและการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลที่คล้ายคลึงกัน โดยมีอัตราการทดแทนกันที่ค่อนข้างสูง กล่าวคือ การลดปริมาณการใช้สารเคมีจากค่าสูงสุดลง 10% และ 20% จะทำให้ผลตอบแทนสุทธิรวมลดลง 3% และ 18% ตามลำดับ และอัตราการทดแทนกันเพิ่มสูงขึ้นมากถ้าลดปริมาณการใช้สารเคมีลง 25% โดยจะทำให้ผลตอบแทนสุทธิรวมลดลงมากถึง 37% ในขณะที่การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลง 10% และ 20% จะทำให้ผลตอบแทนสุทธิรวมลดลง 2% และ 7% ตามลำดับ และถ้าลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปถึง 30% จะส่งผลให้ผลตอบแทนสุทธิรวมลดลงถึง 25% แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรไม่สามารถลดการชะล้างพังทลายของดิน การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยไนโตรเจนลงได้มากนัก เพราะจะส่งผลกระทบค่อนข้างมากต่อผลตอบแทนที่จะได้รับ (Figure 4 b and c)



(a)

(b)



(c)

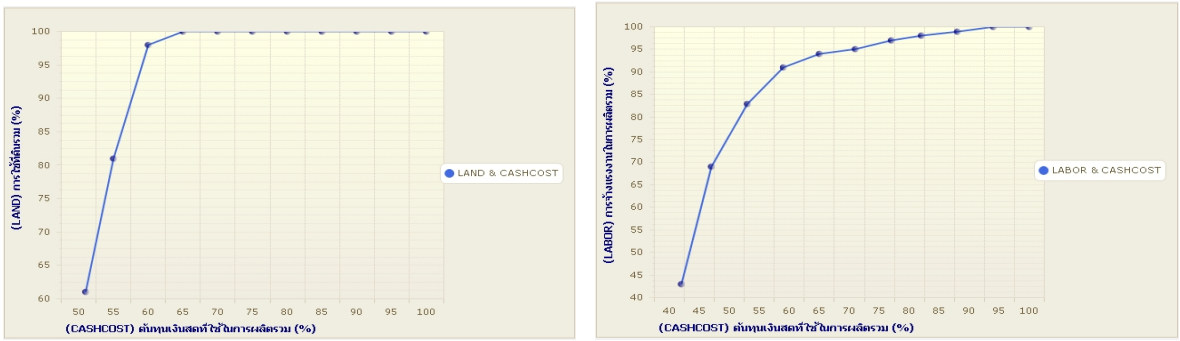
Figure 4 Trade-offs between economic and environmental objectives (a) total net return and total soil loss (b) total net return and total pesticide uses (c) total net return and total N fertilizer uses

การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสังคม

การวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้เลือกต้นทุนเงินสดที่ใช้ในการผลิตรวมต่ำสุดซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อยด้านเศรษฐกิจมาคำนวณหาค่าการทดแทนกับวัตถุประสงค์ด้านสังคม 2 วัตถุประสงค์ย่อย คือ การใช้ที่ดินรวมสูงสุดและการจ้างแรงงานในการผลิตรวมสูงสุด

ผลการวิเคราะห์การทดแทนกัน พบว่า ถ้ามีการลดลงของต้นทุนเงินสดในการผลิตมากกว่า 35% จะส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ที่ดินรวม โดยจะทำให้ปริมาณการใช้ที่ดินรวมลดลงเพียงประมาณ 2-3% ถ้ามีการลดต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมลงจากค่าสูงสุด 40% แต่การใช้ที่ดินรวมจะลดลงอย่างมากถ้ามีการลดต้นทุนเงินสดลงไปอีก โดยจะลดการใช้ที่ดินรวมลงประมาณเกือบ 40% ถ้าต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมลดลงมากถึง 50% (Figure 5 a) ส่วนการทดแทนกันของการจ้างแรงงานในการผลิตรวมกับต้นทุนเงินสดในการผลิตรวม พบว่า ถ้ามีการลดต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมมากกว่า 10% จะเริ่มส่งผลให้มีการจ้างแรงงานในการผลิตรวมลดลงอย่างช้าๆ และมีอัตราการลดลงที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการลดต้นทุนเงินสดในอัตราที่มากขึ้น โดยถ้าลดต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมลง 20% และ 30% จะส่งผลให้การจ้างแรงงานในการผลิตรวมลดลงเพียง 2% และ 5% ตามลำดับ แต่ถ้ายังคงลดต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมลงไปอีกเป็น 40-50% จะทำให้การจ้างแรงงานในการผลิตรวมลดลงจากค่าสูงสุด 10-25% (Figure 5 b)

จะเห็นได้ว่าต้นทุนเงินสดในการผลิตรวมสามารถลดลงได้มากถึง 30-40% โดยส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการใช้ที่ดินรวมและการจ้างแรงงานในภาพรวม แต่ถ้าต้องการจะลดต้นทุนเงินสดลงไปมากกว่า 40% แล้วจะส่งกระทบอย่างมากต่อการใช้ที่ดินและการจ้างแรงงาน



(a) (b)

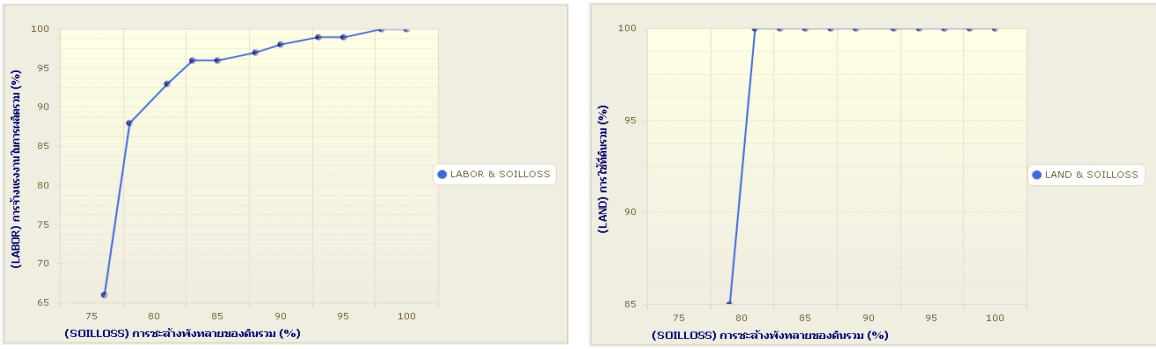
Figure 5 Trade-offs between economic and social objectives (a) total production cash cost and total land use (b) total production cash cost and total employment

การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ใช้วัตถุประสงค์ย่อยทั้งสองข้อของวัตถุประสงค์ด้านสังคม ซึ่งได้แก่ การจ้างแรงงานในการผลิตรวมสูงสุดและการใช้ที่ดินรวมสูงสุด ในการคำนวณหาค่าการทดแทนกันกับวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม 3 วัตถุประสงค์ย่อย คือ การชะล้างพังทลายของดินรวมต่ำสุด ปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมต่ำสุดและปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนรวมต่ำสุด

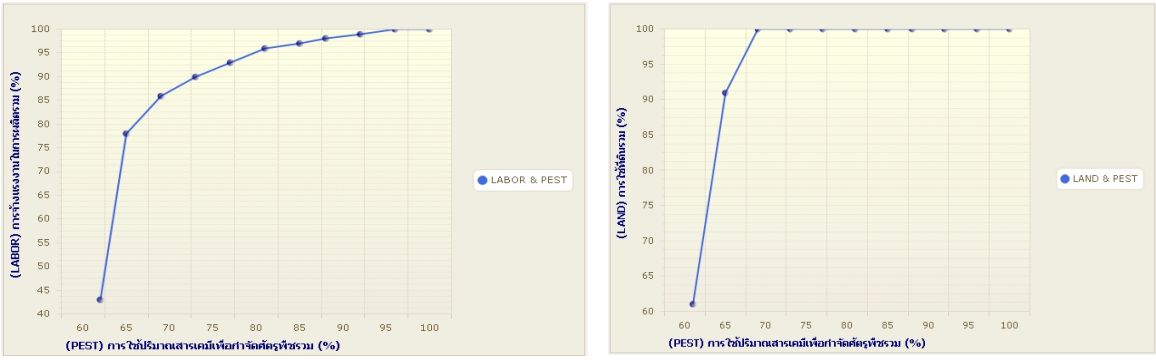
ผลการวิเคราะห์การทดแทนกัน พบว่า การลดการชะล้างพังทลายของดินลงในอัตราที่ไม่เกิน 15% จะส่งผลกระทบต่อการจ้างแรงงานในการผลิตรวมเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 4% และไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินรวมเลย ในขณะที่ถ้าต้องการลดการชะล้างพังทลายของดินในอัตรา 20% และ 25% จะส่งผลให้การจ้างแรงงานในการผลิตรวมลดลง 8% และ 34% ตามลำดับ และส่งผลให้การใช้ที่ดินรวมลดลงประมาณ 10% และ 15% ตามลำดับ (Figure 6)

ส่วนการทดแทนกันระหว่างการจ้างแรงงานในการผลิตหรือการใช้ที่ดินรวมและปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช พบว่า การจ้างแรงงานในการผลิตรวมจะอ่อนไหวต่อการลดลงของปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากกว่าการใช้ที่ดินในช่วงแรกๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้แรงงานจ้างในการฉีดพ่นสารเคมี โดยถ้าลดการใช้สารเคมีลง 10% และ 20% จะทำให้การจ้างแรงงานลดลง 1% และ 5% ตามลำดับ ในขณะที่การลดลงของปริมาณสารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชที่ไม่เกิน 30% โดยประมาณจะไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินรวมเลย แต่ถ้ามีการลดปริมาณการใช้สารเคมีลงอีกเล็กน้อย เช่น ที่ระดับ 35% จะส่งผลให้การใช้ที่ดินรวมต้องลดลงประมาณ 10% และถ้ายังลดการใช้สารเคมีลงอีก 3-4% จะมีผลทำให้การใช้ที่ดินลดลงมากกว่า 30% (Figure 7)



(a) (b)

Figure 6 Trade-offs between (a) total employment and total soil loss (b) total land use and total soil loss

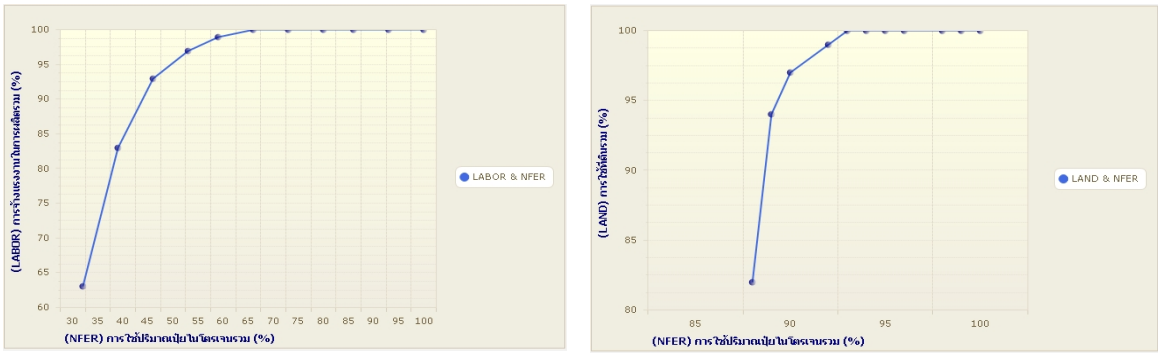


(a) (b)

Figure 7 Trade-offs between (a) total employment and total pesticide uses (b) total land use and total pesticide uses

เส้นการทดแทนกันของปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและการจ้างแรงงานในการผลิต พบว่า สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้สูงถึง 40% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการจ้างแรงงานในการผลิต แต่ถ้าลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า 40% การจ้างแรงงานในการผลิตจะค่อยๆได้รับผลกระทบมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงน้อยกว่า 10% จะไม่ค่อยส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินมากนัก แต่ถ้ามีการลดการใช้ปุ๋ยมากกว่า 10% อีกเพียงเล็กน้อยจะส่งผลให้การใช้ที่ดินรวมลดลงอย่างมาก (Figure 8)

จากผลการวิเคราะห์การทดแทนกันระหว่างวัตถุประสงค์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าถ้ามีการลดลงของการผลิตและปัจจัยการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่เกินร้อยละ 15 จะส่งผลกระทบต่อประเด็นด้านสังคมน้อยมาก ยกเว้นกรณีการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับสูงกว่า 10% จะส่งผลกระทบค่อนข้างมากต่อการใช้ที่ดินรวม



(a) (b)

Figure 8 Trade-offs between (a) total employment and total N fertilizer uses (b) total land use and total N fertilizer uses

วิจารณ์และสรุปผล

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความขัดแย้งกันอย่างมากของวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากอัตราการทดแทนกันที่ค่อนข้างสูงระหว่างผลตอบแทนรวมสุทธิกับวัตถุประสงค์ย่อยด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 วัตถุประสงค์ โดยเฉพาะการลดปริมาณการใช้สารเคมีลงร้อยละ 25 จะส่งผลกระทบทางลบอย่างมากต่อผลตอบแทนสุทธิรวม โดยจะทำให้ผลตอบแทนสุทธิรวมลดลงไปถึงร้อยละ 37 จากค่าสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ แสดงให้เห็นว่าภายใต้เทคโนโลยีการผลิตที่เกษตรกรใช้อยู่ ถ้าภาครัฐดำเนินนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมโดยการรณรงค์ลดการใช้สารเคมีในภาคการเกษตรจะบรรลุผลสำเร็จได้ยากเพราะเกษตรกรจะไม่ยอมรับเนื่องจากจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรในที่สุด นอกเสียจากจะมีการแนะนำเทคโนโลยีใหม่ที่มีการใช้สารเคมีน้อยแต่ผลผลิตไม่ลดลงให้แก่เกษตรกร ส่วนผลการวิเคราะห์การทดแทนกันของวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจและสังคมแสดงให้เห็นว่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านมีความขัดแย้งกันค่อนข้างน้อย อัตราการทดแทนกันระหว่างต้นทุนเงินสดในการผลิตและการใช้ที่ดินรวมหรือการจ้างงานรวมมีอยู่ในระดับต่ำ การลดต้นทุนเงินสดในการผลิตร้อยละ 30-40 จะส่งผลให้การใช้ที่ดินรวมและการจ้างงานรวมลดลงจากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้เพียงเล็กน้อย ส่วนวัตถุประสงค์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมมีความขัดแย้งกันไม่มากนัก อัตราการทดแทนกันของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ โดยการลดการชะล้างพังทลายของดินและการลดปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชในอัตราไม่เกินร้อยละ 20 จะส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการใช้ที่ดินรวมและการจ้างงานรวม ยกเว้นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะมีอัตราการทดแทนที่สูง โดยการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่สูงกว่าร้อยละ 10 จะส่งผลกระทบเชิงลบค่อนข้างมากต่อการใช้ที่ดินรวม

ผลการวิเคราะห์การทดแทนกันระหว่างคู่วัตถุประสงค์แสดงให้เห็นว่าการยอมให้ผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์ใดๆ มีค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้จะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ของวัตถุประสงค์อื่นอย่างไร บางครั้งการยอมให้ผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์หนึ่งเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์อื่นดีขึ้นอย่างมาก ในขณะที่การพยายามทำให้ผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์หนึ่งเข้าใกล้ค่าเป้าหมายมากขึ้นอาจส่งผลกระทบอย่างมากต่อผลลัพธ์ของวัตถุประสงค์อื่นได้ เช่น ถ้ากำหนดให้ผลตอบแทนสุทธิรวมสามารถเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายสูงสุดได้ 5% จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ถึง 12% หรือสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้กว่า 33% แต่ถ้าต้องการลดปริมาณการใช้สารเคมีไปมากกว่านั้นจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อผลตอบแทนสุทธิรวม ดังนั้น ถ้าผู้ใช้ได้ทำการวิเคราะห์การทดแทนกันของคู่วัตถุประสงค์ต่างๆ ก่อน จะช่วยทำให้เข้าใจมากขึ้นว่าควรกำหนดให้วัตถุประสงค์ต่างๆ

สามารถเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้มากน้อยเพียงใด เพื่อทำให้ภาพรวมของทุกวัตถุประสงค์ได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจที่สุด นอกจากนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การทดแทนกันนี้สามารถนำไปใช้สร้างสถานการณ์ต่างๆ (scenarios) ในแบบจำลองเพื่อวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมตามสถานการณ์เชิงนโยบายได้ เช่น ถ้าการวิเคราะห์การทดแทนกันทำให้ทราบว่าวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจมีความขัดแย้งที่สูงมากกับวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการกำหนดนโยบายที่เน้นด้านเศรษฐกิจนำต้องการวางแผนการใช้ที่ดินโดยเน้นให้ด้านเศรษฐกิจนำตามด้วยสังคมและสิ่งแวดล้อมควรมีการกำหนดให้วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจสามารถเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายได้มากน้อยเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางเกษตรให้เหมาะสมกับหลายวัตถุประสงค์” ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

1. เบญจพรรณ เอกะสิงห์ เมธี เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ กุศล ทองงาม เทวินทร์ แก้วมูลเมือง ประภัสสร พันธ์สมพงษ์ วราภรณ์ ชัยวินิจ และกมลพันธ์ เกิดมั่น. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยการจัดที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรให้เหมาะสมกับหลายวัตถุประสงค์. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2554.
2. เมธี เอกะสิงห์ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล เบญจพรรณ เอกะสิงห์ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ และ วราภรณ์ ชัยวินิจ. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดเขตการใช้ที่ดินที่มีหลายเป้าหมายแบบมีส่วนร่วม. ใน: รายงานการสัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 6. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2553. หน้า. 317-334.
3. เมธี เอกะสิงห์ ชาฤทธ์ สุ่มเหม และเฉลิมพล สำราญพงษ์. การจำลองและวิเคราะห์สถานการณ์ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตร. ใน: รายงานสัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 3: สู่ระบบอาหารที่ปลอดภัย สร้างมูลค่าเพิ่ม และใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2548. หน้า. 369-388.
4. Lu, C.H., Van Ittersum MK. A trade-off analysis of policy objectives for Ansai, the Loess Plateau of China. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2004;102:235-246.