การประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ควบคู่กับแบบจำลองเซลลูล่าออโต้มาต้ามาคอฟ ในการประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหาร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Application of multi-criteria decision process in conjunction with a Cellular Automata Markov model for assessment of potential areas for cultivation of non-edible oil plant in Northeastern Thailand

ชาติชาย ไวยสุระสิงห์[1,*] และชุติมา ไวยสุระสิงห์[2]

[1] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[2] *คณะศิลปศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
**Corresponding author; E-mail address: fcecws@kku.ac.th*

บทคัดย่อ

ณ ขณะปัจจุบัน ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยเผชิญวิกฤตความมั่นคงด้านพลังงานควบคู่กับการขาดแคลนอาหาร ทั้งนี้เพราะพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนกิจกรรมด้านต่าง ๆ ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างน่าวิตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานเชื้อเพลิงไบโอดีเซลซึ่งวัตถุดิบหลักอย่างน้ำมันปาล์มถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในการผลิต ส่งผลให้ราคาของผลปาล์มน้ำมันสูงขึ้น พร้อมกันนี้ปาล์มน้ำมันเองก็เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมภาคอาหาร ประเด็นความมั่นคงด้านอาหารและพลังงานจึงกำลังอยู่ในวิกฤตการณ์ ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการพัฒนาพื้นที่ที่มีดินเหล่านี้เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวคือการเพาะปลูกสบู่ดำในพื้นที่ที่มีดินที่มีปัญหาเพื่อใช้ในการเป็นแหล่งวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมไบโอดีเซลโดยไม่กระทบต่ออาหารจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ งานศึกษาวิจัยนี้จึงเน้นไปที่การประเมินศักยภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการเพาะปลูกสบู่ดำ โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ควบคู่กับแบบจำลองเซลลูล่าออโต้มาต้ามาคอฟ ที่ให้ผลลัพธ์เป็นการประเมินระดับความเหมาะสมของพื้นที่ต่าง ๆ ในการเพาะปลูกสบู่ดำ รวมถึงคาดการณ์ได้ถึงพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการเพาะปลูกสบู่ดำในอนาคตที่จะขยายตัวจากพื้นที่เริ่มต้นไปอย่างไร และพื้นที่เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่ำสำหรับพืชอื่น ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างผลการจำลองฉากทัศน์กรณีจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งช่วยสะท้อนภาพอันเป็นวิสัยทัศน์แห่งอนาคต

คำสำคัญ: แบบจำลองเซลลูล่าออโต้มาต้ามาคอฟ, กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์, ระบบภูมิสารสนเทศ

Abstract

At present, all countries including Thailand are facing an energy security crisis coupled with food shortages. This is because the demand for energy, which is the fundamental driving factors for all activities, has increased alarmingly. The main raw material is palm oil fruit, which is commonly used in the food industry. Consequently, the increased price of the palm oil fruit is currently occurring. Thus, to sort out this crucial problem, one approach to develop these land areas to alleviate energy problems while reducing conflicts between energy crops and food crops is cultivation by growing Jatropha in areas with problem soil to use as a renewable-energy resource. This research study, therefore, focused on evaluating the potential of the Northeastern region for jatropha cultivation. By applying a multi-criteria decision process in conjunction with a Cellular Automata Markov model, appropriate areas were assessed and prioritized for areas suitable for jatropha cultivation. As a result, it has been possible to predict how the potential areas for jatropha plantation in the future, subsequently, demonstrating the land use expanded from the start area. Especially, these are all areas of low suitability for growing all of cash crops. The authors demonstrated the simulation scenario of Karasin Province cases, helping to reflect the future vision.

Keywords: Cellular Automata Markov model, multi-criteria decision process, geographic information system

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ทุกประเทศทั่วโลก ณ ขณะปัจจุบัน กำลังต้องเผชิญอยู่กับวิกฤตปัญหาความมั่นคงด้านพลังงานควบคู่ไปกับการขาดแคลนอาหาร อันเนื่องด้วยหลายปัจจัยทั้งวิกฤตสงครามรัสเซียยูเครน และจากความต้องการใช้

พลังงานอันเป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนกิจกรรมด้านต่างๆ ภายหลังจากภาวการณ์ระบาดของไวรัสโคโรน่า-2019 ของทุกประเทศที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างน่าวิตก สำหรับประเทศไทย แนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลจากฟอสซิลที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สูงขึ้นกว่าในอดีตมาก อีกทั้งยังปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้น้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน ในช่วงที่ผ่าน ภาครัฐได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตไบโอดีเซล และวัตถุดิบหลักที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันปาล์ม ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวัตถุดิบหลักที่หาได้ง่ายและใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมภาคอาหาร นับตั้งแต่การนำน้ำมันปาล์มมาใช้ผลิตไบโอดีเซลนั้นได้ทำให้เกิดวิกฤตน้ำมันปาล์มในปี พ.ศ. 2553 โดยในช่วงเวลานั้นราคาปาล์มน้ำมันดิบในประเทศได้ปรับตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลกระทบดังกล่าวถือเป็นความเสี่ยงต่อด้านความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการนำเอาน้ำมันปาล์มใช้ในอุตสาหกรรมภาคเชื้อเพลิงนั้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อระดับราคาในท้องตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นเกือบเท่าตัว อีกทั้งยังทำให้ราคาอาหารในชีวิตประจำวันสูงขึ้น อนึ่ง ในปี พ.ศ. 2555 รัฐบาลจึงได้มีนโยบายที่ต้องการผลิตน้ำมัน Bio – diesel (B100) ในอัตราร้อยละ 10 หรือคิดเป็นจำนวน 8.5 ล้านลิตรต่อวัน ปริมาณน้ำมัน Bio – diesel ดังกล่าว ถ้าใช้น้ำมันปาล์มมาผลิต ต้องใช้พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 10 ล้านไร่ อย่างไรก็ตาม การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันนั้นต้องใช้น้ำอย่างมากในการเพาะปลูก ส่งผลการขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันจะทำให้เกิดการแย่งพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าว อันจะนำมาซึ่งความขัดแย้งระหว่างพืชพลังงานและพืชอาหารเช่นกัน ดังนั้น ในช่วงเวลาที่ผ่านมากระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ออกประกาศเรื่อง เขตเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิด ลงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2556 ประกอบด้วย ข้าว ยางพารา ปาล์มน้ำมัน อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยกำหนดเขตเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเหล่านี้ขึ้น โดยประกาศฉบับนี้ได้กำหนดให้พื้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับการส่งเสริมการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้น ผลกระทบจากเหตุการณ์นี้มีผลกระทบอย่างยิ่งต่อปริมาณวัตถุดิบจากภายในประเทศที่จะสนองตอบต่อแนวโยบายในการส่งเสริมการผลิตน้ำมัน B100 [1]

อนึ่ง พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ยังคงมีพื้นที่ที่มี “ดิน” ที่มีความเหมาะสมน้อยในทางการเกษตร หรือ “ดินที่มีปัญหา” กระจายอยู่ทั่วทั้งภูมิภาค ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประสบกับปัญหาดินที่มีปัญหาต่างๆ เช่น ดินเค็ม ดินตื้น และดินทราย โดยพื้นที่เหล่านี้จะมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจต่างๆค่อนข้างต่ำ ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการพัฒนาพื้นที่ที่มีดินเหล่านี้เพื่อบรรเทาปัญหาด้านพลังงานควบคู่ไปกับการลดความขัดแย้งระหว่างพืชพลังงานและพืชอาหาร คือ การเพาะปลูกสบู่ดำในพื้นที่ที่มีดินที่มีปัญหา ทั้งนี้เนื่องจากสบู่ดำสามารถนำเอามาสกัดเป็นน้ำมันได้โดยไม่ยุ่งยาก รวมถึงสบู่ดำนั้นปลูกขึ้นได้ง่าย มีความสามารถในการทนต่อสภาพอากาศร้อนและแล้งได้ อีกทั้งยังสามารถโตได้ในดินเสื่อมโทรม โดยเหตุนี้การประเมินถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่อาหารอย่างสบู่ดำจึงเป็นประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทราบถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกจะทำให้การกำหนดแนวนโยบายเพื่อการผลิตรวมถึงสามารถประเมินศักยภาพของประเทศในการจัดหาแหล่งพลังงานทดแทนสามารถดำเนินการได้ง่ายขึ้น ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงได้เลือกเอาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำโขงตอนล่างที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหารดังกล่าวมาดำเนินการประเมินถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกสบู่ดำ [1]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานศึกษาวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การประเมินศักยภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการเพาะปลูกพืชพลังงานที่ไม่ใช่พืชอาหารอย่างสบู่ดำ อันจะช่วยให้สามารถที่ประเมินศักยภาพต้นทุนการผลิตของประเทศได้ โดยการแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วนคือ

1 การประเมินตามแนวทางวิถีเศรษฐกิจพอเพียง ในลักษณะการเพาะปลูกเป็นพืชเสริมรายได้เกษตรกร ไม่ได้แข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่น

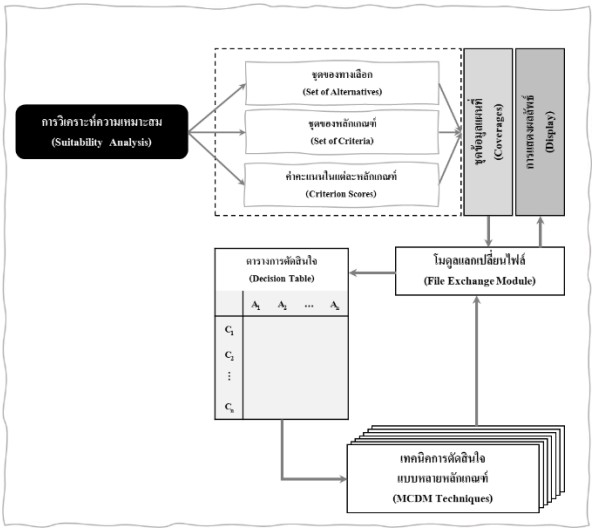
2 การประเมินในลักษณะพืชที่สามารถแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่นได้ภายใต้สมมติฐานของการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงให้มีขีดความสามารถในการทนโรคและแมลง เพื่อลดข้อจำกัดต่าง ๆ ของสบู่ดำ โดยเริ่มต้นจากการประเมินหาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแข่งขันของสบู่ดำ และดำเนินการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1 การบูรณากระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ

ในการประเมินหาพื้นที่ศักยภาพในการเพาะปลูกสบู่ดำนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประเมินถึงพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะปลูกสบู่ดำ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกสบู่ดำนั้น สามารถที่จะแยกพิจารณาได้ออกเป็นหลายกรณีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่ เช่น การตั้งเป้าให้สบู่ดำเป็นพืชทดแทนที่ควรเพาะปลูกในพื้นที่ดินมีปัญหา หรือแม้กระทั้ง การตั้งเป้าให้สบู่ดำที่ผ่านการปรับปรุงด้านพันธุ์ขั้นสูงในมิติความเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถแข่งขันกับพืชอื่นได้ ดังนั้น เทคนิคการพิจารณาที่เหมาะสมเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ คือ กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi Criteria Decision Making: MCDM) ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นกระบวนการคัดทางเลือก (Alternative) ที่ดีที่สุดสำหรับเป้าหมายหนึ่ง ๆ กระบวนการตัดสินใจที่มีระบบจะต้องอาศัยหลักเกณฑ์ที่สามารถวัดและประเมินผลได้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจหลักเกณฑ์ดังกล่าวอาจมีลักษณะเป็นข้อจำกัดที่เป็นตัวจำกัดทางเลือกเช่น เขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่าเป็นข้อจำกัดไม่ให้เกษตรกรสามารถใช้ที่ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรเป็นต้น หลักเกณฑ์อีกประเภทหนึ่งเป็นปัจจัยประกอบการตัดสินใจ (Decision Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่เพิ่มหรือลดระดับความเหมาะสมของทางเลือกสำหรับเป้าหมายนั้นหลักเกณฑ์ประเภทนี้สามารถวัดออกมาเป็นค่าต่อเนื่อง

ได้ อย่างเช่น ค่าความสมบูรณ์ของดินก็ถือเป็นหลักเกณฑ์หนึ่งที่กำหนดความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกสบู่ดำได้ โดยกระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์นี้เองจะช่วยให้การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะปลูกสบู่สามารถดำเนินการได้ในหลายลักษณะที่ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถตอบโจทย์การกำหนดนโยบายในเชิงพื้นที่ได้ ดังนั้น การวิเคราะห์ที่บูรณาการเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System: GIS) จึงเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะ GIS จะช่วยในประเด็นของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ที่จะช่วยระบุถึงคุณสมบัติของพื้นที่ต่างๆ และเมื่อนำมาบูรณาการเข้ากับเทคนิค MCDM ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบระดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นกฎเกณฑ์การตัดสินใจยิ่งส่งผลให้การพิจารณาหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกสบู่ดำเกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพราะในบรรดาวิธีการต่างๆ (เช่น วิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนัก [Weighted Linear Combination: WLC] วิธีการใช้ค่าหรือฟังก์ชัน [Value/utility Approach] และวิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบระดับชั้น [Analytic Hierarchy Process: AHP]) ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับสร้างกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจ วิธี AHP เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากใช้ในหลายสาขาวิชา โดยเฉพาะการตัดสินใจเลือกจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเช่น สภาพพื้นที่ที่มีดินที่เป็นปัญหา สภาพพื้นที่ที่เสี่ยงต่อภัยแล้งหรือ ภัยน้ำท่วม และลักษณะของภูมิประเทศ [2]



รูปที่ 1 กระบวนการและขั้นตอนการทำงานของ AHP-GIS (ดัดแปลงจาก [2])

3.2 แบบจำลอง Markov Cellular Automata (CA Markov: MCA)

MCA สามารถใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินใช้องค์ความรู้เชิงพื้นที่ (ซึ่งอยู่ในรูปของข้อมูลภูมิสารสนเทศ และข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล) ข้อมูลเชิงเวลา (เมตริกความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ และเมตริกการเปลี่ยนสถานะของพื้นที่) และพิจารณาการมีปฏิสัมพันธ์กันของข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมทั้งนิยามของกฎการส่งผ่าน (Transition) [3] โดยฟังก์ชัน Markov Chain และ MCA เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในโปรแกรม IDRISI ซึ่งถูกนำมาใช้ในการศึกษาด้วยฟังก์ชั่น Markov และ CA Markov ตามลำดับ เมตริกการส่งผ่านความน่าจะเป็นเมตริกการส่งผ่านพื้นที่ พื้นที่ฐานของแบบจำลอง MCA เป็นกระบวนการสำหรับสองช่วงเวลาและทำให้เกิดสิ่งต่างต่อไปนี้

1 เมตริกซ์การส่งผ่านความน่าจะเป็น เป็นตัวกำหนดความน่าจะเป็นของเซลล์หรือจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากประเภทหนึ่งไปยังอีกประเภทหนึ่งจากช่วงเวลาที่ 1 ไปสู่ช่วงเวลาที่ 2 เมตริกซ์นี้เป็นผลลัพธ์ของตารางไขว้ (Cross Tabulation) ของภาพสองภาพปรับแก้ด้วยค่าคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม ทำให้เกิดชุดของภาพความน่าจะเป็นสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท

2 เมตริกซ์การส่งผ่านพื้นที่ ซึ่งบันทึกค่าของเซลล์หรือจุดภาพนั้น เป็นตัวคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทไปยังการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นในช่วงเวลาถัดไป ซึ่งเมตริกซ์สร้างมาจากการคูณแต่ละคอลัมน์ในเมตริกซ์ส่งผ่านความน่าจะเป็นกับตำแหน่งของเซลล์ที่ตรงกันของภาพในช่วงเวลาที่สอง

แบบจำลอง Markov Chain ก็เช่นเดียวกัน เป็นผลลัพธ์ของชุดข้อมูลที่ขึ้นกับความน่าจะเป็นของภาพ ซึ่งสร้างจากเมตริกซ์ส่งผ่านความน่าจะเป็น โดยภาพจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยค่าความน่าจะเป็นนี้จะพบได้ที่แต่ละจุดภาพในขั้นตอนต่อไป ตามการคาดจากภาพช่วงเวลาที่สองของภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากสองภาพ

การใช้ CA Markov สร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตเป็นจำลอง ในกลุ่มของแบบจำลองซึ่งตัวแปรหลักมีการเปลี่ยนแปลงเป็นครั้งคราว (Discrete Model) แบบจำลองประกอบเป็นตารางของเซลล์ (Cells) ที่มีจำนวนหนึ่งค่าของแต่ละช่องมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ตามค่าของเซลล์ที่อยู่ใกล้ๆ กัน Cellular Automata เป็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ร่วมกับแนวความคิดทางฟิสิกส์เป็นหลักในการปฏิบัติงาน และใช้คำจำกัดความว่า Cellular Automata คือเซลล์ย่อยๆ ที่อยู่รวมกัน แสดงพื้นที่ในรูปของตารางสี่เหลี่ยมเรียกว่า กริดหรือเซลล์ แต่ละเซลล์ คือ หนึ่งหน่วยข้อมูล สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้รูปแบบของเซลล์ใหม่จะถูกกำหนดจากเซลล์แวดล้อมที่มีลักษณะเป็นตารางขนาด 3 x 3 ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปทีละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่และจะคำนวณซ้ำตามจำนวนระยะเวลาที่กำหนด จากลักษณะการทำงานดังกล่าว Cellular Automata จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นทฤษฎีในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ในอนาคต [4] ทั้งนี้ Cellular Automata คือ เซลล์ที่อยู่อย่างอิสระสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ เซลล์แวดล้อมที่สร้างโดยอาศัยการคาดการณ์ตามหลัก Cellular Automata ใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลง (Transition Rule) เช่นเดียวกับกระบวนการ Markov Chain แตกต่างกันตรงที่ Cellular Automata คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงโดยใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลงร่วมกับข้อมูล

ของพื้นที่แวดล้อม และสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของแผนที่หรือแบบจำลองได้ ทฤษฎีถูกนำไปประยุกต์ร่วมกับ Cellular Automata เพื่อคาดการณ์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เรียกว่า “CA Markov” [5]

Markov Cellular Automata หรือ CA Markov คือ การนำหลักการของ Cellular Automata และ Markov Chain มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเซลล์จะพิจารณาจากโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (The Transition Areas) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Markov chain ร่วมกับ CA Filter ของพื้นที่แวดล้อมที่อยู่ติดกัน (ขนาด 5 x 5 Neighborhood) หลักการทำงานของ CA Markov ได้แสดงไว้รูปที่ 2 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ CA Markov จะใช้ข้อมูลโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov Chain ร่วมกับ CA Filter ขนาด 5x5 Neighborhood เพื่อหาความน่าจะเป็นของประเภทสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาต้องการศึกษา

(2) CA Filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับกับข้อมูลของปีที่เริ่มทำการศึกษาไปทีละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับทีละเซลล์อีกครั้ง และจะเคลื่อนที่วนซ้ำไปเรื่อยๆ เป็นจำนวนรอบเท่ากับช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา เช่น การคาดการณ์ในระยะเวลาอีก 10 ปีข้างหน้า กระบวนการพิจารณาจะเริ่ม และทำการวนซ้ำจนครบ 10 รอบ เป็นต้น

(3) ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง ประเภทของสิ่งปกคลุมดินจะเปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพเดิมนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทสิ่งปกคลุมดินพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี และโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Markov Chain

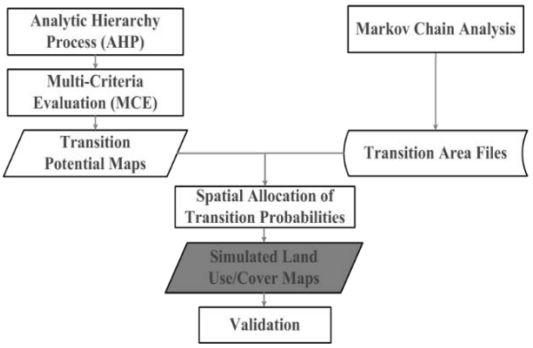
(4) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลลัพธ์ที่ได้ คือแผนที่สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งสามารถบอกลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้สามารถวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

4.ระเบียบวิธีการวิจัย

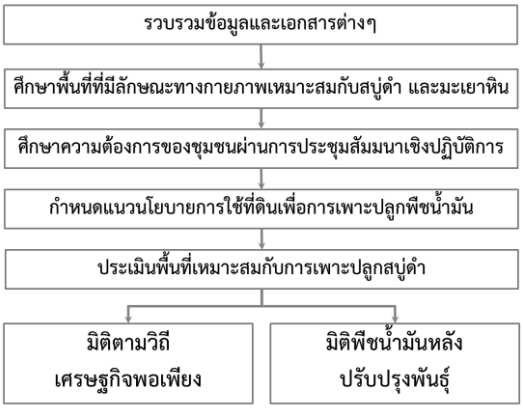
การดำเนินงานจะมีรายละเอียดตามที่สรุปไว้ในรูปที่ 3

4.1 รวบรวมข้อมูลและเอกสารต่างๆที่จำเป็นต่อการวิจัย ได้แก่

1. ข้อมูลและเครื่องมือจากกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่
   - ชั้นข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน (Soil group map) ประกอบด้วย ข้อมูลคุณสมบัติ ทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
   - โปรแกรม Soil Group ในการอธิบายรายละเอียดของกลุ่มชุดดิน
   - ชั้นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินในอดีต ณ พ.ศ.2521 และชั้นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินในสภาพปัจจุบัน ณ พ.ศ.2551 ในบทความนี้ได้ใช้กรณีจังหวัดกาฬสินธุ์ที่ใช้เป็นผลลัพธ์ตัวอย่าง
   - ชั้นข้อมูลแผนที่เขตเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน
   - ข้อมูลรายละเอียดดินที่มีปัญหา ต่อการใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมของประเทศไทย
   - ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง



รูปที่ 2 กระบวนการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน [2]



รูปที่ 3 แผนผังการดำเนินงานในการประเมินศักยภาพการผลิตการเพาะปลูกพืชพลังงานที่ไม่ใช่พืชอาหารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- ข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้านต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- ชั้นข้อมูลแหล่งน้ำต่างๆ เช่น อ่างเก็บน้ำขนาดกลางและเขื่อนต่างๆ เส้นทางลำน้ำสายหลักและสายรองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- ชั้นข้อมูลเขตพื้นที่ป่าไม้ อุทยานแห่งชาติและเขตอนุรักษ์พันธ์สัตว์ป่า
- ชั้นข้อมูลเขตพื้นที่ สปก.
- ชั้นข้อมูลเขตพื้นที่ชลประทาน สำหรับฤดูแล้ง พ.ศ. 2558

2. ข้อมูลและเครื่องมือจากกรมแผนที่ทหาร ได้แก่

- ชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง
- ชั้นข้อมูลแบบจำลองระดับ DEM ความละเอียด 30 เมตร เพื่อแสดงลักษณะภูมิประเทศ
- ชั้นข้อมูลถนน

3. ข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ ได้แก่

- ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ตั้งแต่ พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2556 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี เก็บรวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2545 จากกรมอุตุนิยมวิทยา
- ชั้นข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยา
- ข้อมูลจำนวนประชากรในระดับหมู่บ้าน จากระบบฐานข้อมูล กชช2ค ปี 2556

4.2 ศึกษาพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ คุณสมบัติของดิน ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะภูมิอากาศเหมาะสมกับการปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหารอย่างสบู่ดำ

4.3 ศึกษาความต้องการของชุมชนผ่านการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการกับชุมชน ผู้เชี่ยวชาญ และผู้มีประสบการณ์ในการเพาะปลูกสบู่ดำ และพืชเศรษฐกิจหลักต่าง ๆ เพื่อสรุปสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรคในการเพาะปลูกสบู่ในช่วงเวลาที่ผ่านมา รวมถึงช่วยกันวิเคราะห์ถึงสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกสบู่ดำ

4.4 กำหนดแนวนโยบายการใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหารที่ถูกปรับปรุงพันธุกรรมขั้นสูงเพื่อใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกสบู่ดำ

4.5 ประเมินพื้นที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกสบู่ดำในมิติต่อไปนี้

1. มิติของพืชเสริมรายได้ของชุมชน
2. มิติของพืชแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่นเมื่อมีการปรับปรุงพันธุกรรมขั้นสูงให้มีความทนต่อโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อดำเนินการจัดวิเคราะห์จัดลำดับความเหมาะสมของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในรูปแบบต่างๆ ด้วยขั้นตอนย่อยต่อไปนี้

2.1 ดำเนินการวิเคราะห์การแตกย่อยของพื้นที่ (Fragmentation Analysis) โดยเปรียบเทียบข้อมูลแผนที่การใช้ที่ย้อนหลังและข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันในเขตพื้นที่นำร่องในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อประเมินถึงแรงขับเคลื่อนในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยทำการวิเคราะห์ในระดับ Class Level

2.2 สร้างแบบจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง Markov Cellular Automata ในพื้นที่นำร่องทดสอบเพื่อดำเนินการวิเคราะห์การวัดสอบและประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง โดยผลจากการจำลองสภาพการใช้ที่ดินนี้ จะถูกนำเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง

2.3 จำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อประเมินถึงแนวโน้มการใช้ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง Markov Cellular Automata พร้อมทั้งวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับนโยบายที่กำหนดขึ้นเพื่อประเมินถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกสบู่ดำในมิติของการแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่นๆ

5. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการประเมินศักยภาพการผลิตพืชพลังงานที่ไม่ใช่พืชอาหารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปศักยภาพของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการเพาะปลูกสบู่ดำในแนวทางการส่งเสริมตามการเพาะปลูกตามวิถีเศรษฐกิจพอเพียง

แนวทางในการส่งเสริม	จำนวนต้นสบู่ดำ	ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำ (กก.)	น้ำมันสบู่ดำ (ลิตร)*
1. ปลูกเป็นพืชคันนา โดยปลูกห่างทุกๆ10 เมตรตามแนวคันนา	259,200,412	269,889,287	53,977,857
2. ปลูกเสริมรอบเขตสระน้ำหรืออ่างเก็บน้ำต่างๆ โดยปลูกทุกๆ 2 เมตร	1,914,000	1,914,000	11,484,000
3. การเพาะปลูกสบู่ดำในพื้นที่นาร้าง ไร่ร้าง และพื้นที่รกร้าง	175,890,400	189,671,520	37,934,304
4. ปลูกในบริเวณสถานที่ราชการ วัด และโรงเรียน	4,184,813	4,409,088	881,818

หมายเหตุ *สมมติฐานการวิเคราะห์ ปริมาณน้ำมัน 1 ลิตร สามารถสกัดได้จากสบู่ดำ 5 กิโลกรัม

จากตารางที่ 1 การเพาะปลูกสบู่ดำตามแนวทางการเพาะปลูกตามวิถีเศรษฐกิจพอเพียงนั้น สามารถเพาะปลูกสบู่ดำได้ถึง 441,189,625 ต้น โดยให้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำสูงถึง 465,883,895 กิโลกรัม เมื่อขายกิโลกรัมละ 5.125 บาท (อ้างอิงราคาจากผลการศึกษาของ [6]) จะทำให้เกิดเป็นรายได้สูงถึง 2,387,654,962 บาท และหากนำมาบีบเป็นน้ำมันสบู่ดำเพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเกษตรภายในชุมชนกันเอง จะช่วยให้เกษตรกรมีน้ำมันสูงถึง 104,277,979 ลิตร ซึ่งจะช่วยในการลดต้นทุนในการที่จะต้องนำเงินมาซื้อมามันดีเซลหมุนเร็ว ลิตรละ 30 บาท (ราคา ณ วันที่ 24 ธันวาคม 2557) คิดเป็นการต้นทุนการผลิตทางการเกษตรที่สูงถึง 2,387,654,962 บาท เหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการนำคันนามาใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูก การนำพื้นที่นาร้าง ไร่ร้าง และพื้นที่รกร้าง การนำพื้นที่ขอบสระน้ำมาเพาะปลูกเพื่อทำแนวกันสัตว์ตกน้ำ และการนำมาเพาะปลูกในบริเวณสถานที่ราชการ วัด และโรงเรียน เพื่อใช้เป็นแปลงทดลองสาธิตพืชพลังงานทดแทน เหล่านี้ล้วนแล้วเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่ช่วยในการเสริมรายได้ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตชุมชน ที่เมื่อพิจารณาแล้วมีมูลค่า แต่กลับเป็นการส่งเสริมการนำวิถีชีวิตชุมชนเดิมให้กับคืนมาสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรเกิดแนวทาง

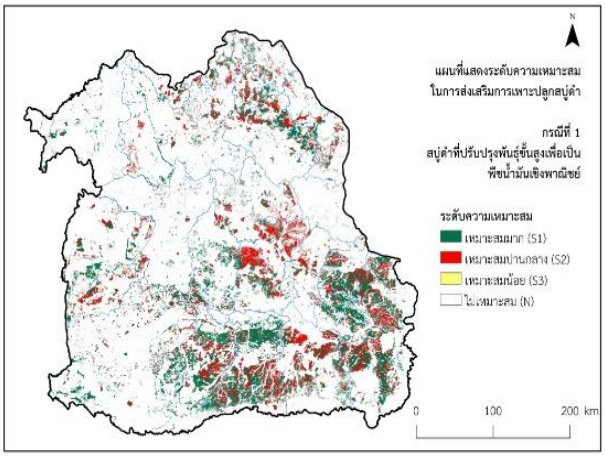
ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลครัวเรือน เพื่อใช้ลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร ได้ในระดับที่สูงมาก

อนึ่ง ในช่วงที่ผ่านมานั้น พืชสบู่ดำแม้ว่าจะอยู่ในความสนใจของเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วง ปี พ.ศ. 2548 ได้มีการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชนจำนวนมาก หากแต่ในช่วงที่ผ่านนั้น ขาดการส่งเสริมที่จริงจังและครบวงจร กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่ผ่านมานั้น ภาครัฐโดยกรมวิชาการเกษตร ได้ให้ความสนใจและส่งเสริมการเพาะปลูก โดยการทำแปลงเกษตรสาธิตให้กับชุมชน และจากหลักฐานทางเอกสาร ชุมชน และตัวบุคคล ก็ได้แสดงให้เห็นถึงความสนใจในช่วงเวลาที่กรมวิชาการเกษตรมีการส่งเสริม แต่ทว่า ข้อจำกัดหลายประการ เช่น การขาดแหล่งรับซื้อหรือการไม่มีตลาดที่ชัดเจน ต้นทุนในการเก็บเกี่ยวอันเนื่องจากผลสบู่ดำสุกไม่พร้อมกัน ปัญหาโรคพืชและแมลงศัตรูพืชที่ทำให้ผลผลิตลดลง เหล่านี้ทำให้พืชสบู่ดำได้ค่อย ๆ ถูกลดความนิยมลงไป โดยเหตุนี้ จึงมีแนวคิดในการจำลองสถานการณ์ว่า หากสบู่ดำสามารถลดข้อจำกัดต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้นั้นให้ลดน้อยลงหรือหมดไปได้ โดยผ่านกระบวนการการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงในการเพิ่มความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช ที่จะได้กล่าวถึงรายละเอียดไว้ในส่วนถัดไป ผลที่ควรจะได้รับจากการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงนี้จะมีส่วนสำคัญในการทำให้สบู่ดำมีความสามารถในการเป็นพืชเศรษฐกิจและมีความสามารถในการแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกสบู่ดำ โดยการนำเอาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่ำ หรือไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก มาประเมินจัดลำดับความสำคัญร่วมกับปัจจัยทั้งในเชิงกายภาพ และสังคมประชากร อีกทั้งได้ร่วมกันกับผู้เชี่ยวชาญจากกรมวิชาการเกษตร ผู้เชี่ยวชาญการส่งเสริมสบู่ดำภาคชุมชน และเกษตรกรผู้มีประสบการณ์ในการเพาะปลูกสบู่ดำ มาร่วมกันวิเคราะห์และประเมินค่าน้ำหนักรวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการส่งเสริมการเพาะปลูกสบู่ดำ ทั้งในมิติของผลผลิต มิติของการสร้างรายได้ที่ทำให้เกิดแรงจูงใจ และมิติของการยอมรับการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูง ซึ่งผลลัพธ์ของการจัดลำดับความสำคัญ จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อยอดภายใต้สมมติฐานของการมีความสามารถในการแข่งขันกับพืชอื่นได้ โดยการนำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการจัดสรรพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดด้วย โมดูลเกี่ยวกับการจัดสรรการใช้ที่ดินในลักษณะหลากวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Land-use Allocation, MOLA) โดยได้กำหนดให้เริ่มต้นการเพราะปลูกในพื้นที่นาข้าว ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นพืชสำหรับการลดต้นทุนการผลิตข้าวในมิติของการ ทั้งในเชิงพาณิชย์แบบเต็มรูปแบบเป็นเชื้อเพลิงทดแทน หรือไว้ใช้ในชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี (ดูรูปที่ 4 – 6 และตารางที่ 2) ดังนี้

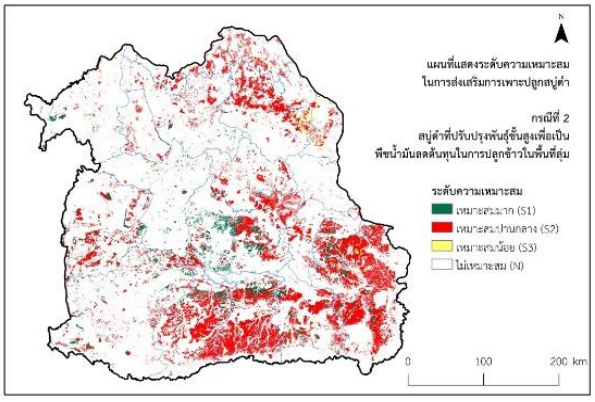
ก. *กรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 1* สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมในเชิงพาณิชย์จากภาครัฐ ผลลัพธ์จากวิเคราะห์พื้นความเหมาะสมสำหรับกรณีนี้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4

ข. *สำหรับกรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 2* สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมจากท้องถิ่นให้เป็นพืชพลังงานสำหรับลดต้นทุนการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่มเป็นหลัก ผลลัพธ์จากวิเคราะห์พื้นความเหมาะสมสำหรับกรณีนี้ ผลลัพธ์ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 5

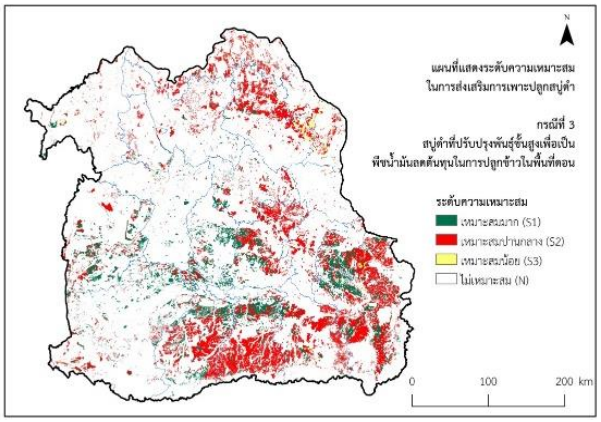
ค. *กรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 3* สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมจากท้องถิ่นให้เป็นพืชพลังงานสำหรับลดต้นทุนการเพาะปลูกข้าวในที่ดอนเป็นหลัก ผลลัพธ์จากวิเคราะห์พื้นความเหมาะสมสำหรับกรณีนี้ ผลลัพธ์ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 6



รูปที่ 4 ผลการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เหมาะสมการในเพาะปลูกสบู่ดำสำหรับกรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 1 สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมในเชิงพาณิชย์จากภาครัฐ



รูปที่ 5 ผลการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เหมาะสมการในเพาะปลูกสบู่ดำสำหรับกรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 2 สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมจากท้องถิ่นให้เป็นพืชพลังงานสำหรับลดต้นทุนการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่มเป็นหลัก



รูปที่ 6 ผลการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เหมาะสมการในเพาะปลูกสบู่ดำสำหรับกรณีการส่งเสริมการปลูกที่ 3 สบู่ดำในมิติที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูงแล้วพร้อมด้วยการส่งเสริมจากท้องถิ่นให้เป็นพืชพลังงานสำหรับลดต้นทุนการเพาะปลูกข้าวในที่ดอนเป็นหลัก

หลังจากนั้น ได้ทดลองจำลองพื้นที่เพาะปลูกสำหรับทั้ง 3 กรณีผ่านกระบวนการจัดสรรการใช้ที่ดิน โดยกำหนดให้พื้นที่เริ่มต้นสำหรับการเพาะปลูกไม่เกิน 1 ล้านไร่ และเริ่มต้นจำลองการเพาะปลูกสบู่ดำในพื้นที่นาข้าว ซึ่งทำให้สามารถประเมินผลผลิตได้ดังตารางที่ 3 โดยอาศัยข้อมูลการจำลองสภาพการเพาะปลูกร่วมกันกับข้อมูลผลผลิตที่ได้จากการศึกษาในอดีตที่สอดคล้องกับสภาพดินแต่ละชนิด ซึ่งได้ชี้ให้เห็นว่า ในแต่ละแนวทางได้ชี้ให้เห็นว่า 1 ล้านไร่เริ่มต้นของสบู่ดำที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์จนกระทั่งมีความสามารถในการแข่งขัน และในทุกแนวทางนี้จะส่งผลให้เกิดเป็นน้ำมันเสริมความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรถึงปีละ 2 ร้อยล้านลิตร โดยประมาณ ซึ่งถือเป็นปริมาณที่มากเพียงพอที่จะส่งเสริมให้เกิดการมีความยั่งยืนในการเพาะปลูกสบู่ดำได้ และเพื่อเป็นการยืนยันว่า ในแต่ละแนวทางนั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดความยั่งยืนได้ต่อไปในอนาคต พื้นที่เริ่มต้นเพาะปลูกสบู่ดำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปแข่งขันกับพื้นที่เพาะปลูกอื่นอย่างไร คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพร้อมทั้งสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วย Markov Cellular Automata ซึ่งผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่า หากสบู่ดำมีความสามารถในการแข่งขันกับพืชอื่น ๆ ในมิติของผลผลิตพร้อมด้วยการส่งเสริมให้เริ่มต้นใช้ภายในครัวเรือนเพื่อลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร โดยเริ่มต้นที่ปลูกแซมในพื้นที่เพาะปลูกข้าวแล้ว ผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่า มีพื้นที่บางแห่งมีแนวโน้มในการขยายตัวของการเพาะปลูกสบู่ดำเพิ่มสูงขึ้น และบางแห่งมีแนวโน้มคงตัว ทั้งนี้เพราะ พื้นที่ที่มีการขยายตัวส่วนใหญ่แล้วจะเป็นพื้นที่ที่มีค่าคะแนนสูงในแต่ละแนวทาง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นบริเวณพื้นที่ที่ดินมีปัญหา ที่เป็นดังนี้เนื่องจากในขณะทำการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ ปัจจัยหนึ่งที่คณะผู้วิจัยและชุมชนเห็นความสำคัญตรงกันคือ การใช้พื้นที่ที่ดินมีปัญหามาเพาะปลูกพืนพลังงานเช่นสบู่ดำ ดังนั้น สบู่ดำจึงมีศักยภาพการแข่งขันในพื้นที่กลุ่มที่มีดินมีปัญหาค่อนข้างสูง จากการที่คณะผู้วิจัยได้มีการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมพร้อมทั้งการจัดลำดับความสำคัญให้กับพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกสบู่ดำ จนทำให้สามารถคาดการณ์ได้ถึงพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการเพาะปลูกสบู่ดำในอนาคตที่จะขยายตัวจากพื้นที่เริ่มต้นไปอย่างไร และพื้นที่เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่ำสำหรับพืชอื่น ดังนั้นหากได้มีการพัฒนาพันธุ์สบู่ดำขึ้นสูงให้มีความสามารถในการต้านทานโรคพืชและแมลงศัตรูพืชตามมิติที่ 2 แล้วนั้น จะทำให้สบู่ดำมีความสามารถในการแข่งขัน และเมื่อนำมาเพาะปลูกในพื้นที่เหมาะสม 1 ล้านไร่เริ่มต้นเหล่านี้ ไม่ว่าจะส่งเสริมในกรณีใด ก็จะทำให้สบู่ดำเกิดความยั่งยืนได้ และยิ่งหากมีระบบประกันรายได้ หรือการประกันราคาสบู่ดำจากภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรมและจริงจัง จะยิ่งทำให้เกิดแรงจูงใจการเพาะปลูกสบู่ดำจากกลุ่มเกษตรกรอย่างแน่นอน ภายใต้สมมติฐานการวิเคราะห์ ปริมาณน้ำมัน 1 ลิตร สามารถสกัดได้จากสบู่ดำ 5 กิโลกรัม

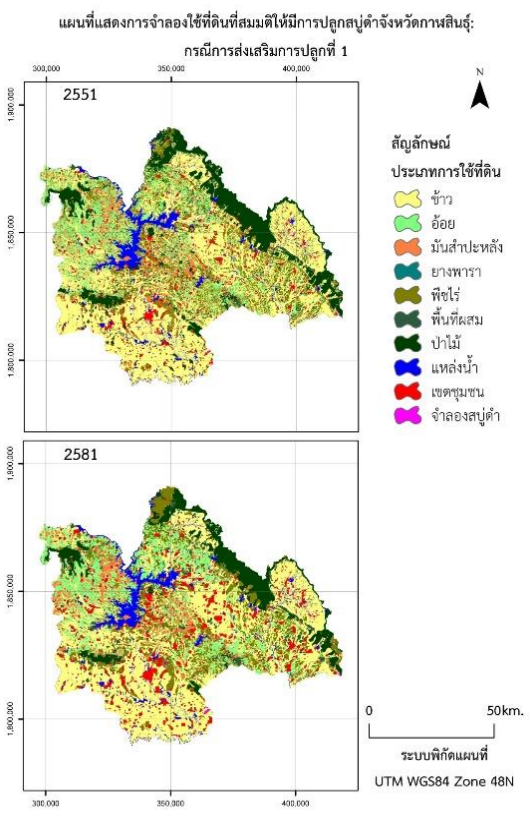
ในการนี้เอง คณะผู้วิจัยขอทำการวิเคราะห์พื้นที่นำร่องในพื้นที่ผลของสภาพจำลองของจังหวัดกาฬสินธุ์ได้ทั้ง 3 แนวทาง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7-9 ซึ่งการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากข้อมูลการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2521 ถึง 2551 (30 ปี) มาใช้ในการประเมินอนาคตอีก 30 ปีข้างหน้า ซึ่งเป็นช่วงเวลา พ.ศ. 2581 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง อันได้แก่ ปัจจัยที่เป็นแรงขับเคลื่อนในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินสำหรับแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ความน่าจะเป็นของมาคอฟที่วิเคราะห์การเปลี่ยนผ่านการใช้ที่ดินสำหรับแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน เมตริกการเปลี่ยนผ่านประเภทของการใช้ที่ดินของมาคอฟ เมตริกความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนผ่านประเภทของการใช้ที่ดินของมาคอฟ

ตารางที่ 2 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกสบู่ดำในกรณีต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

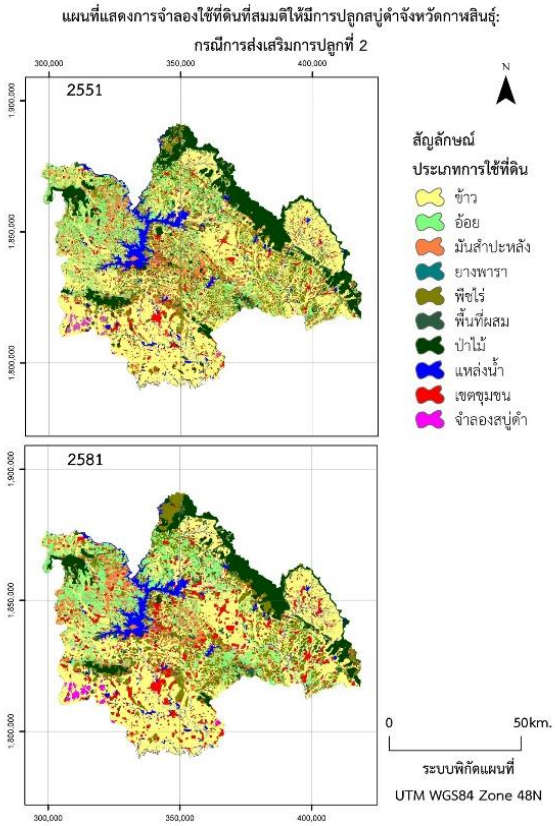
แนวทางในการส่งเสริม	เหมาะสมมาก (S1) (ไร่)	เหมาะสมปานกลาง (S2) (ไร่)	เหมาะสมต่ำ (S3) (ไร่)	ไม่เหมาะสม (N) (ไร่)
1. พืชน้ำมันเชิงพาณิชย์	11,924,184	6,542,471	18,656	85,518,366
2. พืชน้ำมันลดต้นทุนในการปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่ม	2,604,137	15,371,055	454,552	85,573,933
3. พืชน้ำมันลดต้นทุนในการปลูกข้าวในพื้นที่ดอน	5,473,253	12,518,449	453,510	85,558,465

ตารางที่ 3 การเพาะปลูกสบู่ดำในแนวทางการส่งเสริมการเพาะปลูกในมิติของการแข่งกับพืชอื่นภายหลังจากการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูง โดยเริ่มต้นเพาะปลูกที่เนื้อที่ 1 ล้านไร่

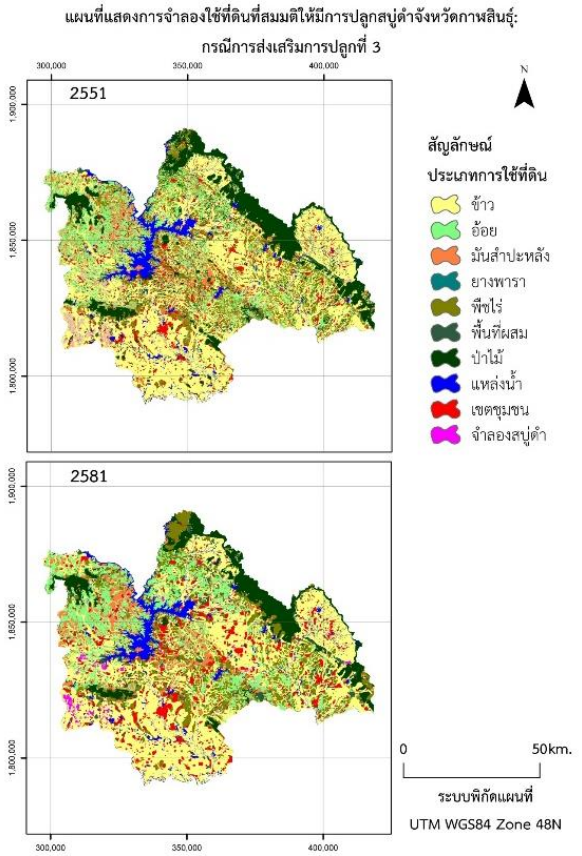
แนวทาง ในการส่งเสริม	จำนวนต้นสบู่ดำ (ต้น)	ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำ (กก.)	น้ำมันสบู่ดำ (ลิตร)*
1. พืชน้ำมันเชิงพาณิชย์	799,950,150	950,252,310	190,050,462
2. พืชน้ำมันลดต้นทุนในการปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่ม	799,992,000	1,015,662,375	203,132,475
3. พืชน้ำมันลดต้นทุนในการปลูกข้าวในพื้นที่ดอน	799,999,650	969,919,785	193,983,957



รูปที่ 7 ผลการคาดการณ์การขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีการส่งเสริมการเพาะปลูกสบู่ดำที่ 1 ที่เน้นการเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์



รูปที่ 8 ผลการคาดการณ์การขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีการส่งเสริมการเพาะปลูกสบู่ดำที่ 2 ที่เน้นการเพาะปลูกในเชิงพืชที่ช่วยลดต้นทุนทางการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่ม



รูปที่ 9 ผลการคาดการณ์การขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีการส่งเสริมการเพาะปลูกสบู่ดำที่ 3 ที่เน้นการเพาะปลูกในเชิงพืชที่ช่วยลดต้นทุนทางการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ดอน

6. บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้ถือได้ว่า มีส่วนสำคัญที่จะเป็นฐานข้อมูลหลักให้กับประเทศในการขับเคลื่อนสบู่ให้เกิดเป็นรูปธรรมในประเทศได้ ทั้งนี้เพราะในช่วงเวลาที่ผ่านมานั้น การส่งเสริมสบู่ดำไม่ได้มีการดำเนินการอย่างมีกลยุทธ์ กล่าวคือ ขาดการวิเคราะห์ที่ตรงประเด็น และเน้นปัญหาไม่ถูกจุด ทั้งนี้เพราะ ขาดการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพราะปลูกสบู่ดำอย่างถูกต้อง โดยส่วนใหญ่แล้วเน้นไปที่การปลูกสบู่ดำในพื้นที่ที่มีดินอุดมสมบูรณ์ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการเพาะปลูกพืชอื่น ๆ อยู่แล้ว เช่น มันสำปะหลัง หรือ อ้อย หรือแม้กระทั่งข้าวเป็นต้น ดังนั้น เมื่อนำสบู่ดำไปแข่งขันกับพืชกลุ่มเศรษฐกิจเหล่านี้ ย่อมไม่สามารถกระทำได้ อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่คุ้มค้า ในทางกลับกันหากในพื้นที่ภาคอีสานได้ถูกจัดลำดับความสำคัญให้ถูกต้องจะพบพื้นที่ที่เหมาะสม โดยการจัดลำดับความสำคัญนั้น ต้องเน้นในหลักคิดที่นำเอาพื้นที่นั้น ๆ ไปปลูกพืชอื่นไม่ได้แล้วจึงนำมาปลูกพืชอย่างสบู่ดำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ รวมถึงงบประมาณสนับสนุนเพิ่มเติมจากศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ยิ่งไปกว่านั้น ขอกราบขอบพระคุณยิ่งต่อท่านศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา จินดาประเสริฐ (ราชบัณฑิตของสำนักงานราชบัณฑิตยสภา) ในฐานะผู้จัดการชุดโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาและประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหาร ที่เมตตาให้การสนับสนุนและคำปรึกษาต่องานวิจัยชิ้นนี้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2556). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาและประเมินพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูก พืชน้ำมันที่ไม่ใช่พืชอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.* ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[2] Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9 (3), 251-273.

[3] Kamusoko, C. (2007). *Modelling land use/cover changes in the Bindura District, Zimbabwe*. Dissertation for PhD Program in Integrative Environmental Sciences, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan.

[4] Mundia, C.N., & Aniya, M. (2006). *Dynamics of land use/cover changes and modelling urban growth of Nairobi City using cellular automata and geographical information systems.* Dissertation for PhD Program in Integrative Environmental Sciences, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan.

[5] Pontius Jr, R. G. (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66, 1011-1016.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2549). *โครงการการพัฒนาและสาธิตการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ.* กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.