



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ภาพฉายในอนาคตของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัด
อุดรธานี

โดย ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร และคณะ

15 กุมภาพันธ์ 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ภาพถ่ายในอนาคตของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัด
อุดรธานี

คณะผู้วิจัย สังกัด

- 1.ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 2.รศ.ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 3.ดร.สุรชาติพิย์ ชวนะเวสสกุล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. ดร.ทัศนาวลัย อุทารสกุล มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายละเอียดโครงการ

สัญญาเลขที่ RDG 583003

ชื่อโครงการ (ไทย)..... ภาพฉายในอนาคตของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงและ
..... จังหวัดอุดรธานี

ชื่อโครงการ (อังกฤษ)..... Land use change scenarios of Huay Luang river basin and udonthani province

หัวหน้าโครงการ..... ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร

สังกัด..... มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

งบประมาณ..... 1,540,166..... บาท..... ระยะเวลา..... 1 ปี 6 เดือน

Abstract

Huay Luang river basin is one of the sub basins of Mekong River which is an important driven key for socioeconomic development in Northeast of Thailand. The basin covers the province of Udon Thani, Nong Bua Lampu and Nong Khai where Udon Thani shares the greatest area of a basin. Huay Luang river basin was mainly used for agriculture to grow rice, sugarcane, cassava and rubber. Existing land use pattern has been changed dramatically from agriculture to urban and built up land during the past few years. An occasionally change in the type of crop grown is occurred in response to market economy and price mechanism. Land use projection scenario is based on a certain assumption of economic, society, technology and environment consideration to estimate impact of land use change on community and society. Moreover, it can be used as a baseline data for comprehensive strategic basin planning for Huay Luang river basin.

This research project focuses on identify land use scenarios based on the data of land use changed over the past decade. Land use scenarios are projected by considering five strategies of transportation, agriculture, urban settlement, industrial development, and natural resources. Additionally, five physical and socioeconomic driving forces in line with those strategies are also considered. Three scenarios of land use in the next 30 years (2013-2043) showing rapid economic growth (REG), business as usual (BAU) and green growth (GG) were formulated based on literatures study and workshop. Results reveal rapid expansion of urbanization under REG and BAU scenarios while forest land has significantly increased under GG and BAU scenarios, respectively. Future land use projection is also useful for future spatial planning and decision support system at a basin and/or provincial level to evaluate flood risk and vulnerability on physical and socioeconomic aspects in Huay Luang river basin and Udonthani province.

Keyword..... Land use; Driving forces; Huay Luang river basin; Udonthani

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำห้วยหลวงเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำสาขาย่อยของแม่น้ำโขงที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม โดยลุ่มน้ำห้วยหลวงมีพื้นที่ครอบคลุม 3 จังหวัด ได้แก่ อุดรธานี หนองคาย และ หนองบัวลำภู โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดอุดรธานี ในอดีตการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา แต่ในปัจจุบันรูปแบบการใช้ที่ดินได้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง และสิ่งปลูกสร้างมากขึ้น ในขณะที่ชนิดของพืชที่เพาะปลูกก็เปลี่ยนแปลงไปตามกลไกด้านตลาดและราคา การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตโดยพิจารณาถึงอิทธิพลด้านเศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อคาดการณ์ผลกระทบของการใช้ที่ดินที่มีชุมชนและสังคม และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ของลุ่มน้ำห้วยหลวงได้อย่างเหมาะสม

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีในอดีต การสร้างภาพฉายในอนาคตของการใช้ที่ดินโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดทั้ง 5 ด้านคือ คมนาคม เกษตร การตั้งถิ่นฐาน อุตสาหกรรม ทรัพยากรธรรมชาติ และแรงขับเคลื่อนเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสังคม 5 ประเภทภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดิน 3 แบบ ได้แก่ ภาพฉายแบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (Rapid economic growth หรือ REG) ภาพฉายแบบเมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (Business as usual หรือ BAU) และ ภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่และยั่งยืน (Green growth หรือ GG) ในอนาคต 30 ปี (พ.ศ.2566, 2576 และ 2586) ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เมืองมีการขยายตัวมากที่สุดภายใต้ภาพฉาย REG และ BAU ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม่มีการขยายตัวภายใต้ภาพฉาย GG และ BAU ตามลำดับ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์การพัฒนาและสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ทั้งในระดับลุ่มน้ำและระดับจังหวัด เพื่อประเมินความเสี่ยงและความเปราะบางทางเศรษฐกิจและสังคมได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ การใช้ที่ดิน แรงขับเคลื่อน ลุ่มน้ำห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี

บทสรุปผู้บริหาร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนับเป็นปัญหาที่สำคัญและก่อให้เกิดผลกระทบต่อหลายภาคส่วนโดยสร้างความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม ในวงกว้างตั้งแต่ระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลก จากรายงานการประเมินฉบับที่ 5 หรือ Fifth assessment report (AR5) โดย องค์การ Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ได้คาดการณ์ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระดับสูง (high confidence) นอกจากนั้นยังระบุถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผ่านกลไกของการแลกเปลี่ยนคาร์บอน (carbon exchange) ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต เช่น พืช สัตว์และบรรยากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตขึ้นอยู่กับยุทธศาสตร์และนโยบายหลายด้าน เช่น คมนาคม เกษตร การตั้งถิ่นฐานของเมือง อุตสาหกรรม และทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีรูปแบบของแรงขับเคลื่อน (driving force) ที่แตกต่างกัน เช่น ด้านกายภาพ-ชีวภาพ (Bio-physical factor) การเปลี่ยนแปลงประชากร (population change) กิจกรรมและการเติบโตทางเศรษฐกิจ (economic activity and growth) ทัศนคติเชิงสังคม (social attitude) และนโยบายภาครัฐ (governance policy) แรงขับเคลื่อนต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อพลวัตของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทั้งในเชิงพื้นที่ (Space) และเวลา (temporal) ดังนั้น การพัฒนาภาพฉายในอนาคตการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่โดยพิจารณาถึงความต้องการในการใช้ที่ดินแต่ละประเภท และการจัดสรรที่ดินที่ตามเงื่อนไขที่แตกต่างกันในแต่ละภาพฉาย เป็นกรอบแนวคิดที่สำคัญเพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อทรัพยากรต่างๆ เช่น ทรัพยากรน้ำและป่าไม้ ระบบนิเวศ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยลุ่มน้ำห้วยหลวงจัดเป็นเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญ มีพื้นที่ครอบคลุม 3 จังหวัดได้แก่ จังหวัดหนองคาย จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดหนองบัวลำภู และมีบทบาทต่อการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและสังคมในระดับชุมชน และระดับจังหวัด พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงกว่าร้อยละ 63 เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยมีการเพาะปลูกข้าวประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่และเป็นป่าไม้ร้อยละ 18 ของพื้นที่ โครงการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี เพื่อประเมินรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตเป็นระยะเวลา 30 ปี (พ.ศ 2556-2586) ภายใต้อาณาเขตการใช้ที่ดิน 3 แบบ ได้แก่ ได้แก่ ภาพฉายแบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (rapid economic growth หรือ REG) ภาพฉายแบบเมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (business as usual หรือ BAU) และ ภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่และยั่งยืน (green growth หรือ GG) ซึ่งมีบริบทของความต้องการการใช้ที่ดินและการจัดสรรที่ดินที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เมือง มีการขยายตัวมากที่สุดภายใต้ภาพฉาย REG , BAU และ GG ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม่มีการ

ขยายตัวภายใต้ภาพฉาย GG, BAU และ REG ตามลำดับ การขยายตัวของการใช้ที่ดินจะเป็นไปตามทิศทางการพัฒนาของภาพฉายที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนยุทธศาสตร์เชิงนโยบายในการพัฒนาทั้งในระดับลุ่มน้ำ ระดับจังหวัด และระดับภูมิภาคเพื่อประเมินความเสี่ยงและความเปราะบางทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีได้ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	1
บทสรุปผู้บริหาร	3
สารบัญ	5
สารบัญภาพ	
ภาพที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา (ก) กลุ่มน้ำห้วยหลวง และ (ข) จังหวัดอุดรธานี	15
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของ กลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	16
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้านการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	19
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดอุดรธานีปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	22
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบจำแนกกลุ่มพืชของจังหวัดอุดรธานีปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	24
ภาพที่ 6 แสดงโมดูลหลักของแบบจำลอง CLUMondo	26
ภาพที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม CLUMondo	27
ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการจัดสรรการใช้ที่ดินด้วย CLUMondo	30
ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองและแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์	41
ภาพที่ 10 การจัด workshop เพื่อนำเสนอภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต กลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี กับแผนที่การใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง ปี พ.ศ.2556	52
ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CLUMondo กับแผนที่การใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง ปี พ.ศ.2556	71
ภาพที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ logistic regression ของพื้นที่ปลูกข้าวกับแรงขับเคลื่อนต่างๆ	74
ภาพที่ 13 แสดงการกำหนดค่าลำดับการเปลี่ยนแปลง	75
ภาพที่ 14 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ BAU	84
ภาพที่ 15 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ REG	95
ภาพที่ 16 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ GG	105
ภาพที่ 17 แสดงภาพการใช้ที่ดินกลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายแบบ BAU	110

ภาพที่ 36 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้าง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี	129
ภาพที่ 37 แสดงภาพการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายแบบ REG พ.ศ.2556-2586	130
ภาพที่ 38 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี	131
ภาพที่ 39 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี	131
ภาพที่ 40 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้าง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี	132
สารบัญตาราง	
ตารางที่ 1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย	11
ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	17
ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้านการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ระหว่างปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	20
ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดอุดรธานี ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556	23
ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระดับ 2 จ.อุดรธานี	25
ตารางที่ 6 แสดงชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และหน่วยงานผู้ให้ข้อมูลของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจ.อุดรธานี	43
ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย REG ของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี	53
ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย BAU ของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี	56
ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย GG ของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี	58
ตารางที่ 10 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย REG	60
ตารางที่ 11 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย BAU	62
ตารางที่ 12 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย GG	64
ตารางที่ 13 สรุปค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉายทั้ง 3 ประเภท	66
ตารางที่ 14 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจ.อุดรธานีปี พ.ศ.2586	69
ตารางที่ 15 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2556 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2549	72
ตารางที่ 16 แสดง land use service ในกลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549 และร้อยละการเปลี่ยนแปลง/ปี	73
ตารางที่ 17 ตัวอย่างค่า conversion resistance	76
ตารางที่ 18 แสดงตัวอย่าง conversion matrix	77

ตารางที่ 19 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน	86
ตารางที่ 20 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย BAU	87
ตารางที่ 21 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	88
ตารางที่ 22 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง	88
ตารางที่ 23 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน ภาพฉาย REG	96
ตารางที่ 24 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย REG	97
ตารางที่ 25 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน	98
ตารางที่ 26 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง	98
ตารางที่ 27 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน ภาพฉาย GG	106
ตารางที่ 28 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย GG	107
ตารางที่ 29 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลง	108
ตารางที่ 30 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง	108
ตารางที่ 31 สรุปร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ Land use service ทั้ง 3 ภาพฉายของกลุ่มน้ำห้วยหลวง	109
ตารางที่ 32 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) กลุ่มน้ำห้วยหลวง	111
ตารางที่ 33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) กลุ่มน้ำห้วยหลวง	115
ตารางที่ 34 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองน่าอยู่ (Green growth หรือ GG) กลุ่มน้ำห้วยหลวง	119
ตารางที่ 35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) จ.อุดรธานี	123
ตารางที่ 36 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) จ.อุดรธานี	127
ตารางที่ 37 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองน่าอยู่ (Green growth หรือ GG) จ.อุดรธานี	131
ตารางที่ 39 แสดงค่า Kappa statistic ของประเภทการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินทั้ง 3 ชนิด กลุ่มน้ำห้วยหลวง	136
ตารางที่ 39 แสดงค่า Kappa statistic ของประเภทการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินทั้ง 3 ชนิด จ.อุดรธานี	137

บทที่ 1	บทนำ	10
	1.1 ความเป็นมาของโครงการ	6
	1.2 วัตถุประสงค์	18
	1.3 แผนการดำเนินการ	18
บทที่ 2	ความรู้พื้นฐาน และ วรรณกรรม (literature) ที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3	ระเบียบวิธีการวิจัย	24
บทที่ 4	ผลการศึกษา และบทสรุป	58
บทที่ 5	ผลลัพธ์และประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย	99
	5.1 ผลที่ได้จากงานวิจัย	99
	5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	100
	5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ (สามารถนำผลงานไปใช้ได้ทันที , ต้องมีการศึกษาวิจัย/ดัดแปลงเพิ่มเติม (ระบุแนวทางการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์)) และ ความเป็นไปได้ในการต่อยอดงานวิจัย	100
	5.4 ข้อจำกัดของการวิจัย	101
เอกสารอ้างอิง		143
ภาคผนวก ก	การทดสอบแบบจำลอง CLUMondo	145
ภาคผนวก ข	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ที่ดิน (จำนวน cell) ของลุ่มน้ำห้วยหลวง	149
ภาคผนวก ค	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ที่ดิน (จำนวน cell) ของจังหวัดอุดรธานี	150
ภาคผนวก ง	ค่าสถิติของสมการถดถอยโลจิสติกส์	151
ภาคผนวก จ	การทดสอบการคาดการณ์การใช้ที่ดินของอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานีความละเอียดกริด ขนาด 100 x 100 เมตร	155

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย

การศึกษาด้านผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อประเมินความเสี่ยงของภาคส่วนต่างๆ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น จำเป็นที่จะต้องขยายกรอบการมองอนาคตออกไปในระยะไกล ซึ่งอาจจะต้องครอบคลุมถึงห้วงเวลาหลายปีหรือหลายทศวรรษเพื่อที่จะสามารถเห็นรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามสภาพภูมิอากาศไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ เพราะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นอาจจะส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบกายภาพชีวภาพของพื้นที่ เช่น ระบบนิเวศป่าไม้ ชายฝั่ง และระบบเศรษฐกิจสังคม เช่น คุณภาพชีวิต และรายได้ และการใช้ที่ดิน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินนับเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความรุนแรงมากขึ้น เช่น การปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมหรือดินถล่ม การขยายตัวของพื้นที่เมืองในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในระดับสูง ทั้งนี้การใช้ที่ดินแต่ละประเภทก็จะเกิดจากแรงขับเคลื่อนที่แตกต่างกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำจากนโยบายภาครัฐ กลไกด้านราคาผลผลิตทางการเกษตรที่ผันผวนตามตลาดโลก การขยายตัวของเมืองจากการเปิดประชาคมอาเซียน และการส่งเสริมอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และความมั่นคงทางอาหาร เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินนี้จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงไม่เฉพาะภาคการเกษตรเท่านั้น แต่จะส่งผลกระทบต่อภาคส่วนอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านแหล่งน้ำและระบบนิเวศ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า อัตราการไหลของน้ำท่า อัตราการเติมน้ำของน้ำใต้ดิน ตลอดจนรูปแบบความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆ และชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำที่เปลี่ยนไป ดังนั้นการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตโดยการจัดทำภาพฉายการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีนี้ จะนำไปสู่การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการประเมินความเสี่ยงของภาคส่วนอื่นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำไปสู่การวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดจากแรงขับเคลื่อน (driving force) ที่สำคัญ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ-ชีวภาพ เช่น คุณสมบัติของดิน ปริมาณน้ำฝน ลักษณะทางธรณีวิทยา ระยะห่างจากถนนและแหล่งน้ำ เป็นต้น และด้านเศรษฐกิจสังคม เช่น ความหนาแน่นประชากร นโยบายภาครัฐ การขยายตัวของพื้นที่เมือง เป็นต้น แรงขับเคลื่อนเหล่านี้มีทั้งแบบคงที่ (static) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาอันสั้นหรือถ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงก็จะใช้เวลานานมาก เช่น คุณสมบัติของดินและลักษณะของชั้นหิน นอกจากนั้นยังมีแรงขับเคลื่อนแบบพลวัต (dynamic) ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น ความหนาแน่นประชากร นโยบายทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงแบบนี้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาและ/หรือด้อยพัฒนา ซึ่งมีพลวัตของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมอยู่ตลอดเวลา การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตนิยมใช้ข้อมูลทางสถิติเพื่อนำมาคาดการณ์ เช่น การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอีก 5 ปีข้างหน้า โดยใช้แผนที่การเปลี่ยนแปลงที่ดินในอดีต 2 ช่วงเวลาที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศกำลังพัฒนา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยนำแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตมาคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมีพลวัตของการเปลี่ยนแปลงแรงขับเคลื่อนอยู่ตลอดเวลา เช่น นโยบายทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง ดังนั้นการนำเอาพลวัตของการเปลี่ยนแปลงแรงขับเคลื่อนมาพิจารณารูปแบบการใช้ที่ดินในอนาคต เช่น การใช้ที่ดินจะเปลี่ยนแปลงไปในรูปแบบใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง สามารถเปลี่ยนได้ง่ายหรือยาก และโอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งแนวคิดของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินลักษณะนี้จะประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลักได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ-ชีวภาพและเศรษฐกิจสังคม ลำดับการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดิน นโยบายและข้อจำกัดเชิงพื้นที่ และความต้องการการใช้ที่ดิน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และสร้างผลกระทบต่อภาคส่วนต่าง (Chase et al. 2000; Kalnay and Cai 2003; Cai and Kalnay 2004; Trenberth 2004; Vose et al. 2004; Feddema et al. 2005; Christy et al. 2006; Mahmood et al. 2006; Ezber et al. 2007; Nunez et al. 2008) ในอดีตที่ผ่านมา การใช้แบบจำลองเชิงบูรณาการเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ ในปัจจุบันได้มีความพยายามในการพัฒนาแบบจำลองการสร้างภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถ

นำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ขนาดเล็กได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระดับลุ่มน้ำ และ/หรือจังหวัด โดยมีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตหลายแบบจำลอง

งานวิจัยนี้จึงได้ ศึกษาการใช้ที่ดินในอดีต ร่วมกับการศึกษานโยบายและแผนการพัฒนาจังหวัดอุดรธานี ทั้งในด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว เพื่อนำมาประกอบการสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตจำนวน 3 ภาพฉาย ได้แก่ เมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (Rapid economic growth หรือ REG) เมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (Business as usual หรือ BAU) และเมืองน่าอยู่และยั่งยืน (Green growth หรือ GG) และพิจารณากำหนดรูปแบบการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตภายใต้ 5 ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง การเกษตร การตั้งถิ่นฐานอุตสาหกรรม และทรัพยากรน้ำและป่าไม้ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการใช้ที่ดิน CLUMondo ในการกำหนดภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต 30 ปี (พ.ศ. 2566, 2576 และ 2586) ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แรงขับเคลื่อนของเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ความแตกต่างของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า

1.2.2 เพื่อสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

1.3 แผนการดำเนินงาน

โครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยแผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกิจกรรม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก/กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวนวันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
เพื่อศึกษาและ วิเคราะห์แรง ขับเคลื่อนของ เปลี่ยนแปลงการใช้ ที่ดินภายใต้ความ แตกต่างของตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้า	กิจกรรมที่ 1 1.1 การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของแรง ขับเคลื่อนด้วยการสำรวจภาคสนามและการ ทำหนังสือขอจากหน่วยงานภาครัฐ - แผนที่ภูมิประเทศ ชุด L7018 โดยระหว่าง ครอบคลุมลุ่มน้ำห้วยหลวงและ จ.อุดรธานี - ข้อมูลเส้นชั้นความสูงเชิงเลข (DEM) มาตราส่วน 1:50,000 - แผนที่การใช้ที่ดินระดับ 1, 2 และ 3 พ.ศ. 2549-2556 - ข้อมูลชุดดิน - ข้อมูลเส้นทางคมนาคมทางถนนและ รถไฟ - ข้อมูลเส้นทางน้ำ - ข้อมูลประชากร - ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติธรรมชาติ - ข้อมูลความเหมาะสมของดินต่อการ ปลูกพืชเศรษฐกิจ	ก.พ-ก.ค 58	180 วัน	อ.สถาพร
	1.2 การจัดกระทำและดำเนินการกับข้อมูล ใช้ข้อมูลในข้อ 1.1 เพื่อแปลงข้อมูลให้เป็น ข้อมูล raster ขนาด กริด 400x400 เมตร และ เปลี่ยนให้อยู่ในรูป ASCII ไฟล์ก่อนนำเข้า แบบจำลอง CLUMondo ต่อไป	ส.ค 58-ธ.ค 58	150 วัน	อ.สถาพร
	1.3 การเตรียมการและจัด Workshop แบบ focus group เพื่อสร้างภาพฉายในอนาคตจาก ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ศึกษาของกลุ่มน้ำ ห้วยหลวงและจ.อุดรธานี เพื่อกำหนดภาพฉาย การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจำนวน 3 ภาพ ฉาย	ม.ค-มี.ค 59	90 วัน	อ.ดร.สุธา ทิพย์ อ.ดร.ทัศน วลัย อ.ดร.สถาพร รศ.ดร.วิชัย

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก/กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวนวันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
เพื่อสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี	กิจกรรมที่ 2 <i>2.1 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2566-2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง</i> - กำหนด Land use services การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติกส์เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินกับแรงขับเคลื่อน	เม.ย 59	30 วัน	อ.ดร.สถาพร
	<i>2.2 การกำหนดความต้องการการใช้ที่ดิน (ผลจากข้อ 1.3 กิจกรรมที่ 1)</i> - การสร้างแฟ้มข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยการกำหนด ความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงที่ดินแต่ละประเภทและการกำหนดเมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน - การกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉายต่างๆ	พ.ค-มิ.ย 59	60 วัน	อ.ดร.สถาพร
	2.3 กิจกรรมเหมือนการวิเคราะห์ในกลุ่มน้ำห้วยหลวง แต่เปลี่ยนพื้นที่ศึกษาเป็น จ.อุดรธานี	ก.ค 59	30 วัน	อ.ดร.สถาพร
	2.4 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	ส.ค 59	30 วัน	อ.ดร.สถาพร

หมายเหตุ จำนวนวันที่ใช้เป็นการคาดการณ์จำนวนเวลาที่จะต้องดำเนินการจริง โดยเทียบ 1 วันเท่ากับ 8 ชั่วโมง

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน และ วรรณกรรม (literature) ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์วิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง ภาพฉายในอนาคตของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี ได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยประเด็นสำคัญ ดังนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในจังหวัดอุดรธานี

2.3 แบบจำลอง CLUMondo

2.4 นโยบายและยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นที่ศึกษา

2.1.2 ลุ่มน้ำห้วยหลวง

ลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีมีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจและสังคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยลุ่มน้ำห้วยหลวงมีพื้นที่ครอบคลุม 3 จังหวัดได้แก่ จังหวัดหนองคาย จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดหนองบัวลำภู และจัดเป็นลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและสังคมในระดับชุมชน และระดับจังหวัด

ความสำคัญและการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำห้วยหลวง

1) แหล่งน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปา

ลุ่มน้ำห้วยหลวง เป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำประปา ตั้งแต่ปี 2495 เขื่อนห้วยหลวงได้ส่งน้ำดิบสนับสนุนเข้าหนองประจักษ์ศิลปาคมซึ่งเป็นแหล่งพักน้ำ โดยการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีได้ใช้น้ำดิบจากหนองประจักษ์ศิลปาคมเป็นหลักในการผลิตน้ำประปาเพื่อบริการอุปโภคและบริโภคให้กับประชาชน

และสถานประกอบการในเขตเทศบาลนครอุดรธานีและในพื้นที่ใกล้เคียง โดยเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 59,258 ราย กำลังผลิตที่ใช้งาน 93,600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

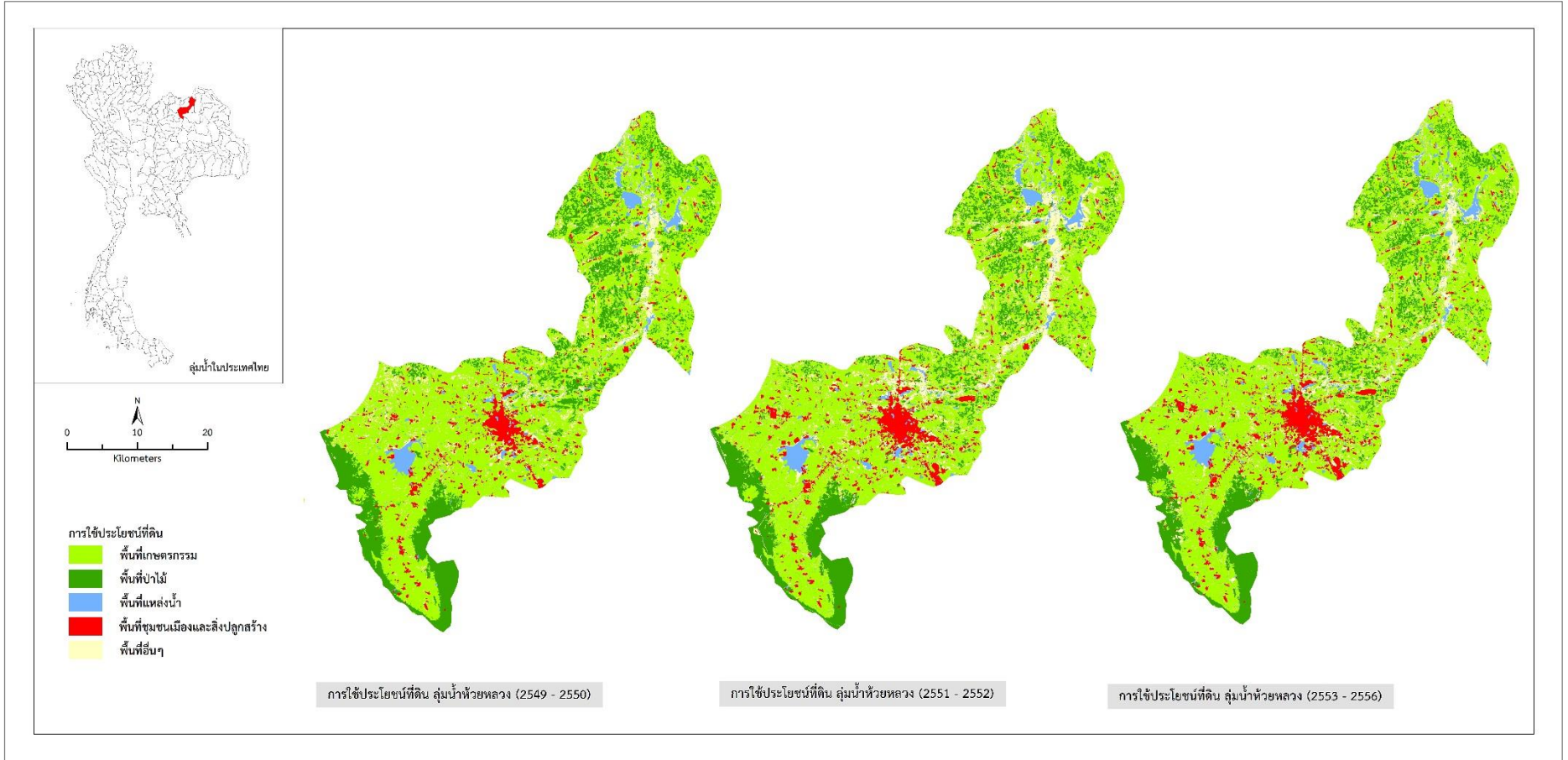
นอกจากนี้ กลุ่มน้ำห้วยหลวง ยังเป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาเพื่อบริการอุปโภคและบริโภคให้กับประชาชนและสถานประกอบการในเขตชุมชนที่ตั้งอยู่ริมน้ำอีกหลายแห่ง ได้แก่ เขตเทศบาลตำบลกุดจับ บ้านหนองโน บ้านดงบัง อำเภอกุดจับ และในพื้นที่ใกล้เคียง โดยเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 มีพื้นที่บริการ 12.130 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 8,262 ราย กำลังผลิตที่ใช้งาน 8,424 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และอำเภอพิบูลย์รักษ์ มีพื้นที่บริการ 186.375 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 7,661 ราย กำลังผลิตที่ใช้งาน 9,312 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2) แหล่งอาหาร และการประมง

ประชาชนที่อาศัยอยู่ริมกลุ่มน้ำห้วยหลวง บริเวณบ้านท่าหลักดิน ตำบลนาบัว อำเภอเพ็ญ และบ้านแดง ตำบลบ้านแดง อำเภอพิบูลย์รักษ์ ทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในกระชัง ในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและยังมีการใช้ประโยชน์จากกลุ่มน้ำห้วยหลวงเป็นแหล่งหาอาหารและสร้างรายได้ด้วยการทำประมงพื้นบ้านปลุกผัก สมุนไพร รมส่งตลอดกลุ่มน้ำห้วยหลวง

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอันเนื่องจากภาวะโลกร้อน อาจส่งผลให้อุณหภูมิอากาศร้อนมากขึ้น น้ำร้อนร้อนมากขึ้นและร้อนนานขึ้น หน้าฝนมีปริมาณน้ำมากขึ้น และอาจจะตกหนักในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ยังอาจจะพบความแปรปรวนระหว่างปีที่สูงขึ้น

ทั้งนี้ พื้นที่กลุ่มน้ำห้วยหลวงกว่าร้อยละ 63 เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยมีพื้นที่ปลูกข้าวกว่าประมาณร้อยละ 50 และเป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 18 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 3 โครงการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี เพื่อประเมินรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต 30 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ 2556-2586) โดยการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-2556 ดังแสดงในภาพที่ 1 และพื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่เปลี่ยนแปลงแสดงในตารางที่ 2



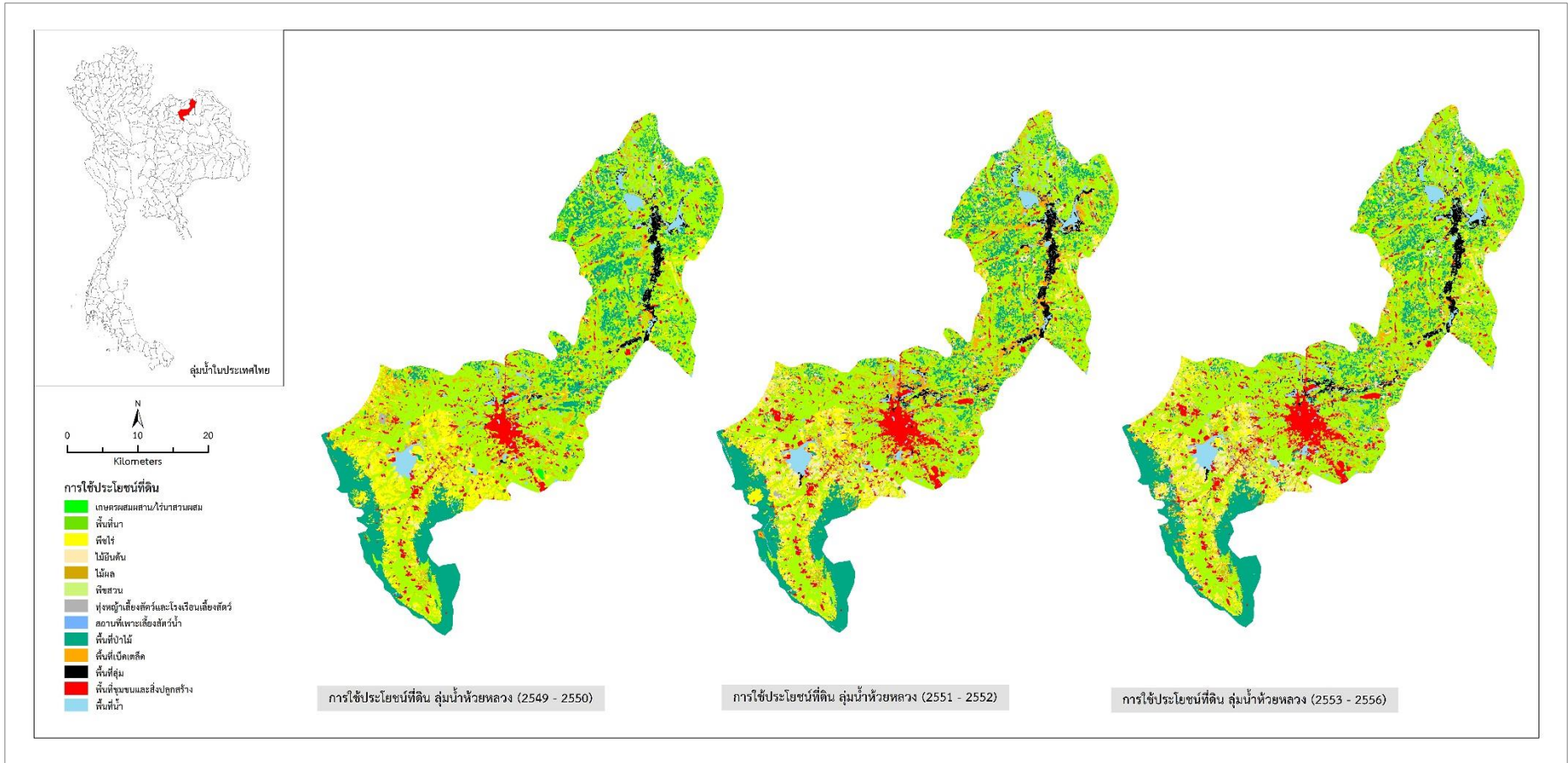
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

การใช้ที่ดิน	2549-2550		2551-2552		2553-2556		% เปลี่ยนแปลง 49-51	% เปลี่ยนแปลง 51-53	% เปลี่ยนแปลง 49-53
	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%			
เกษตรกรรม	2,167.75	62.78	2,036.40	59.19	2,106.89	61.19	-3.59	+2	-1.59
ป่าไม้	648.89	18.80	574.72	16.70	563.97	16.38	-2.10	-0.32	-2.42
เบ็ดเตล็ด	289.35	8.38	429.66	12.49	344.20	10.00	+4.11	-2.49	+1.62
เมือง	200.42	5.80	248.53	7.22	265.14	7.70	+1.42	+0.48	+1.9
แหล่งน้ำ	146.49	4.24	151.12	4.40	162.93	4.73	+0.16	+0.33	+0.49
รวม	3,440		3,440		3,440				

เมื่อพิจารณาการใช้ที่ดินกลุ่มน้ำห้วยหลวง ระหว่างปี พ.ศ.2549-2550 และ พ.ศ.2551-2552 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ลดลง ในขณะที่พื้นที่เมือง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง พ.ศ.2551-2552 และ พ.ศ.2553-2556 พบว่าพื้นที่เกษตรกลับมาเพิ่มขึ้นในขณะที่พื้นที่เมืองและแหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลง แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เบ็ดเตล็ดไปเป็นที่ดินประเภทอื่น เมื่อมองภาพรวมของการเปลี่ยนแปลง ระหว่างปี พ.ศ.2549-2550 และ พ.ศ.2553-2556 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมลดลงร้อยละ 2.42 และ 1.59 ตามลำดับ ในขณะที่ พื้นที่เมือง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.90, 1.62 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมืองมีการขยายตัวมากที่สุดในช่วงเวลาดังกล่าว

เมื่อพิจารณาการใช้ที่ดินโดยจำแนกประเภทการใช้ที่ดินด้านการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยหลวงให้มีความละเอียดมากขึ้นใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี พ.ศ.2549-2550, พ.ศ.2551-2552 และ พ.ศ.2553-2556 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแสดงในภาพที่ 3 และตารางที่ 3



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้านการเกษตรของลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้านการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยหลวง ระหว่างปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

การใช้ที่ดิน	2549-2550		2551-2552		2553-2556		% เปลี่ยนแปลง 49-51	% เปลี่ยนแปลง 51-53	% เปลี่ยนแปลง 49-53
	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%			
เกษตรกรรม ผสมผสาน	5.12	0.14	3.49	0.10	3.74	0.17	-0.04	+0.07	+0.03
นาข้าว	1,638.90	47.40	1,442.99	41.95	1,494.88	43.42	-5.45	+1.47	-3.98
พืชไร่	438.92	12.70	337.80	9.82	306.85	8.91	-2.87	-0.91	-3.79
ไม้ยืนต้น	55.15	1.58	190.98	5.55	218.81	6.36	+3.97	+0.81	+4.78
ไม้ผล	16.27	0.47	20.25	0.59	22.35	0.65	+0.12	+0.06	+0.18
พืชสวน	1.33	0.03	12.65	0.36	18.22	0.53	+0.33	+0.17	+0.50
ทุ่งหญ้าเลี้ยง สัตว์	4.26	0.12	17.89	0.52	30.13	0.87	+0.4	+0.35	+0.75
เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ	7.76	0.21	10.32	0.30	11.88	0.35	+0.09	+0.05	+0.14

เมื่อพิจารณาจะพบว่าการใช้ที่ดินด้านการเกษตรมีการขยายตัวน้อยมากจนเกือบคงที่ แต่ถ้ามองเป็นรายพืชพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก เช่น มีการเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เป็นไม้ยืนต้น เช่น ยางพารามากขึ้นถึง 4.78 เปอร์เซ็นต์ระหว่างปี พ.ศ.2553-2556 โดยสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยด้านราคาพืชผลในตลาดโลกที่มีการปรับตัวเพิ่มขึ้น และเกษตรกรหันมาปลูกพืชที่มีราคาสูงในท้องตลาดแทน

2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในจังหวัดอุดรธานี

จังหวัดอุดรธานีเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเป็นศูนย์กลางทางการค้ากับประเทศเพื่อนบ้านเช่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว การใช้ที่ดินของจังหวัดอุดรธานีจากอดีตที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมก็มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2549 - 2556 โดยมีการขยายตัวของเมืองมากขึ้นและการลดลงของพื้นที่เกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2549-2556 แสดงในภาพที่ 4 และตารางที่ 4



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดอุดรธานีปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

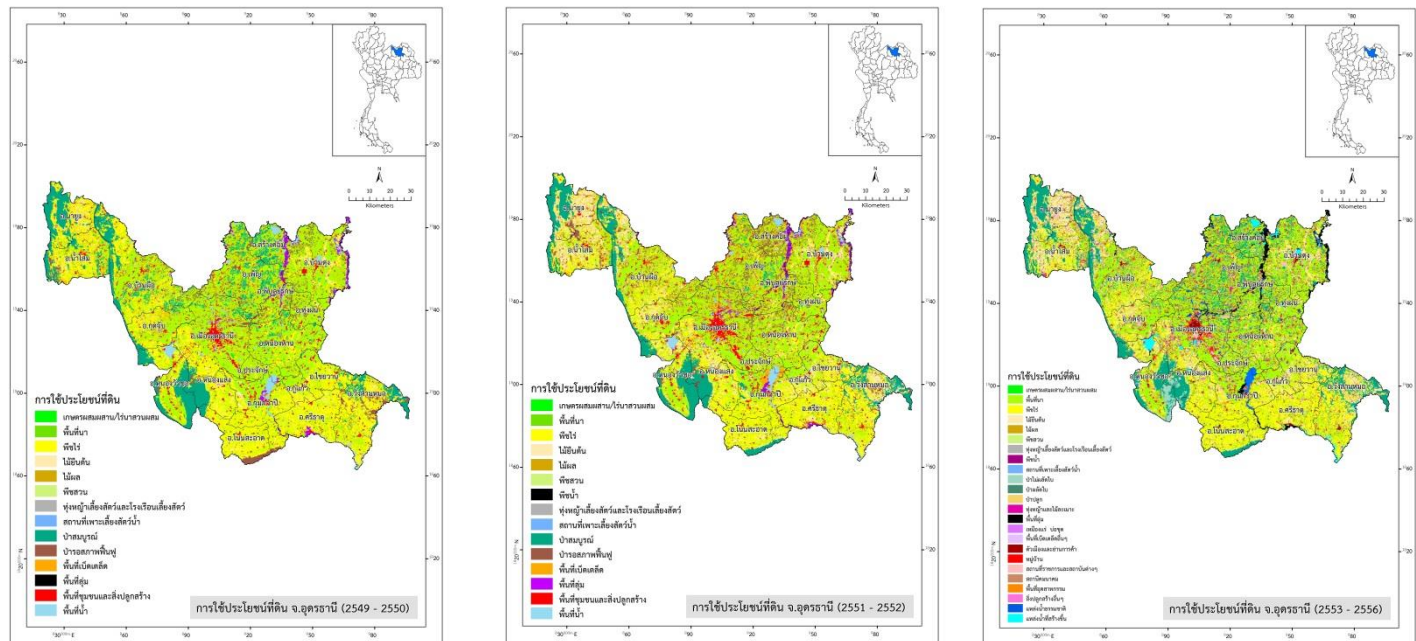
ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดอุดรธานี ปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

การใช้ที่ดิน	2549-2550		2551-2552		2553-2556		%	%	%
	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	พื้นที่ (ตร.กม.)	%	เปลี่ยนแปลง 49-51	เปลี่ยนแปลง 51-53	เปลี่ยนแปลง 49-53
เกษตรกรรม	7,720.77	69.73	7,402.49	67.04	7,623.82	69.09	-2.69	+2.05	-0.64
ป่าไม้	1,756.78	15.86	1,585.34	14.36	1,546.26	14.00	-1.5	-0.36	-1.86
เบ็ดเตล็ด	754.36	6.82	1,085.29	9.83	855.71	7.75	-3.01	-2.08	+0.93
เมือง	521.58	4.71	614.09	5.56	634.09	5.72	+0.85	+0.16	+1.01
แหล่งน้ำ	318.39	2.88	353.92	3.21	379.99	3.44	+0.33	+0.23	+0.56
รวม	11,072	100	11,072	100	11,072	100			

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีระหว่างปี พ.ศ.2549-2553 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมลดลงร้อยละ 1.86 และ 0.64 ตามลำดับ ในขณะที่ พื้นที่เมือง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ เบ็ดเตล็ด เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.41, 0.96 และ 0.93 ตามลำดับ ทำให้คาดการณ์แนวโน้มได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมและ พื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะป่าชุมชนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมากขึ้น

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินการเกษตรแบบจำแนกกลุ่มพืชระหว่างปี พ.ศ.2549-2550 และ พ.ศ.2553-2556 พบว่าพื้นที่นาและพืชไร่ลดลงร้อยละ 3.57 และ 6.6 ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ยืนต้นมีพื้นที่ เพาะปลูกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 8.54 ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงเล็กน้อย โดยพื้นที่ป่าชุมชนมีแนวโน้มลดลงและ เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่และไม้ยืนต้นแทน พื้นที่เมืองมีการขยายตัวมากขึ้นเนื่องจากการเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจและภาคการท่องเที่ยวของจังหวัดมีมากขึ้นทั้งจากการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเนื่องจากจังหวัด อุดรธานีมีวัดป่าจำนวนมากและเป็นที่รู้จักของผู้ที่ศรัทธา ทำให้มีการเดินทางไปทำบุญปฏิบัติธรรม และการที่ ประชาชนจากฝั่งประเทศลาวได้เข้ามาจับจ่ายซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคที่จังหวัดอุดรธานี ทำให้ธุรกิจค้าปลีกมีการ ขยายตัวมากขึ้น โดยในภาพรวมนั้นพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นน้อยมาก แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายพืชพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูกมาก โดยพบว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เปลี่ยนมาปลูกยางพารา หรือ ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงชนิดของพืชที่เพาะปลูกนั้นได้รับอิทธิพลจากความผันผวนและความไม่ แน่นนอนของราคาพืชผลทางการเกษตรในตลาดโลก โดยเฉพาะในระหว่างปี พ.ศ.2547-2549 ที่ราคายางพาราใน

ตลาดโลกมีราคาสูง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินการเกษตรแบบจำแนกกลุ่มพืชระหว่างปี พ.ศ.2549-2550 และ พ.ศ.2553-2556 แสดงในภาพที่ 5 และตารางที่ 5



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบจำแนกกลุ่มพืชของจังหวัดฉะเชิงเทราปี พ.ศ.2549-2550, 2551-2552 และ 2553-2556

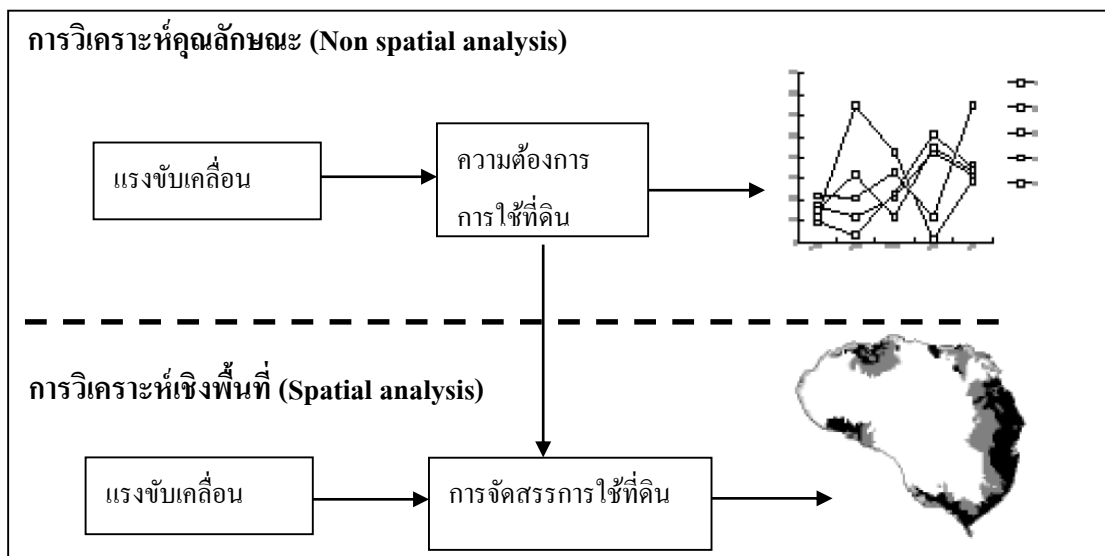
ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระดับ 2 จ.อุดรธานี

การใช้ที่ดิน	2549-2550		2551-2552		2553-2556		%	%	%
	พื้นที่	%	พื้นที่	%	พื้นที่	%	เปลี่ยนแปลง 49-51	เปลี่ยนแปลง 51-53	เปลี่ยนแปลง 49-53
เกษตรกรรม									
ผสมผสาน	6.30	0.07	5.43	0.05	6.00	0.06	-0.02	+0.01	-0.01
นาข้าว	4014.34	39.22	3,842.15	34.80	3935.63	35.65	-4.42	+0.85	-3.57
พืชไร่	2,969.82	26.82	2,240.62	20.29	2232.43	20.22	-6.53	-0.07	-6.6
ไม้ยืนต้น	322.80	2.92	1,146.45	10.38	1265.45	11.46	+7.46	+1.08	+8.54
ไม้ผล	58.02	0.52	60.88	0.55	46.72	0.42	+0.03	-0.13	-0.1
พืชสวน	1.43	0.01	14.63	0.13	23.57	0.22	+0.12	+0.09	+0.21
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	5.30	0.05	71.07	0.64	88.95	0.81	+0.14	+0.17	+0.76
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	15.42	0.14	21.24	0.20	24.01	0.22	+0.06	+0.02	+0.08

2.3 แบบจำลอง CLUMondo

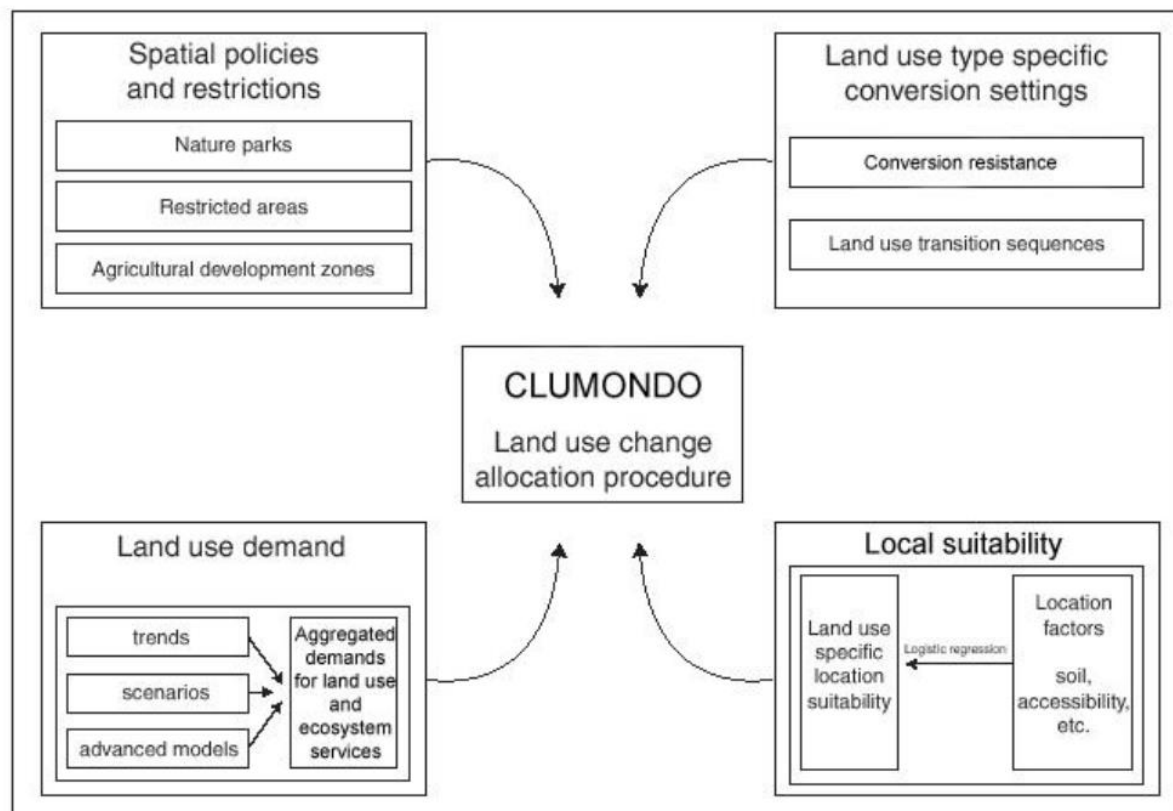
แบบจำลอง CLUMondo พัฒนาโดยสถาบัน Institute for Environmental Studies ประเทศเนเธอร์แลนด์ เพื่อใช้จำลองพลวัตการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินแต่ละประเภทกับแรงขับเคลื่อน (driving forces) ทั้งทางด้านกายภาพ-ชีวภาพและด้านเศรษฐกิจสังคม โดยในช่วงแรกได้มีการพัฒนาแบบจำลอง CLUE ซึ่งเหมาะกับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น ระดับประเทศ และ/หรือ ภูมิภาค ต่อมาได้มีการพัฒนาแบบจำลอง CLUE เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่ขนาดเล็ก เช่น ระดับลุ่มน้ำ และ/หรือ ภูมิภาค และเปลี่ยนชื่อจาก CLUE เป็น CLUE-s ซึ่งการใช้งานแบบจำลองยังเป็นการใช้คำสั่งในการทำงาน (command line) และในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบการใช้งานให้สะดวกขึ้น โดยเป็นแบบ Graphic User Interface และใช้ชื่อว่า CLUMondo แบบจำลอง CLUMondo อาศัยการจำลองการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินโดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของพื้นที่ทางกายภาพ และการจำลองพลวัตของการแข่งขันและการมีปฏิสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ โดยแบบจำลอง CLUMondo สามารถทำการวิเคราะห์ในระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ทั้งในรูปแบบเวกเตอร์และแรสเตอร์ (แบบกริด) โดยแบบจำลอง CLUMondo แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนความต้องการเชิงคุณลักษณะ (Non-spatial demand module) ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ เช่น ปริมาณผลผลิตพืชอาหาร (ตัน) ขนาดของที่อยู่อาศัย และส่วนการจัดสรรพื้นที่ (Spatial explicit allocation procedure) องค์ประกอบพื้นฐานของแบบจำลอง CLUE, CLUE-S และ CLUMondo ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงโมดูลหลักของแบบจำลอง CLUMondo

สำหรับส่วนการวิเคราะห์เชิงคุณลักษณะจะมีการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินเป็นขนาดของพื้นที่ (ตร.กม.) หรือผลผลิตพืชอาหาร (ตัน) เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าส่วนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และสร้างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระบบกริดแบบแรสเตอร์และหรือแอสกี (ascii) สำหรับรูปแบบของ User interface ของ CLUMondo นั้นสนับสนุนเฉพาะการจัดสรรที่ดินเท่านั้น ส่วนการคาดการณ์ความต้องการการใช้ที่ดินในอนาคต จะใช้การเปลี่ยนแปลงทางนโยบาย และเศรษฐกิจสังคมในรูปแบบที่แตกต่างกันตามภาพฉายการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้น เมื่อทำการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการจัดสรรที่ดินต่อไป สำหรับการจำลองลักษณะการจัดสรรที่ดินจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ นโยบายเชิงพื้นที่และพื้นที่สงวน (Spatial policies และ restrictions) การกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use type specific conversion setting) ความต้องการการใช้ที่ดิน (Land use demand) และ คุณลักษณะของพื้นที่ (Location characteristic) ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม CLUMondo

ที่มา: The CLUMondo Land use change model: manual and exercise, 2015

2.3.1 นโยบายเชิงพื้นที่และพื้นที่สงวน เป็นการกำหนดว่าพื้นที่ประเภทใดที่จะต้องสงวนไว้และห้ามมีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นพื้นที่คุ้มครองพิเศษ เช่น พื้นที่อนุรักษ์ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินได้

2.3.2 การกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลง (conversion resistance) และลำดับของการเปลี่ยนแปลง (transition sequence) โดยการใช้ที่ดินบางประเภทจะมีการเปลี่ยนแปลงยากมากเนื่องจากการลงทุนสูง เช่น พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่ไม้ยืนต้น ในขณะที่พื้นที่เกษตรจะสามารถเปลี่ยนเป็นพื้นที่อยู่อาศัยได้ง่ายกว่า ทั้งนี้ค่าความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าตั้งแต่ 0 (เปลี่ยนแปลงได้ง่าย) ไปจนถึง 1 (เปลี่ยนแปลงได้ยาก) ซึ่งการกำหนดค่าจะอาศัยความชำนาญของ

ผู้เชี่ยวชาญและการสังเกตในพื้นที่จริง ส่วนลำดับของการเปลี่ยนแปลงจะเป็นการกำหนดว่า การใช้ที่ดินประเภทใดสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้ (ค่า 1) หรือเปลี่ยนแปลงไม่ได้ (0)

2.3.3 ความต้องการการใช้ที่ดิน เป็นการกำหนดภาพรวมของพื้นที่ศึกษา และมีความสอดคล้องกับภาพฉายที่แตกต่างกัน ความต้องการการใช้ที่ดินสามารถประเมินแยกอิสระจากแบบจำลอง CLUMondo ได้ เช่น การประเมินจากรูปแบบการใช้ที่ดินในอดีต การเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการการใช้ทรัพยากร หรือการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของประเภทการใช้ที่ดิน

2.3.4 คุณลักษณะของพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจะต้องอยู่บนตำแหน่งที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของ CLUMondo นั้น สมการถดถอยโลจิสติกส์ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทำนายว่า จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งขึ้นหรือไม่หรือมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยมีการกำหนดค่าตัวแปรตัวหนึ่งหรือหลายตัวที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์นั้นๆ และทำให้เข้าใจสาเหตุการเกิดเหตุการณ์นั้นๆ ได้ ซึ่งตัวแปรทำนาย (Xi) หรือตัวแปรอิสระ มักจะมีลักษณะไม่ต่อเนื่องและเป็นหมวดหมู่ (category) อย่างไรก็ตามตัวแปรอิสระในสมการถดถอยโลจิสติกส์ก็ไม่ได้กำหนดว่าต้องเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง โดยสามารถเป็นได้ทั้งตัวแปรแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องได้ โดยในงานวิจัยนี้สมมติฐานของสมการถดถอยโลจิสติกส์คือ โอกาสในการเกิดการใช้ที่ดิน ณ ตำแหน่งใดๆ จะขึ้นอยู่กับปัจจัย/ตัวแปรนำเข้าเชิงพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นหมวดหมู่ เช่น ระยะห่างจากถนนจะถูกกำหนดเป็น 2 หมวดหมู่ ได้แก่ ระยะห่างจากถนนที่น้อยกว่า 1 กิโลเมตรและมากกว่า 1 กิโลเมตร เป็นต้น และยังขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัย/ตัวแปรนำเข้าว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดการใช้ที่ดินประเภทหนึ่งๆแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

ทั้งนี้สามารถใช้สมการถดถอยโลจิสติกส์คาดการณ์แบบปีต่อปี เช่น ใช้สมการถดถอยโลจิสติกส์ปี พ.ศ. 2546 คาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2547 และใช้สมการถดถอยโลจิสติกส์ปี พ.ศ. 2547 คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2548 หลังจากนั้นแปลงข้อมูลที่ได้จากข้อ 2 ให้อยู่ในแฟ้มข้อมูล ASCII เพื่อนำเข้าแบบจำลอง CLUMondo หาความสัมพันธ์การใช้ที่ดินกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการการใช้ที่ดินด้วยโดยใช้คำสั่ง Logistic regression และนำค่าคงที่ (a) และค่าสัมประสิทธิ์ (b) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทมาเก็บในแฟ้มข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง ดังสมการ

$$\text{Log} \frac{P_i}{1 - P_i} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \beta_n X_{n,i}$$

เมื่อ P_i คือ ค่าความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินในกริดที่ i

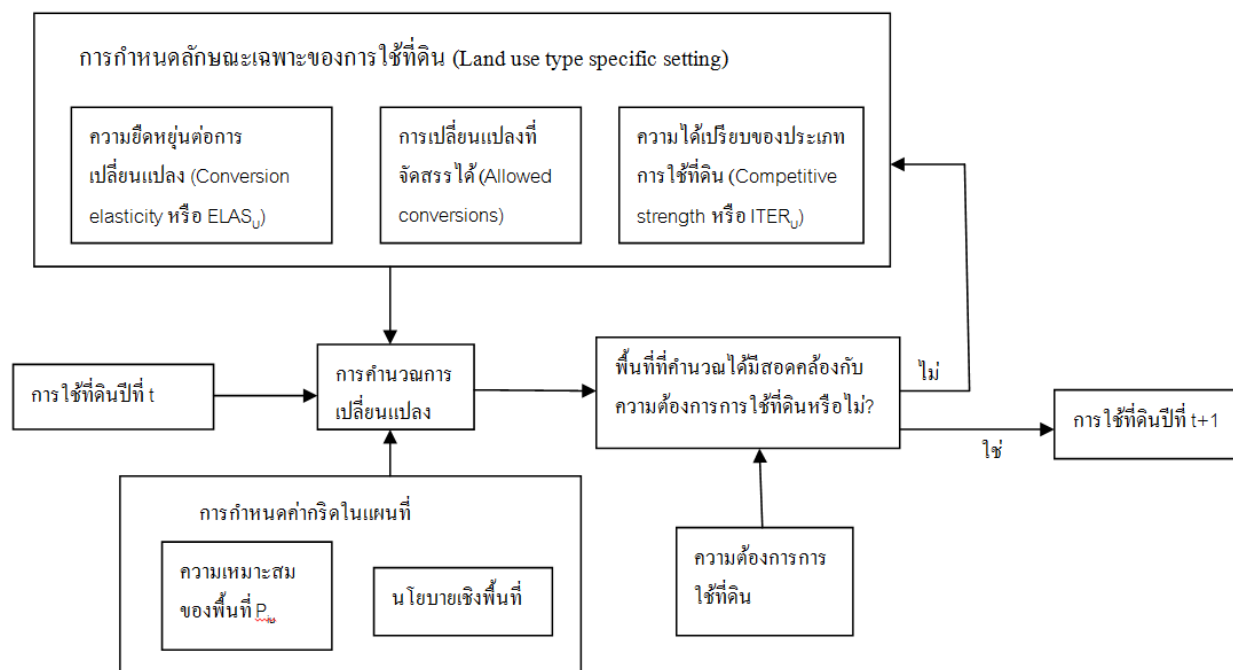
i คือ พื้นที่ที่ศึกษา

X คือ ตัวแปรทำนาย (แรงขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน)

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสมการถดถอย Logistic

ในพื้นที่ศึกษาแบบจำลอง CLUMondo จะทำการวิเคราะห์ว่าพื้นที่หนึ่งพื้นที่ใดมีความเหมาะสมกับการใช้ที่ดินประเภทใดมากที่สุด ในบริบทของผลตอบแทนด้านการเงิน ด้านวัฒนธรรม หรือปัจจัยด้านคุณลักษณะเชิงพื้นที่อื่นๆ ที่ถูกกำหนดในสมการถดถอยโลจิสติกส์

เมื่อมีการกำหนดปัจจัยทั้ง 4 แล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการจัดสรรการใช้ที่ดิน ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการจัดสรรการใช้ที่ดินด้วย CLUMondo

โดยขั้นตอนการจัดสรรการใช้ที่ดินจะใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญได้แก่ การกำหนดค่าตารางกริดในแผนที่ และการกำหนดลักษณะเฉพาะของการใช้ที่ดิน เพื่อที่จะกำหนดค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของการใช้ที่ดินประเภท u ที่จะเกิดขึ้นที่ กริด i (Total probability หรือ $TPROP_{i,u}$) โดย $TPROP_{i,u}$ คำนวณได้จาก

$$TPROP_{i,u} = P_{iu} + ELAS_U + ITER_U$$

เมื่อ P_{iu} คือ ความเหมาะสมของพื้นที่กริด i ต่อการใช้ที่ดินประเภท u

$ELAS_U$ คือ ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภท u

$ITER_U$ คือ ความได้เปรียบของการใช้ที่ดินประเภท u ต่อการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ

เมื่อพื้นที่ที่คำนวณได้ตรงกับความต้องการการใช้ที่ดินที่มีการกำหนดไว้ แบบจำลอง CLUMondo จะสร้างแผนการใช้ที่ดินในอนาคตของแต่ละปีขึ้นมา โดยการวิเคราะห์จะมองภาพอนาคต 30 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2586) โดยจะวิเคราะห์การใช้ที่ดินรอบละ 10 ปี เพื่อนำมาแสดงผลให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตาม scenario ที่แตกต่างกัน

2.4 นโยบายและยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

จังหวัดอุดรธานีเป็นเมืองที่มีการค้าและการลงทุนขนาดใหญ่ เศรษฐกิจของจังหวัดอุดรธานี จึงเติบโตแบบก้าวกระโดดในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา โดยเมื่อพิจารณา GDP ในปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 จังหวัดอุดรธานีเป็นจังหวัดที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจสูงสุดในประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2555 มูลค่า GPP มวลรวมของจังหวัดมีค่า 75,793 ล้านบาท สูงเป็นอันดับ 4 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นด้านการค้า การลงทุน อุตสาหกรรมการผลิต รวมทั้งด้านการบริการต่างๆ เพื่อรองรับกับความต้องการด้านการค้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากศักยภาพและความเจริญเติบโตของจังหวัดอุดรธานีส่งผลทำให้เศรษฐกิจของจังหวัดสามารถขยายตัวได้เป็นอย่างดี โดยรายได้หลักของจังหวัดมาจากภาคการเกษตร, ภาคอุตสาหกรรม, ค่าส่งและค้าปลีก ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว รวมทั้งจากประชาชนชาวลาวที่เดินทางเข้ามาซื้อสินค้าไทยที่จังหวัดอุดรธานี (แผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี 4 ปี พ.ศ. 2557 - 2560, 2558)

ทั้งนี้ จากข้อมูลของแผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2561 – 2564 ได้กำหนด วิสัยทัศน์ของจังหวัด ให้เป็น “ศูนย์กลางการค้าการลงทุนของอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงภายในปี 2580” เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีมีลักษณะทางกายภาพตั้งอยู่ตรงกลาง กับกลุ่มประเทศอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง ประกอบกับข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (GPP) ด้านการค้า การลงทุนของจังหวัดมีมูลค่าเพิ่มขึ้นมาเป็นอันดับ 1 ของจังหวัด/กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และสามารถเชื่อมโยง การค้าการลงทุนกับกลุ่ม ประเทศอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง

และกำหนดพันธกิจ ไว้ 3 ประการ ได้แก่

1. พัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย
2. ปรับปรุงสภาวะแวดล้อมสู่เมืองแห่งความสะอาด
3. พัฒนาองค์ความรู้ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง

ซึ่งนำไปสู่เป้าประสงค์รวมของจังหวัดคือ เพื่อสร้างการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์ของจังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2561 – 2564 ที่เกี่ยวข้องและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ได้แก่

1) ยุทธศาสตร์ ที่ 2 การส่งเสริมการพัฒนา เกษตรอุตสาหกรรม ยกระดับมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและ เกษตรอินทรีย์

โดยมีการกำหนดเป้าประสงค์เชิงยุทธศาสตร์ไว้ว่า เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตเกษตรกรให้พึ่งพาตนเองได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน และมีการกำหนดกลยุทธ์ ดังนี้

1. ขยายผลการทำการเกษตรตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
2. พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการเกษตร
3. พัฒนาการผลิต การแปรรูป และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้า เกษตรอินทรีย์ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและภาคอุตสาหกรรม
4. ส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรสู่ความเข้มแข็งและยั่งยืน
5. เพิ่มช่องทางการตลาดสินค้าเกษตรให้กับภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

2) ยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ การบริการ และการส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม ประเพณีท้องถิ่น

เป้าประสงค์เชิงยุทธศาสตร์ : เพื่อให้จังหวัดอุดรธานีเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีศักยภาพ และเติบโตอย่างมีคุณภาพตอบสนองการท่องเที่ยวทุกรูปแบบอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน และมีการกำหนดกลยุทธ์ ดังนี้

1. พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการท่องเที่ยวโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. พัฒนาขีดความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ ผลิตภัณฑ์ และบริการด้านการท่องเที่ยวมุ่งสู่ MICE CITY
3. พัฒนาคุณภาพของแหล่งท่องเที่ยว สินค้า และบริการ โดยคงไว้ซึ่งอัตลักษณ์วิถีไทย
4. ส่งเสริมการตลาดการท่องเที่ยวและสร้างโอกาสจากการท่องเที่ยวให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่หลากหลาย

3) ยุทธศาสตร์ที่ 5 การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
 เป้าประสงค์เชิงยุทธศาสตร์ : เพื่อรักษาความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติและสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับประชาชน และมีการกำหนดกลยุทธ์ ดังนี้

1. ปกป้อง อนุรักษ์ พื้นฟู ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างยั่งยืน (ร้อยละของพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี)
2. ส่งเสริมการจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษแบบมีส่วนร่วม
3. พัฒนาระบบเครือข่ายด้านการบริหารจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติแบบมีส่วนร่วม

2.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ที่ดินได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยและแรงขับเคลื่อนด้านเศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อม การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตเป็นประเด็นที่ท้าทายเพราะจะทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอนาคตจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ทำให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถนำรูปแบบการใช้ที่ดินในอนาคตเพื่อวางแผนยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม (Mallampalli et. Al., 2016) การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตส่วนใหญ่พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เป็นไปได้จากปัจจัยที่แตกต่างกันและแรงขับเคลื่อน (driving forces) ภายใต้ปัจจัยนั้น และอยู่ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ภาพฉายในอนาคตเป็นการบอกเล่าเรื่องราวที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคตที่มีสาเหตุมาจากปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่ทิศทางการพัฒนาที่แตกต่างกัน (Swart et al., 2004) ภาพฉายในอนาคตของการใช้ที่ดินสามารถพัฒนาได้ทั้งในสเกลขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เช่น ระดับโลก ระดับภูมิภาค ระดับลุ่มน้ำ และระดับท้องถิ่น โดยวิธีการสร้างภาพฉายในอนาคตส่วนใหญ่มีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ ภาพฉายการใช้ที่ดินเชิงปริมาณ และภาพฉายการใช้ที่ดินเชิงคุณภาพ (Alamo, 2009) ภาพฉายการใช้ที่ดินเชิงคุณภาพเป็นการอธิบายถึงการใช้ที่ดินในอนาคตที่เกิดจากอธิบายเรื่องราว (Storylines) ต่างๆ ในบริบทภายใต้ปัจจัยหรือแรงขับเคลื่อนที่สำคัญ ผลกระทบที่เกิดขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนและการใช้ที่ดินในอนาคต ข้อดีของการพัฒนาภาพฉายการใช้ที่ดินเชิงคุณภาพสามารถสอดแทรกแนวคิดที่มีความแตกต่างกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยไม่ต้องใช้เทคนิคเฉพาะด้าน ทำให้สามารถเติมเต็มช่องว่างระหว่างที่อาจจะเกิดขึ้นได้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Welp et al., 2006) การพัฒนาภาพฉายแบบมี

ส่วนร่วม (Participatory scenario development) ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายขึ้นเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าแนวคิดต่างๆ ที่มาจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านจะถูกนำมาพิจารณาในการอธิบายเรื่องราว เพื่อนำไปสู่การพัฒนาภาพฉายการใช้ที่ดินที่เหมาะสม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำวิจัยและการวางแผนยุทธศาสตร์สนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม (Sappelt et al., 2011)

การพัฒนาภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตเชิงปริมาณมีความแตกต่างจากเชิงคุณภาพอย่างมาก เนื่องจากมีการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical methods) และสมการคณิตศาสตร์ในการจัดสรรพื้นที่ (Spatial allocation) การใช้ที่ดินเพื่อกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การสร้างโมเดลภาพฉายการใช้ที่ดินเพื่อลดความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วม โดยใช้เทคนิคการประเมินแบบ ex-ante (Barredo and Engelen, 2010) ข้อมูลที่นำมาใช้มักจะมีลักษณะเฉพาะตัวและเป็นข้อมูลเชิงเทคนิค ทำให้วิธีนี้มีการใช้อย่างจำกัดเฉพาะวงการนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และสถิติ ทำให้ขาดมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่นๆ ที่ไม่ใช่ นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาภาพฉายการใช้ที่ดินที่เป็นไปได้ในอนาคต (Voinov and Bousquet, 2010)

อย่างไรก็ตามการพัฒนาและสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะสัมฤทธิ์ผลได้นั้นจะต้องมีการเชื่อมโยงใช้ทั้งเทคนิคเชิงปริมาณและคุณภาพประกอบกัน การสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินโดยใช้เทคนิคเชิงปริมาณและคุณภาพนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการประเมินภาพฉายในด้านอื่นๆ เช่น รายงานฉบับพิเศษของ IPCC ที่กล่าวถึงภาพฉายการปล่อยมลพิษทางอากาศ และ รายงาน Millennium Ecosystem Assessment ในปัจจุบันการอธิบายเรื่องราวและการพัฒนาแบบจำลองการใช้ที่ดินในอนาคตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยภาพฉายจะถูกกำหนดจากเรื่องราวและแรงขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้องโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และ/หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียก่อน และหลังจากนั้นข้อมูลจะถูกแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข ก่อนที่จะนำเข้าสู่โมเดลแบบจำลอง (Houet et al., 2016) การพัฒนาแบบจำลองการใช้ที่ดินจะต้องพิจารณาถึงประเด็นด้านนโยบายทั้งในระดับโลก ระดับภูมิภาค และระดับท้องถิ่นที่เหมาะสม และควรคำนึงถึงแรงขับเคลื่อน กระบวนการ และผลกระทบที่มีต่อภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต

Zondag and Borsboom (2009) ได้ทำการวิเคราะห์แรงขับเคลื่อนที่สำคัญที่มีต่อการใช้ที่ดิน 5 ประเภทในประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้แก่ การเกษตร การตั้งถิ่นฐาน แหล่งน้ำ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ

การจ้างงาน โดยแรงขับเคลื่อนสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหลักและมีความสัมพันธ์ต่อกัน โดยครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เช่น ด้านประชากร ด้านเศรษฐกิจ ด้านเทคโนโลยี ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านพลังงานทางเลือก นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตยังได้รับอิทธิพลจากรูปแบบของการใช้ที่ดินในปัจจุบันและนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องในเชิงพื้นที่ เมื่อพิจารณาในด้านเวลา พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปยังอีกประเภทหนึ่งจะใช้ระยะเวลานาน ทำให้รูปแบบการใช้ที่ดินปัจจุบันมีความสำคัญต่อการใช้ที่ดินในอนาคต โดยเฉพาะที่ดินที่มีมูลค่าสูงมาก (มูลค่าทั้งผลเชิงนิเวศและเศรษฐกิจ) นั้นจะมีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ที่ดินในรูปแบบอื่นได้ยากมาก อีกทั้งโดยปกติแล้วปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ เช่น แหล่งน้ำ เส้นทางคมนาคม พื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ และพื้นที่ที่มีความสำคัญทางวัฒนธรรม จะมีอิทธิพลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับการพัฒนาทั้งในด้านที่อยู่อาศัย การค้า และการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะต้องพิจารณาถึงแรงขับเคลื่อนทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกันและส่วนใหญ่มักมีระดับความสำคัญไม่เท่ากัน เช่น แรงขับเคลื่อนที่เกิดจากนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจ จะทำให้พื้นที่เมืองและที่อยู่อาศัยขยายตัว โดยตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่มีความสำคัญได้แก่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม แต่ถ้ามองในบริบทของ แรงขับเคลื่อนที่เกิดจากนโยบายเมืองสีเขียวและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมจะมีระดับความสำคัญน้อยกว่านโยบายที่เกิดจากการพัฒนาเศรษฐกิจ การให้ค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญจึงมีความสำคัญในการกำหนดการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทภายใต้ภาพฉายต่างๆ

Ideal point method เป็นวิธีการในการประเมินและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยว่ามีความเบี่ยงเบน (deviation) หรือความห่าง (distance) จากค่าในอุดมคติ (ideal) มากน้อยเพียงใด และจัดเป็นวิธีการประเมินแบบหลายตัวแปร โดยกำหนดระยะห่าง (multi-criteria distance method) จากในอุดมคติ เพื่อทราบถึงระดับความสำคัญของแต่ละตัวแปรว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าในอุดมคติ (Karni & Werczberger, 1995; Malczewski, 2006) วิธีการแบบ ideal point จะไม่พิจารณาความสัมพันธ์ด้วยกันเองระหว่าง 2 ปัจจัย แต่จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดเอาไว้ (1, 10 หรือ 100) โดยผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทุกตัวรวมกันจะต้องมีค่าเท่ากับ ค่าที่กำหนดเอาไว้ ซึ่งในปัจจุบันเทคนิคที่มีความใกล้เคียงกับแนวคิดอุดมคติที่สุดคือ TOPSIS โดยในการวิเคราะห์จะมีการกำหนด

เป้าหมายในอุดมคติไว้ และพิจารณาว่าทางเลือกหรือตัวแปรไหนมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด โดยแสดงค่าเป็นตัวเลข (Hwang & Yoon, 1981) โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้การถ่วงน้ำหนักของปัจจัยหลักและรองด้วยวิธี Ideal point เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถกระทำได้ง่าย อีกทั้งจำนวนปัจจัยในแต่ละระดับก็ไม่ได้มีจำนวนมากเกินไป อีกทั้งภาพฉายในอนาคตแต่ละภาพฉายมีทิศทางการพัฒนาที่แตกต่างกัน เช่น ภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่ (GG) จะเน้นการพัฒนาเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การขยายตัวของเมืองจะลดลง ทำให้ปัจจัยหลักในด้านทรัพยากรป่าไม้ควรจะมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ด้านอุตสาหกรรมและการตั้งถิ่นฐานจะมีระดับความสำคัญน้อยกว่า ทำให้สามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักได้ โดยให้ค่าในอุดมคติเป็น 1 ค่าถ่วงน้ำหนักทรัพยากรน้ำและป่าไม้เป็น 0.4 และค่าถ่วงน้ำหนักด้านอุตสาหกรรมและการตั้งถิ่นฐานเป็น 0.1 เป็นต้น

โครงการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี โดยใช้ทั้งเทคนิคเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณร่วมกัน โดยมีการกำหนด การเชื่อมโยงเรื่องราวการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินในอนาคต (land use storylines) โดยการศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น ประชากร นโยบาย แผนยุทธศาสตร์ภูมิภาคและจังหวัด ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน การขนส่ง การเกษตร ฯลฯ เพื่อกำหนดภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีในอนาคต และการทดสอบแบบจำลอง CLUMondo

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยของโครงการนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การกำหนดเรื่องราว/ภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต และการวิเคราะห์การใช้ที่ดินตามเรื่องราว/ภาพฉาย ในอนาคต

3.1 การกำหนดเรื่องราว/ภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต (Future land use storyline)

การกำหนดเรื่องราวเพื่อให้ได้มาของภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต เป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยนำมาใช้ โดยวิธีการสร้างภาพฉายจะมีความแตกต่างจากการทำ projection หรือการ forecast ตรงที่เป็นภาพฉายเป็นการนำเสนอแนวทางของเรื่องราวที่ประกอบไปด้วยสมมติฐาน (assumption) โดยมีปัจจัย/ตัวแปรนำเข้า และแรงขับเคลื่อน (driving force) ที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านกายภาพ และ/หรือเศรษฐกิจสังคม ซึ่งแรงขับเคลื่อนแต่ละชนิดอาจมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดิน เช่น ระยะห่างจาก แหล่งน้ำจะมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินด้านการเกษตร เป็นต้น กระบวนการการสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินจะต้องมีการศึกษาข้อมูลหลายด้าน เช่น รูปแบบการใช้ที่ดินในอดีต แผนยุทธศาสตร์ของกลุ่มน้ำ หรือจังหวัดทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ผังเมืองเทศบาลและผังเมืองรวมจังหวัด นโยบายการใช้ที่ดินด้านการเกษตร นโยบายด้านอุตสาหกรรมเกษตร นโยบายด้านการท่องเที่ยว และการเป็นศูนย์กลางสุขภาพ (Medical hub) โดยการได้มาของภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต อาจมาจากการทบทวนวรรณกรรม การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่มาจากหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาสังคม ในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มีวิธีการในการสร้างภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินในอนาคตโดยการทบทวนวรรณกรรม เช่น เอกสาร รายงานประจำปี สถิติด้านต่าง ของจังหวัดอุดรธานี และการลงสำรวจภาคสนาม และทำการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อเสนอแนวทางของเรื่องราว สมมติฐาน และแรงขับเคลื่อน เพื่อนำไปสู่ภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่เป็นไปได้ ก่อนที่จะมีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี เพื่อทำการปรับปรุงภาพฉาย และข้อมูลที่เกี่ยวข้องก่อนนำเข้าสู่แบบจำลองต่อไป

โครงการวิจัยนี้ได้มีการกำหนดภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต 30 ปี (พ.ศ.2565, 2575 และ 2585) ทั้งนี้ จากการศึกษาของ Zondag and Borsboom (2009) ได้ทำการวิเคราะห์แรงขับเคลื่อนที่สำคัญที่มีต่อการใช้ที่ดิน 5 ประเภท ได้แก่ การเกษตร การตั้งถิ่นฐาน แหล่งน้ำ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการจ้างงาน โดยครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เช่น ด้านประชากร ด้านเศรษฐกิจ ด้านเทคโนโลยี ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านพลังงานทางเลือก และนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องในเชิงพื้นที่ ซึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ประยุกต์และพิจารณากำหนดแนวทางการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ออกเป็น 5 ปัจจัย/ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญ ได้แก่

- (1) การคมนาคมขนส่ง พิจารณารวมถึงการสร้างถนนเพิ่มขึ้นเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจ
- (2) การเกษตร พิจารณาด้านการปลูกพืชในพื้นที่ที่เหมาะสม ต่อการปลูกพืชเขตร้อน ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง โดยพิจารณาร่วมกันกับแผนที่กลุ่มดิน ตลอดจนพื้นที่เสี่ยงต่อการทำเกษตร เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง และดินถล่ม
- (3) การตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง) พิจารณาถึงระยะห่างจากเขตเมืองเดิมและระยะห่างจากถนน
- (4) อุตสาหกรรม พิจารณาในด้านพื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช พื้นที่ที่ไม่ใช่อ้อย มันสำปะหลังเมืองอุทยานแห่งชาติและป่าไม้ และเป็นพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมที่ใกล้กับเขตอุตสาหกรรมเดิม
- (5) ทรัพยากรน้ำและป่าไม้

โดยได้มีการทบทวนวรรณกรรม โดยศึกษาการใช้ที่ดินในอดีต นโยบายและแผนการพัฒนาจังหวัด ระยะสั้นและระยะยาวทั้งในด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว สามารถสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตจำนวน 3 ภาพฉาย ได้แก่ เมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (Rapid economic growth หรือ REG) เมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (Business as usual หรือ BAU) และเมืองน่าอยู่และยั่งยืน (Green growth หรือ GG) ทั้งนี้ แต่ละภาพฉาย มีนิยามดังนี้

เมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (Rapid economic growth หรือ REG) การเจริญเติบโตของเมืองเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการขยายตัวของพื้นที่เมืองและภาคอุตสาหกรรมตอบสนองต่อการเป็นศูนย์กลางอาเซียนทางภาคอีสานตอนบน และการเป็นศูนย์กลางด้านการลงทุนของอนุภาคลุ่มน้ำโขง ตลอดจนนโยบายแนวระเบียงเศรษฐกิจ ซึ่งมีตัวแปรหลักที่เกี่ยวข้องได้แก่ การเพิ่มประชากร การพัฒนาอุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่ง และการส่งเสริมการปลูกพืชอาหาร พืชพลังงาน เกษตรแปลงใหญ่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้

ประโยชน์ที่ดินมีพื้นที่เมือง และพื้นที่ปลูกข้าวและพืชพลังงานมากขึ้น ตลอดจน มีการจัดทำระบบโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ พื้นที่แหล่งน้ำมากขึ้นเพื่อรองรับการเติบโตของภาคเกษตร เมืองและอุตสาหกรรม

เมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (Business as usual หรือ BAU) หมายถึงการเจริญเติบโตของเมืองที่มีปัจจัยขับเคลื่อนเป็นไปตามปกติ เน้นการปรับปรุงระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการพัฒนาในภาคเกษตร อุตสาหกรรม และการเติบโตของประชากรในรูปแบบปกติ มีการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนและสาธารณูปโภคที่สอดคล้องกับการเพิ่มประชากร รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมีปัจจัยขับเคลื่อนหลักคือจำนวนประชากรและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การใช้ประโยชน์ที่ดิน มีการขยายตัวของพื้นที่เมือง และพื้นที่อุตสาหกรรม ตลอดจนมีพื้นที่แหล่งน้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวต่อการเจริญเติบโตของนโยบาย Agroindustry และรองรับการเกิดภัยพิบัติ

เมืองน่าอยู่และยั่งยืน (Green growth หรือ GG) มีรูปแบบการเจริญเติบโตทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาเกษตรและอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการทำเกษตรอินทรีย์ เกษตรตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่ พัฒนาการบริหารระบบขนส่งเน้นการเดินทางที่ใช้พลังงานสะอาด การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีพื้นที่สีเขียวเพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของชุมชนเมืองและอุตสาหกรรมไม่ขยายตัวมากนักเชิงพื้นที่ มีพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม่เพิ่มขึ้น

3.1.1 ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลอง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองของแต่ละภาพฉายจะแบ่งเป็น 5 ปัจจัย และมีความสอดคล้องกับแรงขับเคลื่อนทั้งในเชิงนโยบายและเชิงพื้นที่ด้วย

(1) ด้านคมนาคม

- แนวระเบียงเศรษฐกิจ (East-west corridor)
- ศูนย์กลางอาเซียนทางภาคอีสานตอนบน

(2) ด้านเกษตร

- ครัวโลกและการส่งเสริมการปลูกพืชอาหาร
- การทำการเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่
- การส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร

- การยกระดับมาตรฐานทางการผลิตและการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร
- เกษตรแปลงใหญ่
- การส่งเสริมการปลูกพืชพลังงานทดแทน
- การพัฒนาที่ดิน ให้ได้มาตรฐานเกษตรปลอดภัย (เกษตรอินทรีย์)

(3) ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)

- เมืองศูนย์กลางค้าอีสานตอนบนสู่อาเซียน
- นโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจโดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์เพื่อส่งเสริมการค้าการลงทุน
- การเคลื่อนย้ายประชากรและแรงงานต่างถิ่น

(4) ด้านอุตสาหกรรม

- นโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจโดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์เพื่อส่งเสริมการค้าการลงทุน
- การพัฒนาเหมืองแร่โปแตช
- การส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร
- การพัฒนานิคมอุตสาหกรรมขนาดกลาง

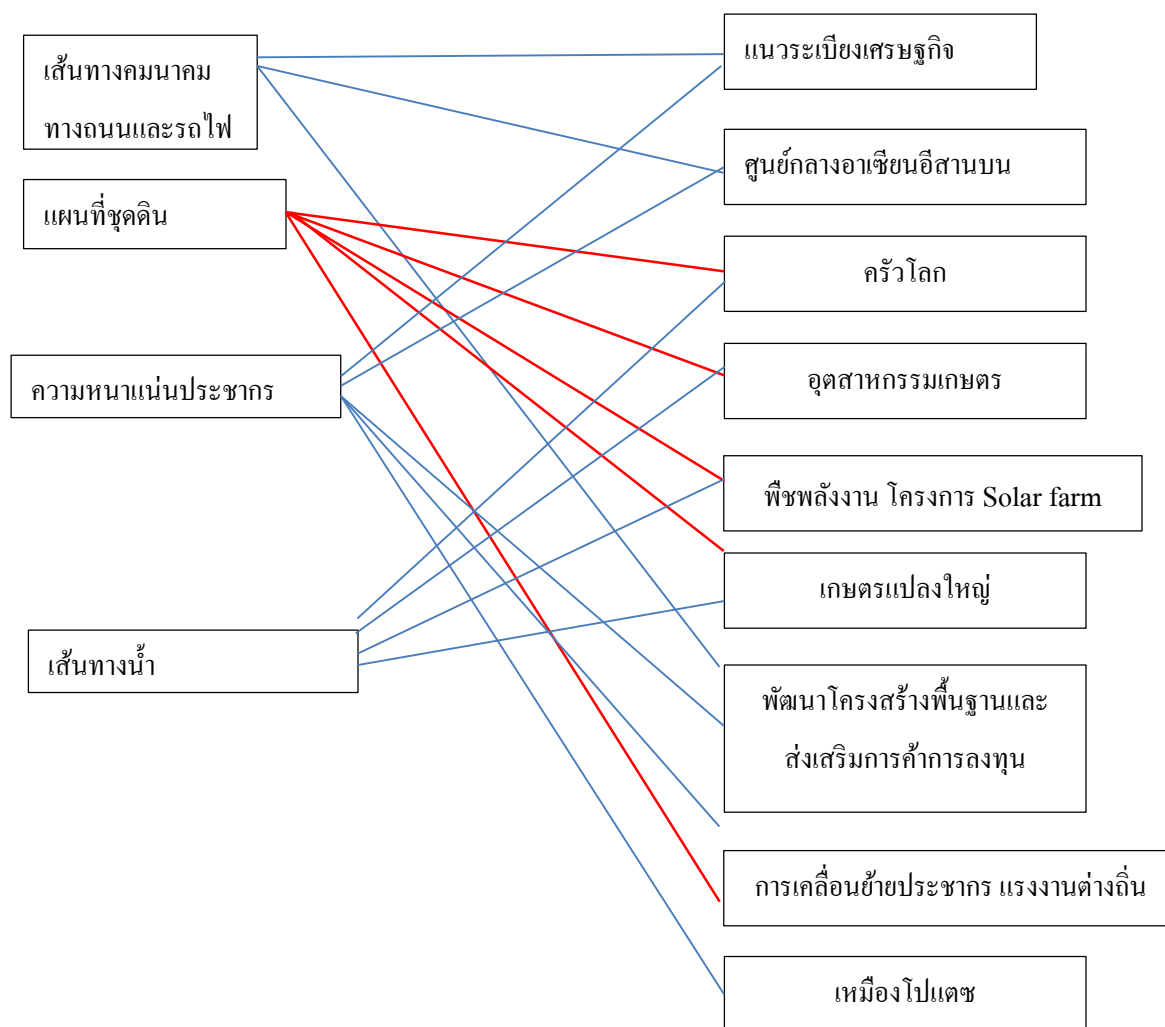
(5) ด้านทรัพยากรน้ำและป่าไม้

- การอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- การเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติทางธรรมชาติ
- การขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรม

3.1.2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า กับยุทธศาสตร์และนโยบาย

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลอง และแรงขับเคลื่อนของการใช้ที่ดินจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงภายใต้แรงขับเคลื่อนในด้านยุทธศาสตร์และนโยบายที่เกี่ยวข้อง เช่น ตัวแปรพื้นที่เหมาะสมของที่ดินต่อการเกษตรจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับแรงขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การเป็นครัวโลกเพื่อปลูกพืชอาหาร อุตสาหกรรมเกษตร (Agroindustry) พืชพลังงาน เกษตรแปลงใหญ่ (แสดงด้วยเส้นสีแดง

ภาพที่ 8) เนื่องจากการใช้ที่ดินตามแรงขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ต่าง ๆ นั้นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของที่ดินที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์นั้นเป็นสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองและแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์

ทั้งนี้ จากภาพที่ 8 สรุปได้ว่า แรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์ต่างๆ เช่น แนวระเบียงเศรษฐกิจ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัย/ตัวแปรนำเข้าด้าน เส้นทางคมนาคม และความหนาแน่นประชากร หรือ หากมองในภาพรวมปัจจัยที่นำเข้าแบบจำลองนั้น มีแรงขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้องได้แก่

1. เส้นทางคมนาคมทางถนนและรถไฟ มีปัจจัยขับเคลื่อนประกอบด้วย แนวระเบียนเศรษฐกิจ ศูนย์กลางอาเซียนอีสานบน และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการส่งเสริมการลงทุน
2. แผนที่ชุดดิน มีปัจจัยขับเคลื่อน ประกอบด้วย ครัวโลก อุตสาหกรรมเกษตร พืชพลังงาน เกษตรแปลงใหญ่ และเหมืองโปแตช
3. ความหนาแน่นประชากร มีปัจจัยขับเคลื่อน ได้แก่ แนวระเบียนเศรษฐกิจ ศูนย์กลางอาเซียนอีสานบน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการส่งเสริมการลงทุน การเคลื่อนย้ายประชากร และภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วมและภัยแล้ง
4. เส้นทางน้ำ มีปัจจัยขับเคลื่อน ได้แก่ ครัวโลก อุตสาหกรรมเกษตร

การจัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CLUMondo โดยได้ทำการรวบรวมชั้นข้อมูลแผนที่ดิจิทัลเชิงพื้นที่ทั้งหมด 11 ชั้นข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ มาตราส่วน 1:20,000 และข้อมูลแผนที่กระดาษ 1 ชั้นข้อมูล โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหมดแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และหน่วยงานผู้ให้ข้อมูลของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจ.อุดรธานี

ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
แผนที่สภาพภูมิประเทศ 1:50,000	กรมแผนที่ทหาร
*แผนที่การใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวง และจ.อุดรธานี จ.หนองคาย และ จ.หนองบัวลำภู ปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2556 ระดับ 1 ระดับ 2 และแผนที่การใช้ที่ดิน จ.อุดรธานี จ.หนองคาย และจ.หนองบัวลำภู ปี พ.ศ.2556 ระดับ 3	กรมพัฒนาที่ดิน
ข้อมูลธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรธรณี
*ข้อมูลเส้นทางคมนาคม (ถนน และทางรถไฟ)	กระทรวงคมนาคม (FDGS)
*ข้อมูลเส้นทางน้ำ	กระทรวงคมนาคม (FDGS)
ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
*ข้อมูลชุดดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
*ข้อมูลจำนวนประชากร	สำนักงานสถิติแห่งชาติ

*ข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลอง

โดยชั้นข้อมูลทั้งหมดในตารางที่ 6 สามารถแสดงผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือ GIS (อยู่ในรูปดิจิทัลไฟล์) และต้องมีการแปลงประเภทของไฟล์ให้เป็นไฟล์ประเภท Raster และ ASCII โดยกำหนดขนาดของ cell ในการวิเคราะห์เป็น 400x400 เมตร ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กับแรงขับเคลื่อน (driving forces) เชิงยุทธศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ โดยจะมีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติเชิงพื้นที่ ระหว่างแรงขับเคลื่อนกับการใช้ที่ดินแต่ละชนิด เพื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้เข้าสู่กระบวนการจัดสรรการใช้ที่ดิน เพื่อคาดการณ์รูปแบบการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลองต่อไป การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินชนิดต่างๆ กับแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์เป็นการกำหนดความเหมาะสมเชิงพื้นที่ (location suitability)

ผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบแบบจำลองโดยกำหนดขนาดของ cell ในการวิเคราะห์ที่มีความละเอียดมากขึ้นเป็น 100x100 เมตร โดยเลือก อ.เมือง จ.อุดรธานีเป็นพื้นที่ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับ cell ขนาด 400x400 เมตร โดยกำหนดค่าตัวแปรต่างๆใน CLUMondo เหมือนกันทุกประการ โดยผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก จ

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการใช้ที่ดินเป็น 12 ประเภท จากแผนที่จัดถือการใช้ที่ดินระดับ 3 ของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อให้แบบจำลองสามารถประมวลผลได้ในทางเทคนิคและป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดขนาดทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CLUMondo (ประเภทการใช้ที่ดินไม่มากเกินไป) โดยมีประเภทการใช้ที่ดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

- 3.1 ข้าว (R)
- 3.2 อ้อย (Su)
- 3.3 มันสำปะหลัง (Ca)
- 3.4 ยางพารา (Rub)
- 3.5 พื้นที่เกษตรอื่นๆ+พืชพลังงาน (ที่ไม่ใช่พื้นที่ประเภท 3.1-3.4) (AGR)
- 3.6 พื้นที่เบ็ดเตล็ด
- 3.7 ป่าไม้ (ป่าสมบูรณ์ + สวนป่าสภาพฟื้นฟู + ป่าผลัดใบสมบูรณ์) (F)
- 3.8 พื้นที่เมืองประเภท 1 (ตัวเมืองและย่านการค้า + หมู่บ้านจัดสรรร้าง + หมู่บ้าน) (U1)
- 3.9 พื้นที่เมืองประเภท 2 (สถานที่ราชการ+สนามบิน+สถานีขนส่ง+ถนน+สถานบริการน้ำมัน+สนามกอล์ฟ+สุสาน) (U2)
- 3.10 พื้นที่อุตสาหกรรม (โรงงานอุตสาหกรรม + โรงงานอุตสาหกรรมร้าง +ลานตากรับซื้อสินค้าทางการเกษตร) (IN)
- 3.11 แหล่งน้ำธรรมชาติ (แม่น้ำลำคลอง+หนองบึง+ทะเลสาบ) (W1)
- 3.12 แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (คลองชลประทาน+บ่อน้ำ) (W2)

การเลือกการใช้ที่ดิน 12 ประเภทนั้น ได้มีการปรับมาจากการใช้ที่ดินระดับ 3 ของกรมพัฒนาที่ดินที่มีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินที่ละเอียดมากที่สุด (รายพืช) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี พบว่าพืชเศรษฐกิจหลักที่ทำการปลูกได้แก่ ข้าว อ้อย มัน

ลำปะหลัง และยางพารา ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกมาก ส่วนการปลูกพืชประเภทอื่นพบว่าพื้นที่การเพาะปลูกค่อนข้างน้อย ทำให้มีการจัดกลุ่มของพื้นที่เกษตรใหม่ออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันลำปะหลัง ยางพารา พืชอื่นๆ+พืชพลังงาน ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เช่นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เมือง พื้นที่แหล่งน้ำ ธรรมชาติ ก็ทำการจัดกลุ่มเพื่อให้ประเภทของการใช้ที่ดินมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้แบบจำลอง CLUMondo สามารถทำงานได้ และไม่เกิดข้อผิดพลาดระหว่างการวิเคราะห์ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากประเภทของการใช้ที่ดินมีมากเกินไป และ/หรือ การใช้ที่ดินมีขนาดเล็กเกินไป ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดินและปัจจัย/ตัวแปรนำเข้ามีข้อผิดพลาดมากขึ้น โดยการใช้ที่ดินทั้ง 13 ประเภท ได้จำแนกให้เป็นหมวดหมู่ที่มีการใช้ที่ดินครบทั้ง 5 ด้านสอดคล้องกับการใช้ที่ดินระดับ 1 ได้แก่ เกษตร ป่าไม้ แหล่งน้ำ เมือง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด และมาทำการจัดกลุ่มใหม่ออกเป็น 13 ประเภท

3.1.3 การจัด workshop เพื่อนำเสนอภาพฉายการใช้ที่ดินเบื้องต้นต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อนำเสนอ Storyline และนำไปสู่การเสนอภาพฉายการใช้ที่ดินเบื้องต้นต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ในเดือนตุลาคม 2558 ณ โรงแรม เดอะ พรณราย โฮเต็ล จังหวัดอุดรธานี เวลา 9.00-16.00 น. โดยมีรายนามผู้เข้าร่วมประชุมดังต่อไปนี้

นายวิชา จันทร์กลม	หัวหน้ากลุ่มงานบริหารทรัพยากรบุคคล สำนักงานจังหวัดอุดรธานี
นายชนะ ไชยฮ้อย	สำนักงานเกษตรจังหวัดอุดรธานี
นายสุรศักดิ์ ลำพา	สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดอุดรธานี
นางนิตยา พากุล	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นายณรงค์ศักดิ์ สิงห์นัต	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
อ.พัชรินทร์ ไชยรบ	อาจารย์ ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่น จังหวัดอุดรธานี

โดยคณะผู้วิจัยฯ ได้กล่าวนำถึงวัตถุประสงค์ของการประชุมเชิงปฏิบัติการและนำเสนอภาพรวมของภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตภายในระยะเวลา 30 ปี และเปิดเวทีให้ผู้เข้าร่วมประชุมให้ข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงภาพฉายให้มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ นโยบาย และสภาพความเป็นจริงของการพัฒนาพื้นที่มากที่สุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.4 ความคิดเห็นเบื้องต้นต่อภาพฉายในอนาคตทั้ง 3 แบบ

1. ภาพฉายในอนาคต ควรเป็นในมุมมองของผู้เข้าร่วมประชุม อาจแบ่งเป็น มุมมองผู้บริหาร และตัวแทนของแต่ละภาคส่วน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเป็นภาพฉายของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในจังหวัดอุดรธานีอย่างแท้จริง

2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม เคยดำเนินการจ้างบริษัทที่ปรึกษาเพื่อศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งโรงงานในจังหวัดหนองคาย (ระยะแรก) และอุดรธานี (ระยะสอง) เพื่อพัฒนาเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษ พบว่า การตั้งเขตประกอบการอุตสาหกรรม ภาคประชาชนไม่ขัดข้องถ้าเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

3. การสร้างเมืองโปแตซ จังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่ศักยภาพดีกว่าชัยภูมิ แต่ในการให้สัมปทาน ยังมีประชาชนในพื้นที่คัดค้านพอสมควร การออกใบอนุญาตอาจทำได้ยากภายในระยะเวลาไม่กี่ปี

4. ขางพารา มีผู้ประกอบการบางรายแสดงความประสงค์ในการลงทุนทำโรงงานผลิต particle board ในจังหวัดอุดรธานี ในอนาคตแนวโน้มพื้นที่ขางพาราในจังหวัดจะลดลง

5. ด้านการเกษตร คู่มือผลผลิตเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะแนวนโยบายในส่วนกลาง โดยพิจารณาพืชหลักก่อน (เศรษฐกิจ คือ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ขางพารา) ซึ่งเป็นนโยบายฯ ทางกระทรวงฯ เน้นเป็นกลุ่มเพื่ออำนวยความสะดวก เช่น ปลุกข้าว การทำการเกษตรต้องให้คน พื้นที่ พืช ไปด้วยกันให้ได้ โดยพื้นที่ปลุกข้าว ต้องดูว่าเหมาะสมกับพื้นที่ตรงไหน และสนับสนุน และพิจารณาว่าเหมาะสมกับข้าวหรือไม่ เพราะชาวบ้านปลุกกันมาตั้งแต่ในอดีต / พื้นที่ปลุกขางพาราคงที่และมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากราคายางพาราลดต่ำ

6. เกษตรจังหวัดพยายามถ่ายทอดเทคโนโลยี ความรู้ ด้านทุนการผลิต การจดบันทึก เพื่อให้ชาวบ้านได้ตระหนักถึง กำไร ขาดทุน เพื่อที่จะได้พัฒนาตนเอง เช่น นโยบายการปลุกข้าวแบบลดต้นทุน เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การเพิ่มมูลค่า การแปรรูป การบรรจุหีบห่อ การตลาด และนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าเกษตรกรจะพาปลุกตามสถานการณ์ราคาพืชผลทางการเกษตรเป็นสำคัญ โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่มีทุนน้อย

7. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เกษตรกรทำนาอย่างเดียว ปัจจุบันนาข้าวเริ่มมีการปลุกอ้อย ภายใน 5 ปี มีการเปลี่ยนแปลงตามราคาพืชผล

8. บริเวณลุ่มน้ำห้วยหลวงเป็นต้นน้ำ ซึ่งใช้น้ำทำประปาและการเกษตร พื้นที่เกษตรเหนือเขื่อนต้องตระหนักในการทำการเกษตรว่าส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหรือไม่ และจะมีแนวทางในการป้องกัน ให้ความรู้ ความเข้าใจแก่เกษตรกรมากน้อยแค่ไหน

3.1.5 การจัดการภาพฉาย

1. การจัดทำภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต อยากรู้ภาพฉายของคนในพื้นที่ เช่น ภาพที่ 1 จากวิสัยทัศน์ผู้บริหาร (ไม่ต้องศึกษาเพราะถูกวางให้รองรับต่อ AEC) ภาพที่ 2 จากระดับปฏิบัติการ เพราะได้รับคำสั่งให้ปฏิบัติ ภาพที่ 3 จาก อปท. เพราะในยุคที่ผ่านมา อปท. มีบทบาทในการกำหนดวิสัยทัศน์ของตำบล มากกว่าจังหวัด ภาพที่ 4 จากผู้ประกอบการ นักธุรกิจ อุตสาหกรรม ภาพที่ 5 จากประชาชน

2. ภาพฉายการใช้ที่ดินที่น่าสนใจโดยที่ผู้วิจัยมีความเหมาะสมแล้วในระดับหนึ่ง แต่แนวโน้มรูปแบบการใช้ที่ดินในอนาคตจะเป็นลักษณะที่ผสมผสานของทั้ง 3 ภาพฉาย เช่น เกิดเหมือนโปแตส เมืองน่าอยู่ (อ.ประจักษ์) เกษตรอินทรีย์เกิดขึ้นเป็นหย่อมๆ ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา เช่น เขตเศรษฐกิจพิเศษ เขตอุตสาหกรรม การพัฒนาสาธารณูปโภคกับประเทศเพื่อนบ้านในกลุ่มน้ำโขง (ลาว เวียดนาม จีน กัมพูชา)

3. การเคลื่อนย้ายการลงทุนจะมีมากขึ้น อาจมีสาเหตุจากการหาแรงงานต้นทุนที่ถูกกว่า ซึ่งตลาดลุ่มน้ำโขงเป็นตลาดขนาดใหญ่และมีกำลังการบริโภคสูง และนำไปสู่การเคลื่อนย้ายแรงงาน/ประชากรในอนาคต

4. พื้นที่เกษตรลดลง และพื้นที่เมืองจะขยายตัวมากขึ้น ระบบผังเมืองและการบังคับใช้ผังเมืองยังไม่ครอบคลุม พื้นที่อุตสาหกรรมขยายตัวเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่เพิ่มตามการซื้อที่ดินผ่านระบบนายหน้า แต่ไม่ได้พิจารณาที่ระบบ logistics

5. ทำอย่างไรเพื่อให้เกิดการปรับตัวในภาคการเกษตร เช่น ถ้าไม่สามารถผลิตข้าวได้มากขึ้น ด้วยการเกษตรแบบดั้งเดิม ต้องมองที่การบริหารจัดการเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากการเกษตรพึ่งพาดินและน้ำ หรือการใช้เทคโนโลยีวิทยาศาสตร์และการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและมูลค่าทางการเกษตร เช่น ปลูกข้าวอย่างไรให้ได้ราคาสูงขึ้น อาจจะดูตัวอย่างจาก best practice เช่น การปลูกข้าวที่ จ.ปทุมธานี

6. บริษัทมิตรผล มีสำนักวิจัยเฉพาะด้าน เกษตรกรที่ปลูกอ้อยร่วมกับมิตรผล พบว่า ได้ผลผลิตทางการเกษตรมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการในอนาคตอุตสาหกรรมเกษตรจะมีบทบาทที่สำคัญในพื้นที่จ.อุดรธานี

3.1.6 ด้านเกษตรกรกรม

1. จ.อุดรธานีเริ่มส่งออกไม้ผล แต่ย้งน้อยอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตด้านการเกษตรอื่นๆ มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งปัจจุบันมีเป็น 10,000 ไร่ โดยเป็นผลมาจากการทดลองปลูกปาล์มน้ำมันใน จ.หนองคายแล้วได้ผล แต่ปาล์มน้ำมันไม่อยู่ในนโยบายเกษตรแปลงใหญ่

2. ในปี พ.ศ. 2558 พื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้น และพื้นที่นาข้าวลดลง เพราะเริ่มมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชในพื้นที่เหมาะสม ส่วนอนาคตเกษตรกรรมมองว่ามันสำปะหลังจะมีราคาดี ส่วนราคาอ้อยในตลาดเริ่มคงที่และมีแนวโน้มลดลง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) จะส่งเสริมให้เกษตรกรเปลี่ยนแปลงการเพาะปลูกให้ปลูกพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ในระดับ S1 หรือ S2 เกษตรจังหวัดส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชตามความเหมาะสมอ้างอิงจากแผนที่ระดับความเหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจของกรมพัฒนาที่ดิน (พ.ศ.2554) โดยการให้ความรู้ความเข้าใจกับเกษตรกร พยายามให้อยู่ในเขตโซนนิ่ง แต่มีปัญหาตรงที่เกษตรกรมีพื้นที่น้อย ทำให้การเปลี่ยนแปลงเป็นไปได้ยาก

3. พื้นที่รับน้ำชลประทาน ได้แก่ อ.เมือง และ อ.กุดจับ พื้นที่อื่นไม่ได้รับในปี พ.ศ.2558 เนื่องจากประสบปัญหาภาวะภัยแล้ง ส่วนการเปลี่ยนแปลงการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร จะเปลี่ยนแปลงจาก 2 หลักใหญ่ๆ คือ นโยบายภาครัฐ และราคาตลาด สินค้าที่ส่งเสริมภาวะสุขภาพดีจะมีโอกาสเจริญเติบโตในอนาคต

4. การเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำและการใช้ที่ดินในปีที่ผ่านมา พบว่าน้ำจากลุ่มน้ำห้วยหลวงมีความสำคัญต่อการอุปโภคบริโภคในอ.เมืองอุดรธานีมาก ภาคเกษตรสามารถหาแหล่งน้ำรอบบ้านหรือในพื้นที่ข้างเคียงได้ แต่เมื่อถึงฤดูสาหร่ายจะกระทบมากกว่าถ้าเกิดภัยแล้ง

5. เกษตรอินทรีย์ในจังหวัดที่มีความหลากหลาย ตามแนวทางเกษตรมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน

3.1.7 ด้านประชากรและการตั้งถิ่นฐาน

1. ปัจจุบันอายุเกษตรกรเพิ่มขึ้น ในอนาคตจะมีผลต่อการเกษตร ปัญหาที่ตามมาคือ ลูกหลานเกษตรกรจะเป็นอย่างไร คนรุ่นใหม่ไม่ชอบทำเกษตร ทำให้รูปแบบและพื้นที่ทำการเกษตรเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น เปลี่ยนให้นายทุนเช่าแทน แนวโน้มเป็นเกษตรแปลงใหญ่เพิ่มขึ้น?

2. จำนวนประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแน่นอน ต้องให้ความสำคัญเรื่องสาธารณูปการ สร้างคุณภาพชีวิตที่ดี ปลอดภัย ประชากร ตามทะเบียนบ้านลดลง (15 ปีย้อนหลัง) และไปอยู่ที่เทศบาล หรือองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) รอบเมือง เพราะเมืองขยาย แต่ประชากรแฝง ยังไม่มีตัวเลข (ตามทฤษฎีคือเท่าตัว)

3. สาเหตุที่คนอพยพมาจังหวัดอุดรธานี เนื่องจากสภาพแวดล้อมของประเทศเพื่อนบ้านยังไม่พร้อม นักลงทุนจึงหันมาลงทุนในจังหวัดที่ตั้งอยู่ใกล้แนวชายแดนของประเทศไทย ทำให้มีการย้ายฐานแรงงาน อาจเป็นไปได้ว่าผู้ลงทุนรอให้ประเทศเพื่อนบ้านพร้อมกว่านี้ จะเกิดการย้ายฐานการผลิต จะต้องมีการปรับเปลี่ยนตามกติกาของอาเซียน ฐานการผลิตจะย้ายไปในลาว เวียดนาม (นักลงทุนย้ายไปด้วยเหตุผลด้านการตลาดและค่าแรง) ก็จะทำให้จำนวนคนหรือแรงงานในจ.อุดรธานีลดลง

4. เห็นด้วยกับภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ REG เพราะภาครัฐฯ มองการพัฒนาจังหวัดในระยะยาว ทำให้ต้องเปิดเสรีแรงงาน เพื่อให้เกิดการเข้ามาของแรงงานมาชดเชยสังคมผู้สูงอายุ

5. เมื่อพิจารณาแรงงานภาคอุตสาหกรรม พบว่า ประชากรจากเพื่อนบ้าน (ประเทศลาว และกัมพูชา) นิยมมาทำงานในโรงงานจังหวัดชายแดนไทย แต่นิยมไปทำงานที่ภาคใต้ ชลบุรี ระยอง กทม และปริมณฑลมากกว่า

3.1.8 ด้านแหล่งน้ำ

1. ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบที่ 3 GG เหมาะสมแล้ว เพราะการจัดการน้ำของจ.อุดรธานีได้มีการสำรวจพบว่ามีแหล่งน้ำใต้ดินระดับความลึก 1 เมตร มีแหล่งน้ำสามารถเลี้ยงคนอุดรได้ จากประวัติศาสตร์ เมืองอุดรฯ สร้างเพราะมีความสมบูรณ์ของน้ำ มีหนองน้ำล้อมรอบ เช่น ประจักษ์ และบ้านเชียง

2. ภาคเอกชนผลักดันโครงการผันน้ำจากแม่น้ำโขง เพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม น่าจะมีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก เช่น การขุดลอก การทำคลองไส้ไก่ การส่งเสริมให้ชาวบ้านมีแหล่งน้ำของตนเองในพื้นที่เกษตร ตามทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียง (น้ำ ที่พัก พืชยืนต้น พืชล้มลุก) ให้มีกินและมีรายได้ตลอดปี และแต่ละจุดจะเป็นจุดกักเก็บน้ำ เพิ่มน้ำต้นทุนมากขึ้น

3. ปริมาณการขุดบ่อ ยังไม่ทันกับความต้องการของชาวบ้าน จะมีการขุดลอกแหล่งน้ำขนาดเล็ก และมีขุดสระน้ำประจำไร่นา ปีละประมาณ 600-2,000 บ่อ เช่น ปีที่ผ่านมาประมาณ 2,300 บ่อ พื้นที่ต้นน้ำ (เช่น อำเภอกุดจับ) มีการขุดบ่อ เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งให้เกษตรกรได้ส่วนหนึ่ง การขุดขึ้นกับงบประมาณจากรัฐบาล

3.1.9 ภาคอุตสาหกรรม

1. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานเหมืองแร่ กำลังศึกษา เหมืองโปแตช จากการศึกษา พบว่า มีข้อเปรียบเทียบที่
อ.บำเหน็จณรงค์ ชัยภูมิ ไร่ 5,000 ไร่ แต่อุดร ไร่ 1,500 ไร่ ซึ่งตามโครงสร้างการทำเหมืองแร่ ต้องใช้พื้นที่

มากกว่า 1,500 ไร่ เพราะต้องมีพื้นที่สำหรับโรงงานไฟฟ้า (ผลิตน้ำร้อนในการขุดแร่) โรงงานแต่งแร่ (ทำปุ๋ย ทำสารประกอบวัตถุเคมี) โรงเก็บแร่ ถ้าพิจารณาแนวโน้มจากการรับฟังเสียงจากประชาชน น่าจะเกิดยาก แต่เรื่องการตัดสินใจในปัจจุบัน ขึ้นกับกระทรวงอุตสาหกรรมและรัฐบาล พื้นที่หลักที่น่าจะเกิดเหมือง เช่น อำเภอนอง ประจักษ์

2. ส่วนการยอมรับและไม่ยอมรับจากภาคประชาชน เรื่องการเปิดเหมืองไม่ใช่ข้อยุติ แต่ถ้าบริษัทสามารถทำการชี้แจงกับส่วนที่ไม่เห็นด้วยและไม่ออกเสียง ก็อาจจะสามารถสร้างเหมืองแร่ไปแต่ชได้ในอนาคต

3. ฝ่ายคัดค้านการสร้างเหมืองไม่ได้กังวลเรื่องการพัฒนา แต่ห่วงเรื่องผลกระทบ จากการบอกข้อมูลไม่ครบถ้วนของผู้ประกอบการ ซึ่งสร้างความเสียหายต่อชีวิตและสุขภาพของประชาชน แต่ถ้าอุตสาหกรรมโปร่งใส ดูแลสิ่งแวดล้อม คนในพื้นที่ได้งานทำ ชาวบ้านไม่คัดค้าน เพราะคนในพื้นที่กลัวผลกระทบ แต่ชอบการพัฒนา และประชาชนเรียนรู้จากบทเรียนที่มีมาก่อน เช่น เหมืองทองที่เลย เหมืองที่ชัยภูมิ เหมืองแม่เมาะ

3.1.10 ด้านการท่องเที่ยว

1. ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ REG ยังขาดเรื่องการท่องเที่ยวในจ.อุดรธานี โดยเป็นลักษณะแบบผสมผสาน คือมีการท่องเที่ยวธรรมชาติ ศาสนา ศิลปวัฒนธรรม และท่องเที่ยวแบบฉาบฉวย (มาซื้อของตามร้านค้า) ภาคอีสานมีเอกลักษณ์การท่องเที่ยว มีการจัดตั้งศูนย์ท่องเที่ยว เพื่อจัดการท่องเที่ยวเมือง ระบบขนส่งไปจุดต่างๆ เช่น จัดเส้นทางรถราง เชื่อมต่อแหล่งท่องเที่ยว สินค้าท้องถิ่น อาหารท้องถิ่น เช่น บ้านโน นาสมาคมผู้สูงอายุมาทอดผ้า และให้นักท่องเที่ยวลงไปใช้บริการ

2. ในอนาคตการท่องเที่ยวจะเติบโต เพราะความมีอารยธรรมท่องเที่ยว และน่าจะขายได้มาก เพราะมีสถานที่สำคัญ เช่น มรดกโลกบ้านเชียง วัดจำนวนมาก และสถานที่ฝึกปฏิบัติธรรมทางศาสนา

3. เน้นการท่องเที่ยวแบบ MICE M (Meeting เป็นที่มาพบปะสังสรรค์ ประชุม) I (Incentive พาคนมาเที่ยวเพื่อให้รางวัลการทำงาน) C (Convention ให้คนมาจัดประชุมวิชาการ) E (Expo การจัดแสดงสินค้า การจัด world expo) City ซึ่งปัจจุบันไทยมี 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ขอนแก่น สงขลา และกรุงเทพฯ โดยจังหวัดอุดรธานีได้เสนอตัวขอเป็นจังหวัด MICE พร้อม จ.เชียงราย เพื่อการเชื่อมโยงสิ่งอำนวยความสะดวกอุดรธานีกับแหล่งท่องเที่ยว เพราะคนทำตลาดให้คือ MICE แต่จังหวัดต้องบูรณาการจัดการในจังหวัดให้ได้

4. ต้องดูแลนักท่องเที่ยวหลายมิติ เพราะมีนักท่องเที่ยวหลายเชื้อชาติ ทั้ง จีน ยุโรป ฯลฯ ทั้งนี้จังหวัดอุดรธานีมีศักยภาพแต่ต้องพัฒนานคนและแหล่งท่องเที่ยวให้มีมาตรฐานสากล ต้องมีการทำแผนแม่บทการท่องเที่ยวทะเลบัวแดง การคมนาคมเพื่อมาท่องเที่ยวที่จ.อุดรธานีสะดวก มีเส้นทางเที่ยวบินมาก และถูก มีเส้นทางอุดร-พัทยา

3.1.11 ด้านคมนาคม

1. การพัฒนาเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจเชื่อมตะวันออกและตะวันตก (East-west corridor) จะทำให้มีการพัฒนาหรือขยายเส้นทางคมนาคมทางถนนในจังหวัดอุดรธานีเพื่อเชื่อมต่อเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจ โครงข่ายคมนาคมทางถนนมีการขยายตัวและเชื่อมต่อกันมากขึ้น

2. การพัฒนารถไฟความเร็วสูงกรุงเทพ-โคราช-หนองคาย จะทำให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจมาก เพราะรถไฟความเร็วสูงจะมีสถานีที่จังหวัดอุดรธานีด้วย จะทำให้คาดว่าจะมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบคมนาคมในจังหวัด เพื่อเชื่อมโยงกับแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงในอนาคต

3. อยากให้คณะผู้วิจัย พิจารณาถึงการพัฒนาเส้นทางคมนาคมทางบกและทางรถไฟเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทางคมนาคมจากประเทศเพื่อนบ้าน เนื่องจากในอนาคต AEC จะทำให้เกิดพัฒนาและปรับปรุงเส้นทางคมนาคม เพื่ออำนวยความสะดวกในด้านการค้าขาย และการเดินทาง

4. ระบบรางรถไฟเดิมพัฒนาค่อนข้างช้า ในอนาคตการพัฒนาระบบรถไฟความเร็วสูง อาจจะทำให้ระบบรถไฟธรรมดามีการปรับปรุงให้ดีขึ้น และทันสมัยมากขึ้น





ภาพที่ 10 การจัด workshop เพื่อนำเสนอภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคต กลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

3.1.12 ภาพฉายการใช้ที่ดินกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

หลังจากกระบวนการการประชุมเชิงปฏิบัติการแล้ว ภาพฉายการใช้ที่ดินกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาขึ้นโดยมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า โมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ทั้ง 3 ภาพฉาย ได้แก่ REG, BAU และ GG ดังแสดงในตารางที่ 7 ตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย REG ของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านการคมนาคมขนส่ง - มีการสร้างถนนเพิ่มขึ้นเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทาง ระเบียงเศรษฐกิจ	แนวระเบียงเศรษฐกิจ ASEAN Hub (East-west corridor) ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่เมืองทั้งในภาคที่อยู่อาศัย ศูนย์การค้า หมู่บ้าน ตลอดจนการขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน สถานีราชการ สนามบิน เพื่อรองรับการเจริญเติบโต	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 10 % พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 5 %
	มีการสร้างนิคมอุตสาหกรรมในบริเวณลุ่มน้ำห้วยหลวง เช่น การสร้างเหมืองโปแตช	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 15 %
ด้านการเกษตร - มีการปลูกพืชในพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเกษตร ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง - แผนที่กลุ่มดิน	1. นโยบายการส่งเสริมการปลูกพืชอาหาร/ การเป็นครัวโลก 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15 % พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10 % พื้นที่มันสำปะหลังลดลง 10 % พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10 %
	1. ยุทธศาสตร์ที่ส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร (Agro-industry) ในการเป็นฐานทรัพยากรด้านพลังงาน 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่ 3. ขกระดับมาตรฐานการผลิตและการแปรรูป	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 15% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 15% พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 15% พื้นที่ปลูกพืชพลังงานเพิ่มขึ้น 20 %

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านการเกษตร	1.นโยบายเกษตรแปลงใหญ่ (Large Patch) ส่งเสริมการปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง 2.ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10 % พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 20%
ด้านอุตสาหกรรม - พื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช - พื้นที่ที่ไม่ใช่อ้อย มันสำปะหลัง/ เมือง/ อุทยานแห่งชาติ/ ป่าไม้ - นิคมอุตสาหกรรมใกล้เขตอุตสาหกรรมเดิม	การให้สัมปทานเหมืองแร่โปแตช ส่งผลให้มีการเปลี่ยนพื้นที่เพื่อรองรับการสร้างเหมืองโปแตช โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีศักยภาพ และพื้นที่ใกล้เคียง	พื้นที่อุตสาหกรรม) เพิ่มขึ้น 5% บริเวณพื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช
	การส่งเสริมอุตสาหกรรม Agro-industry	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 10%
	การสร้างนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นที่อุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่ เช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพืชพลังงาน ที่สอดคล้องกับแผนปฏิรูปพลังงาน	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 10%

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านทรัพยากรน้ำและป่าไม้	1. ส่งเสริมให้มีการเพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำสำรองเพื่อรองรับพื้นที่เพาะปลูกเพื่อเป็นแหล่งน้ำให้กับพื้นที่เกษตรตามนโยบายเกษตรอุตสาหกรรม และ/หรือครัวโลก 2. การเตรียมพร้อมรับมือต่อการเกิดภัยแล้งในอนาคต โดยมีการสร้างแหล่งน้ำขนาดเล็กและระบบชลประทานให้กระจายและครอบคลุมในพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้ง	พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพิ่มขึ้น 5 %
	การขยายตัวของพื้นที่เมืองและอุตสาหกรรมส่งผลให้มีการสร้างแหล่งน้ำรองรับการอุปโภคและบริโภค แต่ยังคงรักษาพื้นที่ป่าไม้ให้คงที่ตามนโยบายการรักษาพื้นที่อนุรักษ์ของประเทศไทย	พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพิ่มขึ้น 3 % พื้นที่ป่าไม้คงที่

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย BAU ของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านการคมนาคมขนส่ง - มีการปรับปรุงระบบ คมนาคมขนส่งทางถนน	แนวระเบียงเศรษฐกิจ ASEAN Hub (East-west corridor) ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่เมืองทั้งในภาคที่อยู่อาศัย ศูนย์การค้า หมู่บ้าน ในระดับเดียวกับการเจริญเติบโตแบบ REG แต่การขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน สถานีราชการ สนามบิน เพื่อรองรับการเจริญเติบโต	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 10 % พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 2 %
	การสร้างนิคมอุตสาหกรรมขนาดกลาง มีในบางอุตสาหกรรมเช่นอุตสาหกรรมเกษตรที่เกี่ยวข้องกับพืชพลังงาน	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 5 %
ด้านการเกษตร - พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา - พื้นที่เสี่ยงต่อการทำเกษตร (น้ำท่วม, ภัยแล้ง และดินถล่ม)	1. นโยบายการส่งเสริมการปลูกพืชอาหาร/การเป็นครัวโลก 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15% พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10% พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลดลง 10% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10%
	1. ยุทธศาสตร์ที่ส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตรในการเป็นฐานทรัพยากรด้านพลังงาน 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่ 3. ขระคัฒมาตรฐานการผลิตและแปรรูป	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 15% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10 % พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10% พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%
	1. นโยบายเกษตรแปลงใหญ่ 2. ส่งเสริมการปลูกข้าวพืชอาหารหรือส่งเสริมการปลูกพืชพลังงานทำให้อ้อยมีราคาสูงขึ้น 3. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 15% พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 20% พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)	1. ประชากรเพิ่มขึ้น 2. นโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจโดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและส่งเสริมการค้าการลงทุน	พื้นที่เมืองประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่เมืองประเภทที่ 2 เพิ่มขึ้น 2 %
ด้านอุตสาหกรรม - พื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช - พื้นที่ที่ไม่ใช่อ้อย มันสำปะหลัง/ เมือง/ อูทยานแห่งชาติ/ ป่าไม้ - พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ	การให้สัมปทานเหมืองแร่โปแตช	พื้นที่เมือง (อุตสาหกรรม) เพิ่มขึ้น 5 % บริเวณพื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช
	การส่งเสริมอุตสาหกรรม Agro-industry	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 5 %
	นิคมอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 5 %
ด้านทรัพยากรน้ำและป่าไม้	1. ส่งเสริมให้มีการเพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำสำรองเพื่อรองรับพื้นที่เพาะปลูกเพื่อ supply พื้นที่เกษตรตามนโยบาย agroindustry และ/หรือครัวโลก 2. การเตรียมพร้อมรับมือต่อการเกิดภัยแล้งในอนาคต	พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เพิ่มขึ้น 10%
	การขยายตัวของพื้นที่เมืองและอุตสาหกรรม	พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เพิ่มขึ้น 5%
	การส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ	พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 3 %

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าโมเดล แรงขับเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2585 ภาพฉาย GG ของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านการคมนาคมขนส่ง - มีการสร้างถนนเพิ่มขึ้นเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทาง ระเบียงเศรษฐกิจ	แนวระเบียงเศรษฐกิจ ASEAN Hub (East-west corridor)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 5 % พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 3 %
	ไม่เกิดนิคมอุตสาหกรรม	พื้นที่อุตสาหกรรมคงที่
ด้านการเกษตร - พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเกษตร เช่น อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา - พื้นที่เสี่ยงต่อการทำเกษตร (น้ำท่วม, ภัยแล้ง และดินถล่ม)	1. นโยบายการส่งเสริมการปลูกพืชอาหาร/ การเป็นครัวโลก 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 20% พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10% พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลดลง 10% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 5%
	1. ยุทธศาสตร์ที่ส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตรในการเป็นฐานทรัพยากรด้านพลังงาน 2. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 5% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 5% พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 5% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 5% พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%
	1. นโยบายเกษตรแปลงใหญ่ 2. ส่งเสริมการปลูกข้าวพืชอาหารหรือส่งเสริมการปลูกพืชพลังงานทำให้อ้อยมีราคาสูงขึ้น 3. ส่งเสริมการทำเกษตรตามความเหมาะสมของพื้นที่ 4. Extensive farming	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10% พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10%
ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)	1. ประชากรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีการย้ายถิ่นฐานกลับภูมิลำเนามากขึ้น	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 5 % พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 3 %

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้าโมเดล	แรงขับเคลื่อน (Driving forces)	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
ด้านอุตสาหกรรม - พื้นที่ศักยภาพแร่โปแตช - พื้นที่ที่ไม่ใช่ฮอย มั่น สำปะหลัง/ เมือง/ อุทยาน แห่งชาติ/ ป่าไม้ - พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ	ไม่มีเหมืองโปแตชเกิดขึ้น	พื้นที่อุตสาหกรรมคงที่
	การส่งเสริมอุตสาหกรรม Agro-industry	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 3%
	การขยายตัวของอุตสาหกรรม	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 3%
ด้านทรัพยากรน้ำและป่าไม้	1. ส่งเสริมให้มีการเพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำ สำรองเพื่อรองรับพื้นที่เพาะปลูกเพื่อ supply พื้นที่เกษตรตามนโยบาย agroindustry และ/หรือ ครัวโลก 2. การเตรียมพร้อมรับมือต่อการเกิด ภัยแล้งในอนาคต	พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เพิ่มขึ้น 15%
	การส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟู ทรัพยากรธรรมชาติ	พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 10 %

3.1.13 การกำหนดระดับความสำคัญของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าหลัก และยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

การกำหนดระดับความสำคัญของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าหลัก และยุทธศาสตร์และนโยบายที่เกี่ยวข้องใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Ideal point (อธิบายในบทที่ 2) เพื่อกำหนดระดับความสำคัญให้กับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า (ค่าถ่วงน้ำหนักหลัก) และนโยบาย/ยุทธศาสตร์ (ค่าถ่วงน้ำหนักรอง) ภายใต้สมมติฐานที่ว่าภาพฉายการใช้ที่ดินแต่ละประเภทนั้น จะมีความสำคัญของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า และนโยบาย/ยุทธศาสตร์ไม่เท่ากัน เช่น ภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่ (GG) จะให้ความสำคัญกับกิจกรรมด้านการเกษตรและทรัพยากรป่าไม้มากกว่ากิจกรรมด้านอุตสาหกรรม และการขยายตัวของเมืองเป็นต้น ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักหลักและรอง ของภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ REG แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย REG

ตัวแปร/ปัจจัย นำเข้าแบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนักรอง (Sub-criteria weight)	การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการคมนาคม ขนส่ง	0.4	แนวระเบียง เศรษฐกิจ (0.7)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่ม 10%	+2.8
			พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่ม 5%	+1.4
		นิคมอุตสาหกรรม (0.3)	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 15%	+1.8
ด้านการเกษตร	0.15	ครัวโลก (0.5)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15 %	+1.125
			พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10 %	-0.75
			พื้นที่มันสำปะหลังลดลง 10 %	-0.75
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10 %	-0.75
		พืชพลังงาน (0.4)	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 15%	-0.9
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 15%	+0.9
			พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10%	+0.6
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 15%	-0.9
			พื้นที่ปลูกพืชพลังงานเพิ่มขึ้น 20 %	+1.2
		เกษตรแปลงใหญ่ (0.1)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 10%	+0.15
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10%	+0.15
			พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10 %	+0.15
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 20%	-0.3

ตัวแปร/ปัจจัย นำเข้าแบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนักรอง (Sub-criteria weight)	การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)	0.2	การเคลื่อนย้าย แรงงานและการ ขยายระบบ สาธารณูปโภค (1)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 20% พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 5%	+4 +1
ด้านอุตสาหกรรม	0.2	เหมืองโปแตช (0.2)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.2
		Agroindustry (0.5)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 10%	+1
		นิคมอุตสาหกรรม (0.3)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 10%	+0.6
ด้านทรัพยากรน้ำ และป่าไม้	0.05	การขยายตัวของ แหล่งน้ำ (0.7)	พื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 5%	+0.175
		การขยายตัวของ เมือง (0.3)	พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 3%	+0.045

สำหรับภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ BAU จะเน้นการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาระบบการคมนาคมขนส่งแบบค่อยเป็นค่อยไป เน้นการปรับปรุงระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักหลักและน้ำหนักรองของภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ BAU ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย BAU

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนัก รอง (Sub- criteria weight)	การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการคมนาคม ขนส่ง	0.2	แนวระเบียง เศรษฐกิจ (0.5)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่ม 10%	+1
			พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่ม 2%	+0.2
		นิคม อุตสาหกรรม (0.5)	พื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น 15%	+1.5
ด้านการเกษตร	0.5	ครัวโลก (0.7)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15%	+5.25
			พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10%	-3.5
			พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลดลง 10%	-3.5
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10%	-3.5
		พืชพลังงาน (0.1)	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 15%	-0.75
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10%	+0.5
			พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10 %	+0.5
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10%	-0.5
			พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%	+0.5
		เกษตรแปลงใหญ่ (0.2)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15%	+1.5
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 15%	+1.5
			พื้นที่มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10%	+1
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 20%	-2
			พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%	+1

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนักรอง (Sub-criteria weight)	การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)	0.1	การเคลื่อนย้าย แรงงานและการ ขยายระบบ สาธารณูปโภค (1)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 10% พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 2%	+1 +0.2
ด้านอุตสาหกรรม	0.1	เหมือง โปแตช (0.1)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.05
		Agroindustry (0.7)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.35
		นิคมอุตสาหกรรม (0.2)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.1
ด้านทรัพยากรน้ำ และป่าไม้	0.1	การขยายตัวของ แหล่งน้ำ (0.6)	พื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 10%	+0.6
		การขยายตัวของ เมือง (0.2)	พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 5%	+0.1
		ปลูกป่า (0.2)	พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 3%	+0.06

ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบเมืองน่าอยู่หรือ GG จะเน้นการส่งเสริมการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาอย่างยั่งยืน ค่าถ่วงน้ำหนักหลักและรอง แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉาย GG

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนัก รอง (Sub- criteria weight)	การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการคมนาคม ขนส่ง	0.1	แนวระเบียง เศรษฐกิจ (1)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่ม 5%	+0.5
			พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่ม 3%	+0.3
		ไม่เกิดนิคมอุตสาหกรรม		
ด้านการเกษตร	0.3	ครัวเรือน (0.6)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 15%	+2.7
			พื้นที่ปลูกอ้อยลดลง 10%	-1.8
			พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลดลง 10%	-1.8
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 5%	-0.9
		พืชพลังงาน (0.2)	พื้นที่ปลูกข้าว ลดลง 5%	-0.3
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 5%	+0.3
			พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 5%	+0.3
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 5%	-0.3
			พื้นที่พืชพลังงานเพิ่มขึ้น 10%	+0.6
		เกษตรแปลง ใหญ่ (0.2)	พื้นที่ปลูกข้าว เพิ่มขึ้น 10%	+0.6
			พื้นที่ปลูกอ้อย เพิ่มขึ้น 10%	+0.6
			พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 10%	+0.6
			พื้นที่ปลูกยางพาราลดลง 10%	-0.6

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก หลัก (Main weight)	ค่าถ่วงน้ำหนักรอง (Sub-criteria weight)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)	0.1	การเคลื่อนย้าย แรงงานและการ ขยายระบบ สาธารณูปโภค (1)	พื้นที่เมืองประเภท 1 เพิ่มขึ้น 5% พื้นที่เมืองประเภท 2 เพิ่มขึ้น 3%	+0.5 +0.3
ด้านอุตสาหกรรม	0.1	ไม่มีเหมืองโปแตซ	ไม่มีเหมืองโปแตซ	
		Agroindustry (0.8)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.4
		นิคมอุตสาหกรรม (0.2)	พื้นที่อุตสาหกรรม เพิ่มขึ้น 5%	+0.1
ด้านทรัพยากรน้ำ และป่าไม้	0.4	การขยายตัวของ แหล่งน้ำ (0.5)	พื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 15%	+3
		ปลูกป่า (0.5)	พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 10%	+2

เมื่อพิจารณาตารางที่ 10 ตารางที่ 11 และตารางที่ 12 สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงร้อยละการใช้ที่ดินแต่ละประเภทภายใต้ภาพฉายที่แตกต่างกัน 3 ภาพฉายโดยมีนโยบายที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและปัจจัยนำเข้าทั้ง 5 ตัวแปร ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สรุปค่าถ่วงน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภาพฉายทั้ง 3 ประเภท

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้า	ค่าถ่วงน้ำหนัก รอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก			การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน			นโยบายที่เกี่ยวข้อง
		REG	BAU	GG	REG	BAU	GG	
1. ด้านการคมนาคมขนส่ง		0.4	0.2	0.1				นโยบายแนว
1.1	แนวระเบียบ เศรษฐกิจ	0.7	0.5	1.0	เมือง 1	เมือง 1	เมือง 1	ระเบียบเศรษฐกิจ ส่งผลกับภาพฉาย REG, BAU ที่จะมี การขยายตัวของ พื้นที่เมือง ทั้ง 2 ประเภทและ รองรับพื้นที่ อุตสาหกรรม
					+10%	+10%	+5%	
					เมือง 2	เมือง 2	เมือง 2	
					+ 5%	+ 2%	+ 3%	
1.2	นิคม อุตสาหกรรม	0.3	0.5	0.0	อุตสาหกรรม	อุตสาหกรรม		
					+ 15%	+ 15%		
2. ด้านการเกษตร		0.15	0.5	0.3				นโยบายการ
2.1	ครัวโลก	0.5	0.7	0.6	ข้าว	ข้าว	ข้าว	ส่งเสริมครัวไทยสู่ ครัวโลกทำให้ทุกๆ ภาพฉายมีการ ส่งเสริมให้ปลูก ข้าวมากขึ้นและ การเพาะปลูกใน ประเภทอื่นๆ ลดลง
					+15%	+15%	+15%	
					อ้อย	อ้อย	อ้อย	
					-10%	-10%	-10%	
					มัน	มัน	มัน	
					-10%	-10%	-10%	
					ยาง	ยาง	ยาง	
					-10%	-10%	-5%	
2.2	พืชพลังงาน	0.4	0.1	0.2	ข้าว	ข้าว	ข้าว	นโยบายการ ส่งเสริมการปลูก พืชพลังงาน พื้นที่ เหมาะสมต่อการ ปลูก อ้อย มัน สำปะหลัง เพิ่มขึ้น
					-15%	-15%	-5%	
					อ้อย	อ้อย	อ้อย	
					+10%	+10%	+5%	
					มัน	มัน	มัน	
					+10%	+10%	+5%	
					ยาง	ยาง	ยาง	
					-15%	-10%	-5%	

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก รอง	ค่าถ่วงน้ำหนักของ ภาพฉาย			การเปลี่ยนแปลง การใช้ที่ดิน			นโยบายที่เกี่ยวข้อง
		REG	BAU	GG	REG	BAU	GG	
					พืช พลังงาน +20%	พืช พลังงาน +10%	พืช พลังงาน +10%	ในขณะที่พื้นที่ปลูก ข้าวและยางพารา จะมีแนวโน้มลดลง
2.3	เกษตรแปลง ใหญ่	0.1	0.2	0.2	ข้าว +10%	ข้าว +15%	ข้าว +10%	นโยบายเกษตร แปลงใหญ่ ส่งเสริม ให้มีการปลูกข้าว อ้อย และมัน สำปะหลังเพิ่มขึ้น ตามลักษณะความ เหมาะสมของพื้นที่ โดย มีพื้นที่การ ปลูกยางพาราลดลง ในทุกๆ ภาพฉาย
					อ้อย +10%	อ้อย +15%	อ้อย +10%	
					มัน +10%	มัน +10%	มัน +10%	
					ยาง -20%	ยาง -20%	ยาง -10%	
						พืช พลังงาน +10%		
3.ด้านการตั้งถิ่นฐาน (พื้นที่เมือง)		0.2	0.1	0.1				การเคลื่อนย้าย แรงงานต่างถิ่นเข้า มามากขึ้นภาพฉาย REG จะมีความ ต้องการด้าน แรงงานมากกว่า ภาพฉาย BAU และ จะทำให้พื้นที่เมือง และพื้นที่ อุตสาหกรรม ขยายตัวเพิ่มขึ้น
3.1	การเคลื่อนย้าย แรงงานและ ขยายระบบ สาธารณูปโภค	1	1	1	เมือง 1 +15%	เมือง 1 +10%	เมือง 1 +5%	
					เมือง 2 +3.75%	เมือง 2 +2%	เมือง 2 +3%	

ตัวแปร/ ปัจจัยนำเข้า แบบจำลอง	ค่าถ่วงน้ำหนัก รอง	ค่าถ่วงน้ำหนักของ ภาพฉาย			การเปลี่ยนแปลง การใช้ที่ดิน			นโยบายที่เกี่ยวข้อง
		REG	BAU	GG	REG	BAU	GG	
4.ด้าน อุตสาหกรรม	0.2	0.1	0.1					
4.1	เหมืองโปแตช	0.2	0.1	0.0	อุตสาหกรรม +5%	อุตสาหกรรม +5%		ภาพฉาย REG จะ ส่งเสริมให้มีการ สร้างเหมืองโปแตช ในกลุ่มน้ำห้วยหลวง นำไปใช้ใน อุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป
4.2	Agroindustry	0.5	0.7	0.8	อุตสาหกรรม +10%	อุตสาหกรรม +5%	อุตสาหกรรม +5%	
4.3	นิคม อุตสาหกรรม	0.3	0.2	0.2	อุตสาหกรรม +10%	อุตสาหกรรม +5%	อุตสาหกรรม +5%	
5.ด้านทรัพยากรน้ำและป่าไม้		0.05	0.1	0.4				นโยบายการ
5.1	การขยายตัว ของแหล่งน้ำ	0.7	0.6	0.5	แหล่ง น้ำ +5%	แหล่ง น้ำ +10%	แหล่ง น้ำ +15%	ส่งเสริมให้มีการ เพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำ สำรองเพื่อรองรับ
5.2	การขยายตัว ของเมือง	0.3	0.2	0.0	แหล่ง น้ำ +3%	แหล่ง น้ำ +5%		ภัยแล้ง และการ เตรียมความพร้อม ต่อ Agroindustry
5.3	ปลูกป่า	0.0	0.2	0.5		ป่าไม้ +3%	ป่าไม้ +10%	และครัวโลกทำให้ มีพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นในทุกภาพ ฉาย ทั้งนี้ นโยบาย การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ ตามยุทธศาสตร์ จังหวัดส่งผลให้ พื้นที่ป่าในภาพฉาย BAU และ GG เพิ่ม มากขึ้น

จากตารางที่ 13 ได้สรุปการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละภาพฉาย ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 12 ประเภท และนำมาพิจารณาระดับความสำคัญของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า และยุทธศาสตร์/นโยบายการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2586 ดัง ตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจ.อุดรธานีปี พ.ศ.2586

Type of Land use	R (%)	Su (%)	Ca (%)	Rub (%)	Agr (ener) (%)	F (%)	U1 (%)	U2 (%)	IN (%)	W1 (%)	W2 (%)	Mis
BAU	+6	-1.5	-2	-6	+1.5	+0.06	+2.0	+0.4	+2	-	+0.7	-
REG	+0.375	+0.3	0	-1.95	+1.2	-	+5.8	+2.15	+3.6	-	+0.22	-
GG	+3	-0.9	-0.9	-1.8	+0.6	+2	+1.0	+0.6	+0.5	-	+3	-

โดยข้อมูลในตารางที่ 14 จะพบว่าภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินแบบ REG จะมีการขยายตัวของพื้นที่เมืองและอุตสาหกรรมมากที่สุด ในขณะที่ภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินแบบ BAU นั้นพบว่าพื้นที่เกษตร เช่น พืชอาหารจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมมีการขยายตัวลดลงเมื่อเทียบกับภาพฉาย REG ในขณะที่พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม่มีการขยายตัวมากที่สุดสำหรับภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ GG โดยที่ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินทั้ง 3 ภาพฉายในปี พ.ศ.2585 จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณความต้องการการใช้ที่ดิน (ตารางกิโลเมตร) ของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจ.อุดรธานี ต่อไป

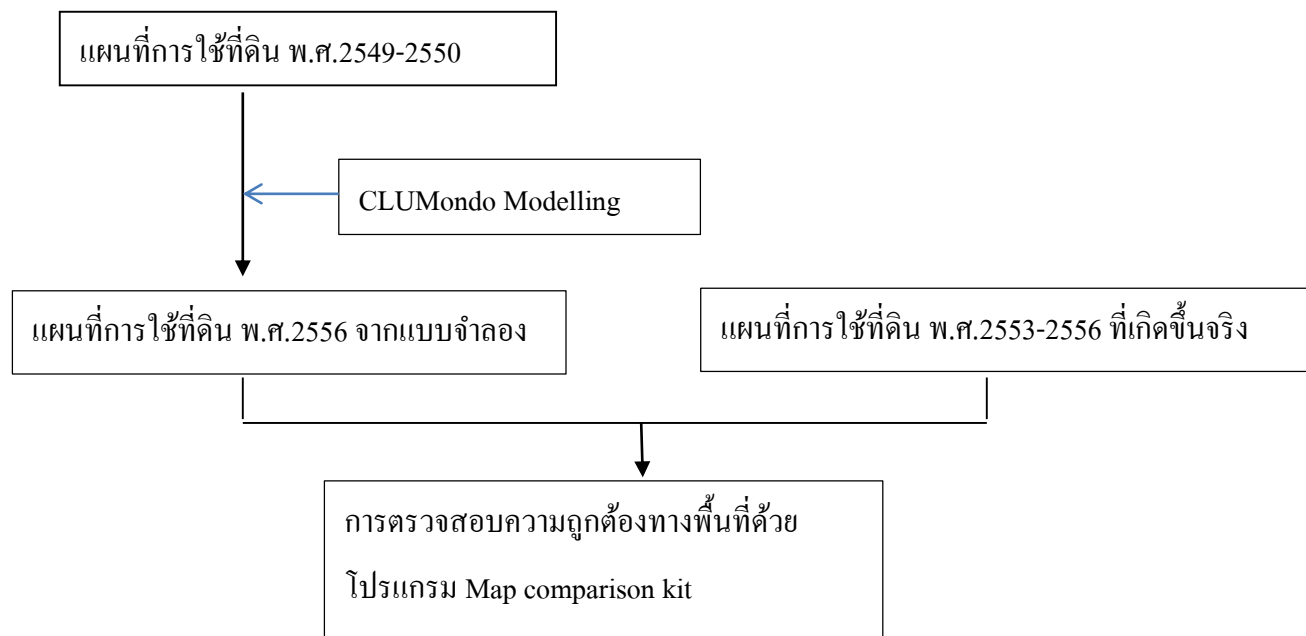
3.2 การวิเคราะห์การใช้ที่ดินตามเรื่องราว/ภาพฉายในอนาคต

3.2.1 แบบจำลอง CLUMondo

CLUMondo เป็นแบบจำลองการใช้ที่ดินที่พัฒนาโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมศึกษา หรือ Institute for Environmental Studies (IVM) ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยแบบจำลอง CLUMondo จะจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยพิจารณาความต้องการการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน ระดับความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พื้นที่ที่ไม่ต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับปัจจัย/แรงขับเคลื่อนเชิงพื้นที่ เพื่อนำไปสู่การจัดสรรการใช้ที่ดินตามที่ต้องการ แบบจำลอง CLUMondo จะมีรูปแบบการโต้ตอบกับผู้ใช้งานที่เป็นแบบ Graphic User Interface (GUI) ซึ่งพัฒนาต่อจากแบบจำลอง Clue-S ซึ่งการโต้ตอบเป็นแบบ

ผลระหว่าง GUI และการใช้คำสั่งผ่าน Text ทำให้แบบจำลอง CLUMondo สามารถใช้งานได้ง่ายกว่า Clue-S และสามารถวิเคราะห์ผลการถดถอยแบบโลจิสติกในแบบจำลองได้ โดยไม่ต้องไปวิเคราะห์ผลการถดถอยจากโปรแกรมทางสถิติชนิดอื่น เช่น SPSS

การใช้แบบจำลอง CLUMondo ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2585 โดยเปรียบเทียบกับปีฐาน (พ.ศ.2556) ของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี ต้องมีการทดสอบแบบจำลองเพื่อให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลอง CLUMondo มีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้และสามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองการใช้ที่ดิน CLUMondo ถูกออกแบบมาให้โดยมีการกำหนด parameter หรือแรงขับเคลื่อนจากกนโยบาย ปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ (biophysical) และปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม (socioeconomic) โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตเพียงอย่างเดียว ซึ่ง CLUMondo จัดเป็นแบบจำลองแบบพลวัต (dynamic) และมีความแตกต่างจากแบบจำลองการใช้ที่ดินประเภทอื่น เช่น CA-Markov ซึ่งจะจำลองการใช้ที่ดินในอนาคตโดยดูการเปลี่ยนแปลงในอดีตเป็นสำคัญ ทำให้กระบวนการในการคาดการณ์การใช้ที่ดินของแบบจำลอง CLUMondo มีความไม่แน่นอนและมีซับซ้อนมาก (Stochastic) ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองอื่นที่สามารถกำหนดรูปแบบการคาดการณ์ได้ง่ายกว่า (deterministic) โดยการทดสอบแบบจำลอง CLUMondo นั้นจะเลือกใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2549 เพื่อทำการคาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556 ภายใต้ assumption ของภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบ Business as usual (BAU) ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CLUMondo กับแผนที่การใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง ปี พ.ศ.2556

โดยได้ใช้แผนที่การใช้ที่ดินประเภท 2 จำนวน 12 ประเภทในปี พ.ศ.2549 โดยทำการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับนโยบายการส่งเสริมการเกษตรในช่วงปี พ.ศ.2547-2549 และข้อมูลสถิติเพื่อทำการคาดการณ์ความต้องการการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2556 โดยสามารถสรุปประเด็นจากการทบทวนเอกสารได้ดังแสดงในตารางที่ 15 และกำหนด land use service ในตารางที่ 16

ตารางที่ 15 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2556 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2549

ประเด็นที่สำคัญ	การเปลี่ยนแปลง	แนวโน้มจนถึงปี พ.ศ.2556
ผลิตภัณฑ์ จังหวัด (GPP) ของจังหวัดมีมูลค่า 41,947 ล้านบาท ในปี 2544 และ 51,087 ล้านบาท ในปี 2547 ตามลำดับ	% GPP สาขาการขนส่ง สถานที่เก็บสินค้า และการคมนาคม ของจังหวัดอุดรธานีมีปริมาณเพิ่มขึ้น ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2548	จะมีการขยายตัวในด้านการขนส่ง สถานที่เก็บสินค้าและการคมนาคม จังหวัดอุดรธานีมากขึ้น เมืองขยายตัวมากขึ้น
% รายได้ประชากร ต่อหัว	ในปี พ.ศ.2549 รายได้ประชากรต่อหัวเพิ่มจากปี พ.ศ.2548 ถึง 11.94 % โดยรายได้เฉลี่ยต่อคนต่อปี (per capita GRP,GPP) เพิ่มขึ้นจาก 28,127 บาท ในปี 2544 เป็น 34,564 บาท ในปี 2547	เมืองมีการขยายตัวมากขึ้น
จำนวนประชากร	มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่เข้ามาทำงานในอุดรธานีมากขึ้น	เมืองมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น
นโยบายส่งเสริมให้เป็นฐานอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภค บริโภค และผลิตสินค้าเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มประเทศอินโดจีน	มีการส่งเสริมสินค้าเกษตรแปรรูปมากขึ้น เพื่อส่งออกไปยังประเทศลาวและเวียดนาม	พื้นที่เกษตรเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในกลุ่มพื้นที่นา พืชไร่ ส่วนพื้นที่ไม้ผล และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แนวโน้มลดลง
ภาคการเกษตรมีส่วนการผลิต มูลค่า 4,313 ล้านบาท ในปี 2544 และ เพิ่มขึ้นเป็น 5,459 ล้านบาท ในปี 2546 โดยเป็นแหล่งผลิต อ้อยเป็นอันดับ 1 ของภาค ผลผลิตการเกษตร อื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพด	มีการปลูกอ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพดมากขึ้นเล็กน้อย	พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ และพื้นที่นาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
การค้าขายและการบริการ สาขาการบริการมีส่วนการผลิตสูงสุด ร้อยละ 19.72 โดยเป็นการบริการเกี่ยวกับการขนส่งสินค้า ผู้โดยสาร การเงิน ประกันภัย โทรคมนาคม สาธารณสุข บันเทิง และการศึกษา การค้าส่ง ค้าปลีก มีส่วนการผลิต ร้อยละ 17.06 ส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตร เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงสีข้าว	เมืองและอุตสาหกรรมเกษตรมีการขยายตัวในอัตราสูง	พื้นที่เมืองและอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น

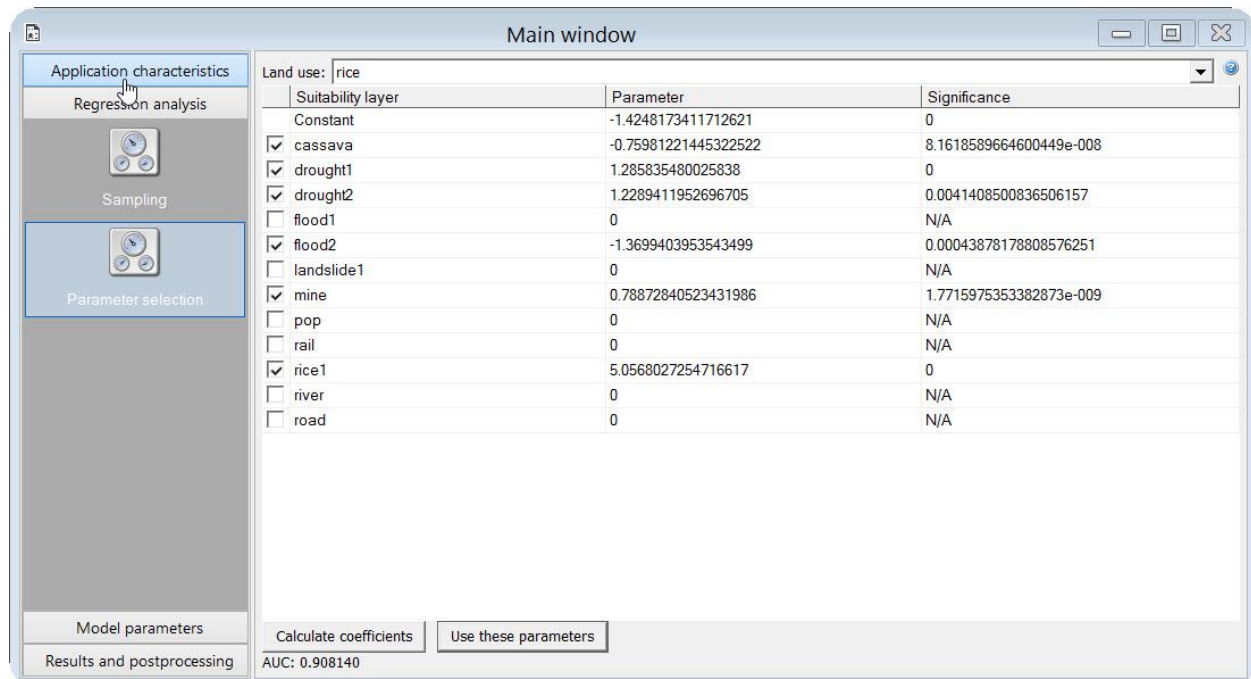
ตารางที่ 16 แสดง land use service ในลุ่มน้ำห้วยหลวง ปี พ.ศ.2549 และร้อยละการเปลี่ยนแปลง/ปี

Land use service	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของพื้นที่ต่อปี	แรงขับเคลื่อน
พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (เมือง)	0.20	- แผนที่ชุดดิน
พืชอาหาร	0.10	- ระยะห่างจากทางรถไฟ
พืชไร่	0.15	- ระยะห่างจากถนน
		- ระยะห่างจากแหล่งน้ำ
		- ความหนาแน่นประชากร

3.2.2 การวิเคราะห์การใช้ที่ดิน

(1) การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย logistic regression

เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินแต่ละประเภทและแรงขับเคลื่อนการใช้ที่ดิน (แสดงดังตารางที่ 15) โดยจะทำตาราง matrix เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนทั้งหมดภายใต้สมมติฐานที่ว่าแรงขับเคลื่อนไม่ควรจะมีความสัมพันธ์กัน (ค่า correlation ต่ำกว่า 0.8) โดยจะทำการเลือกแรงขับเคลื่อนเมื่อค่า correlation น้อยกว่า 0.8 เพื่อนำวิเคราะห์ logistic regression ต่อไป เมื่อเลือกแรงขับเคลื่อนได้แล้ว จะทำการหาค่า logistic regression ระหว่างประเภทการใช้ที่ดินแต่ละประเภทและแรงขับเคลื่อนแต่ละชนิด เพื่อกำหนด regression parameter โดยเลือกเฉพาะค่า significance ของแรงขับเคลื่อนที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 เพื่อนำไปใช้คำนวณในแบบจำลองต่อไป ดังแสดงตัวอย่างของการใช้ที่ดินเพาะปลูกข้าวกับแรงขับเคลื่อนต่างๆ ในภาพที่ 12

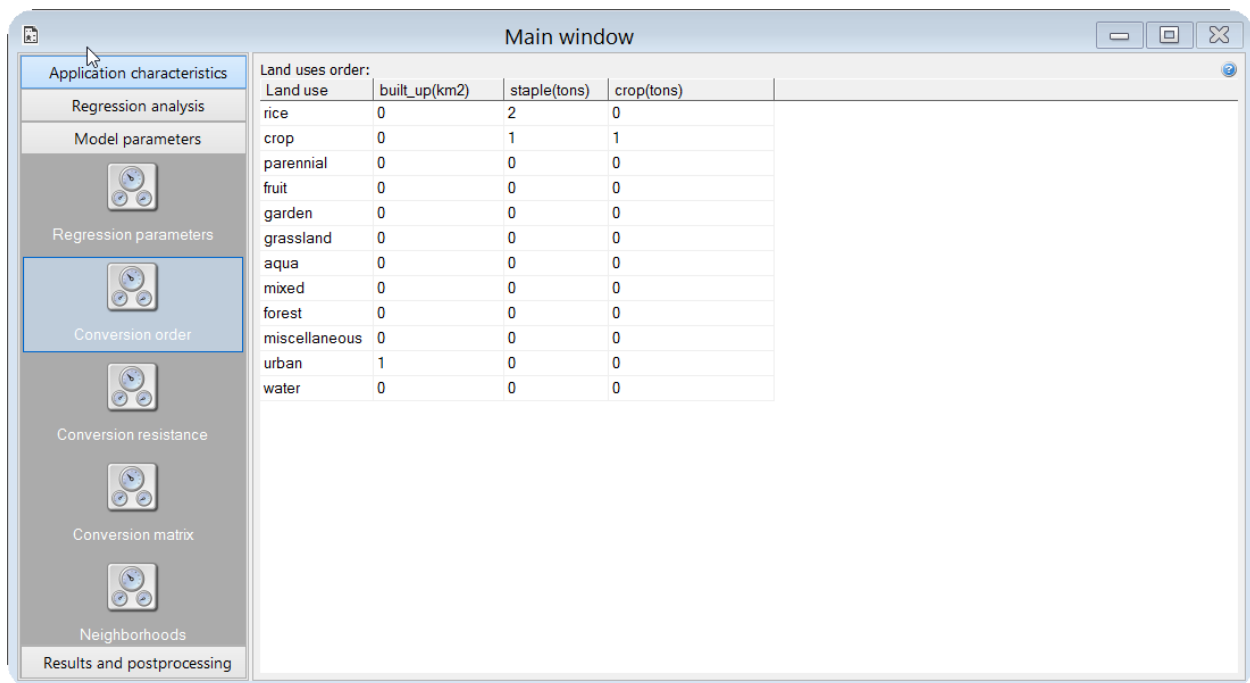


ภาพที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ logistic regression ของพื้นที่ปลูกข้าวกับแรงขับเคลื่อนต่างๆ

จากภาพที่ 13 แรงขับเคลื่อน เช่น พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับ 1 และ 2 พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมระดับ 2 และพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวระดับ 1 จะมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินเพื่อปลูกข้าว โดยค่า AUC มีค่า 0.90 ซึ่งแสดงว่า parameter ที่เอาไปใช้ในการวิเคราะห์มีความเหมาะสมมาก

(2) การกำหนดลำดับของการเปลี่ยนแปลง (Conversion order)

ลำดับของการเปลี่ยนแปลงจะทำให้แบบจำลอง CLUMondo ทำการจัดสรรที่ดินตามความสำคัญที่ได้กำหนดไว้ใน land use service ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดย land use service ของการใช้ที่ดิน เช่น พื้นที่เมือง (ตร.กม.) พื้นที่เกษตร (ตร.กม.) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (ตร.กม.) ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงการกำหนดค่าลำดับการเปลี่ยนแปลง

(3) การกำหนดค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลง (Conversion resistance)

ค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงมีค่าตั้งแต่ 0 และ 1 โดยที่ค่า 1 การใช้ที่ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงยากมาก และค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายมาก เช่น แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ตัวอย่างค่า conversion resistance

ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลง
0 (rice)	0.8
1 (crop)	0.8
2 (perennial)	0.2
3 (fruit)	0.1
4 (garden)	0
5 (grassland)	0
6 (aqua)	0
7 (mixed)	0
8 (forest)	1
9 (miscellaneous)	0
10 (urban)	1
11 (water)	1

(4) การกำหนดค่า conversion matrix

เป็นการกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งเป็นอีกประเภทหนึ่ง โดยทำการสร้างตาราง matrix ขึ้นมาตามรูปแบบการใช้ที่ดิน โดยตัวเลข 0 หมายถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่งเกิดได้ยากที่สุด และตัวเลข 1 หมายถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายที่สุด ตัวอย่างค่า conversion matrix ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงตัวอย่าง conversion matrix

Type of land use	rice	crop	parennial	fruit	garden	grassland	forest	miscel	urban	water
rice	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0
crop	0.4	1	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0.8	0	0
parennial	0.8	0.8	1	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0
fruit	0.8	0.8	1	1	0.2	0.1	0	0	0	0
garden	0.6	0.6	0.2	0.2	1	0.1	0	0	0	0
grassland	0.8	0.8	0.2	0.2	0.2	1	0	0	0	0
aqua	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
mixed	0.5	0.5	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0
forest	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
miscellaneous	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.8
urban	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
water	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

หลังจากนั้นจะมีการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินจากร้อยละการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณจากค่าถ่วงน้ำหนักตัวแปรนำเข้า/ปัจจัยหลัก และยุทธศาสตร์นโยบายที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปกำหนดพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่ต้องการใน land use service และคำนวณพื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทให้สามารถตอบสนอง land use service ได้ โดยผลการทดสอบแบบจำลอง CLUMondo แสดงในภาคผนวก ก

บทที่ 4

ผลการศึกษาและบทสรุป

4.1 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายแบบเมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU)

กรอบการสร้างภาพฉายการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไปจะพิจารณาโดยมีแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ศึกษาการใช้ที่ดินในอดีต การลงพื้นที่ภาคสนาม การศึกษานโยบายและแผนการพัฒนาจังหวัดระยะสั้นและระยะยาวระดับจังหวัดด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว เพื่อกำหนด **ตัวแปร(ปัจจัยนำเข้าโมเดล)** และการเปลี่ยนแปลง (เพิ่ม/ลด) **การใช้ที่ดิน** ตามแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. แนวระเบียบเศรษฐกิจ

ภายใต้กรอบความร่วมมือ กรอบความร่วมมือ GMS (Greater Mekong Sub-region) หรืออนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง 6 ประเทศ ประกอบไปด้วย ไทย พม่า ลาว กัมพูชา เวียดนาม และจีนตอนใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยจะครอบคลุมเนื้อที่ 2.34 ล้านตารางกิโลเมตร มีประชากรรวม 257.5 ล้านคน โดยมีชื่ออย่างเป็นทางการว่า ระเบียบเศรษฐกิจอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง (GMS Economic Corridors) มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการขยายตัวด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การค้า การลงทุนและบริการ เพื่อให้เกิดการจ้างงาน, ยกระดับการครองชีพ, การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการศึกษาระหว่างกัน, การใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ส่งเสริมกันอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มขีดความสามารถและโอกาสการแข่งขันในเวทีการค้าโลก ผ่านกลยุทธ์หลัก 3 ด้าน คือ สนับสนุนให้มีการเชื่อมโยงระหว่างกัน (Connectivity) เพื่อให้เกิดการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (Competitiveness) โดยการรวมกลุ่มกันในอนุภูมิภาค (Community) โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจาก ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย หรือ ADB (Asian Development Bank) ในการพัฒนาสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานหลายแขนง ไม่เพียงแต่ครอบคลุมเฉพาะเส้นทางคมนาคมทางถนนเท่านั้น แต่รวมถึงระบบไฟฟ้า โทรคมนาคม สิ่งแวดล้อม และกฎหมายด้วย สำหรับพื้นที่ในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี อยู่ใน 1 ใน 3 แนวพื้นที่

ระเบียงเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ แนวตะวันออกตะวันตก (East –west economic corridor) ซึ่งทำให้แรงขับเคลื่อนนี้จะมีอิทธิพลที่สำคัญต่อการขยายตัวของเมืองมากขึ้น

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่ขับเคลื่อนให้เกิดการขนส่งสินค้าและการเดินทาง และมีแผนในการสร้างถนนใหม่และปรับปรุงเส้นทางคมนาคมที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น เพื่อให้มีการเชื่อมต่อระบบรางที่สมบูรณ์แบบ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เมือง และพื้นที่อุตสาหกรรม

2. ศูนย์กลางอาเซียนอีสานตอนบน

อุดรธานี เป็นหนึ่งในจังหวัดเป้าหมายที่จะพัฒนาให้เป็นศูนย์กลางการค้าของภาคอีสานตอนบน ที่มีพรมแดนติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ปัจจุบันกำลังเดินหน้าพัฒนาศักยภาพเพื่อสร้างความพร้อมในการเชื่อมโยงการค้าและการลงทุนกับกลุ่มประเทศเพื่อนบ้านในอาเซียนโดยเฉพาะประเทศ ลาว เนื่องจากจังหวัดอุดรธานี ห่างจากหนองคายเพียง 54 กิโลเมตร เดินทางโดยใช้ทางหลวงหมายเลข 2 มุ่งตรงไปยังสะพานมิตรภาพไทยลาว ข้ามไปยังเมืองท่าเดื่อ ของประเทศลาว ซึ่งอยู่ห่างจากนครเวียงจันทน์เพียง 20 กิโลเมตร ทำให้จ.อุดรธานี เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งจะเห็นได้ว่า จ.อุดรธานีมีโครงสร้างพื้นฐานที่ครบวงจร สามารถเชื่อมโยงการคมนาคมขนส่งไปถึงลาวตอนเหนือ ทำให้ในอนาคตจ.อุดรธานี และลุ่มน้ำห้วยหลวงจะมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการพัฒนาเป็นศูนย์กลางการค้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งจะช่วยให้ทิศทางการพัฒนาของกลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบ BAU จำเป็นต้องสนับสนุนภาคการขนส่งและการผลิต โดยเฉพาะการผลิตและแปรรูปสินค้าเกษตรซึ่งจะทำให้การใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมและการพัฒนาอุตสาหกรรมในอนาคต เช่น การสร้างนิคมอุตสาหกรรมที่มุ่งเน้นอุตสาหกรรมเกษตรเป็นหลัก

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่ขับเคลื่อนให้เกิดการขนส่งสินค้าและการเดินทาง เพื่อให้มีการเชื่อมต่อระบบรางที่สมบูรณ์แบบระหว่างลุ่มน้ำห้วยหลวงและภาคอีสานตอนบน ได้แก่ หนองคาย อุดรธานี และ ประเทศลาว ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เมือง และพื้นที่อุตสาหกรรม

3. ครั้วโลก

นโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก (Thai Kitchen to the World) เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยรัฐบาลไทยมุ่งส่งเสริมและผลักดันสินค้าเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะราคาสินค้าเกษตร เนื่องจากไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารที่อุดมสมบูรณ์ อีกทั้งอาหารไทยยังมีชื่อเสียงระดับโลกและเป็นที่นิยมของต่างชาติ ซึ่งนอกจากความโดดเด่นด้านรสชาติ แล้วอาหารไทยยังแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ ความประณีตและองค์ประกอบของ เครื่องปรุงที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้อาหารไทย เป็นอาหารยอดนิยมของผู้บริโภคในระดับสากล โดยมุ่งดำเนินการอย่างเป็นระบบให้มีการขยายตัวของ ตลาดอาหารไทยและร้านอาหารไทย รวมทั้งการส่งเสริมการท่องเที่ยวไทยการส่งออกสินค้าอาหารและสินค้าอื่นๆ จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง เช่น เกษตร และแปรรูป กลุ่มน้ำห้วยหลวงมีพื้นที่เกษตรเป็นส่วนใหญ่และสามารถพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้มีการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารได้ โดยผ่านการส่งเสริมให้ทำการเกษตรตามระดับความเหมาะสมของพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชอาหาร เช่น ข้าว ให้มากขึ้น ในขณะที่การเกษตรประเภทอื่นจะมีพื้นที่ลดลง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา เนื่องจากเป็นพืชที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่ปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน และยางพารา

4. อุตสาหกรรมเกษตร

การส่งเสริมพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรกรรมนับเป็นยุทธศาสตร์ลำดับที่ 1 ที่อยู่ในแผนนโยบายยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2558-2562 เรื่องการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรมและยกมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตร โดยกลุ่มน้ำห้วยหลวงมีศักยภาพในการผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเกษตร เช่น มันสำปะหลัง และข้าว โดยทิศทางการพัฒนาเมืองแบบ BAU ก็ยังคงส่งเสริมอุตสาหกรรมเกษตรที่มุ่งเน้นการเป็นอุตสาหกรรมสีเขียว และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อยกระดับมาตรฐานการแปรรูปและการผลิตอุตสาหกรรมเกษตร โดยปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การปลูกพืชที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมเกษตรให้เหมาะสมต่อศักยภาพและพิจารณาถึงผลกระทบจากภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อลดความเสี่ยงด้านผลผลิตทางการเกษตร

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว มันสำปะหลัง ที่สามารถ

นำไปแปรรูปทางการเกษตร และมีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่ปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน และยางพารา

5. พืชพลังงาน

พืชพลังงานได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐฯ เพื่อนำไปสู่การลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งฟอสซิล กลุ่มพืชพลังงานที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มพืชน้ำมัน และกลุ่มพืชแป้งและน้ำตาล ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงมีกลุ่มพืชพลังงานที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ในขณะที่กลุ่มพืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำยังมีน้อยอยู่ โดยเฉพาะมันสำปะหลังที่นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดอุดรธานี สำหรับภาพฉายแบบ BAU จะเน้นการให้ความสำคัญกับการส่งเสริมพลังงานทดแทนควบคู่ไปกับการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของอ้อย และมันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มพืชพลังงานในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน

6. เกษตรแปลงใหญ่

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีนโยบายขับเคลื่อนโครงการเกษตรแปลงใหญ่ประชารัฐ โดยให้เกษตรกรรายย่อยร่วมที่มีอาชีพเดียวกันรวมกลุ่ม ทั้งเพื่อให้เกิดการร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมกันจัดหาปัจจัยการผลิต เกิดการวางแผนการตลาดเพื่อนำไปสู่การลดต้นทุน การเพิ่มผลผลิต มีการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสและขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรภายใต้การสนับสนุนและบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ถือเป็นนโยบายหนึ่งของกระทรวงเกษตรที่พยายามที่จะให้ภาคการเกษตรนั้นมีต้นทุนต่ำโดยเฉพาะในเรื่องของการซื้อปุ๋ยสามารถซื้อล็อตใหญ่จากโรงงานโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง นโยบายของ จ.อุดรธานีได้ปฏิบัติตามแนวทางของภาครัฐโดยส่งเสริมให้เกิดเกษตรแปลงใหญ่นำร่องขึ้นในพื้นที่ เช่น ลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยปัจจุบัน มีพืชที่ได้รับการส่งเสริม 3 ประเภท ได้แก่ ข้าว (อ.บ้านผือ อ.บ้านดุง อ.หนองแสง อ.กุดจับ และอ.กู่แก้ว) อ้อย (อ.เมือง) และมันสำปะหลัง (อ.น้ำโสม) ภายใต้ภาพฉาย BAU ลุ่มน้ำห้วยหลวงมีแนวโน้มส่งเสริมนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ในข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนี้ยังพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรแปลงใหญ่ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และพืชพลังงาน

7. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานส่งเสริมการค้าและการลงทุน

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์เพื่อรองรับการค้า และการลงทุนนับเป็นหนึ่ง ในยุทธศาสตร์สำคัญของแผนนโยบายยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2558-2562 อีกทั้งยังสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ด้านอื่น เช่นระเบียบเศรษฐกิจ การเป็นศูนย์กลางอาเซียนของภาคอีสานตอนบน โครงสร้างพื้นฐานที่ครบวงจรจะเป็นจุดแข็งของจังหวัดอุดรธานี ที่ส่งเสริมให้การค้าและการลงทุนมีความสะดวกและคึกคักมากขึ้น สามารถรองรับผู้บริโภคและนักลงทุนในละแวกใกล้เคียงจาก จ.หนองคาย หรือประเทศลาวได้ โดยโครงสร้างพื้นฐานทางถนนที่ปัจจุบัน จ.อุดรธานีความยาวถนน 1 กิโลเมตรต่อพื้นที่ 3.5 ตารางกิโลเมตรยังต้องมีการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ทางด้านการค้าและโลจิสติกส์ในอนาคต

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากรเนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน มักจะทำในพื้นที่ที่มีประชากรอยู่หนาแน่น และเป็นส่วนต่อขยายจากโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมอยู่แล้ว ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เมืองประเภทที่ 1 และพื้นที่เมืองประเภทที่ 2

8. การเคลื่อนย้ายประชากร

การเคลื่อนย้ายประชากรเป็นผลจากการขยายตัวและส่งเสริมด้านเกษตรอุตสาหกรรม การเป็นศูนย์กลางอาเซียนภาคอีสานตอนบน แนวระเบียบเศรษฐกิจ รวมถึงการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมขนาดกลางใน จ.อุดรธานี ทำให้มีการเคลื่อนย้ายแรงงานต่างถิ่นเข้ามาในพื้นที่จ.อุดรธานีและลุ่มน้ำห้วยหลวงมากขึ้นในอนาคต ภายใต้ภาพฉาย BAU จะมีความต้องการแรงงานมากขึ้น และจะทำให้พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่ที่สามารถใช้พัฒนาเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ใช่ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ป่าไม้ และเมือง ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่อุตสาหกรรม

9. การสร้างเหมืองโปแตช

ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงเป็นพื้นที่ที่มีแร่โปแตชอยู่ โอกาสในการทำเหมืองแร่ได้ดินแห่งแรกของไทย ที่จ.อุดรธานี อยู่ในขั้นตอนการฟังความเห็นประชาชนตาม พ.ร.บ.แร่ เผยส่วนใหญ่เห็นด้วย หลังจากขัดแย้งรุนแรงมายาวนาน โดยคาดว่าจะได้รับอนุญาตประทานบัตรดำเนินการได้ในเร็วนี้ โดยต้องทำการเลือกบริษัทที่มี know-how มาดำเนินการ และในอนาคตจะมีการเปิดให้สำรวจพื้นที่ศักยภาพแร่โปแตชในภาคตะวันออก เฉียงเหนือเพิ่มขึ้น โดยบริษัท เอเชีย แปซิฟิกโปแตช คอร์ปอเรชั่น จำกัด เจ้าของโครงการเหมืองแร่โปแตช จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นบริษัทลูกของบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์จำกัด(มหาชน) ซึ่งเป็นเหมืองแร่โปแตชได้ดินแห่งแรกของประเทศไทย ซึ่งถ้าได้รับอนุญาตประทานบัตรก็นับเป็นรายที่ 3 ของประเทศต่อจากโครงการที่จังหวัดชัยภูมิและที่อำเภอคำม่วน จ.พิจิตร

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากร เนื่องจากมีการพัฒนาอุตสาหกรรมประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม

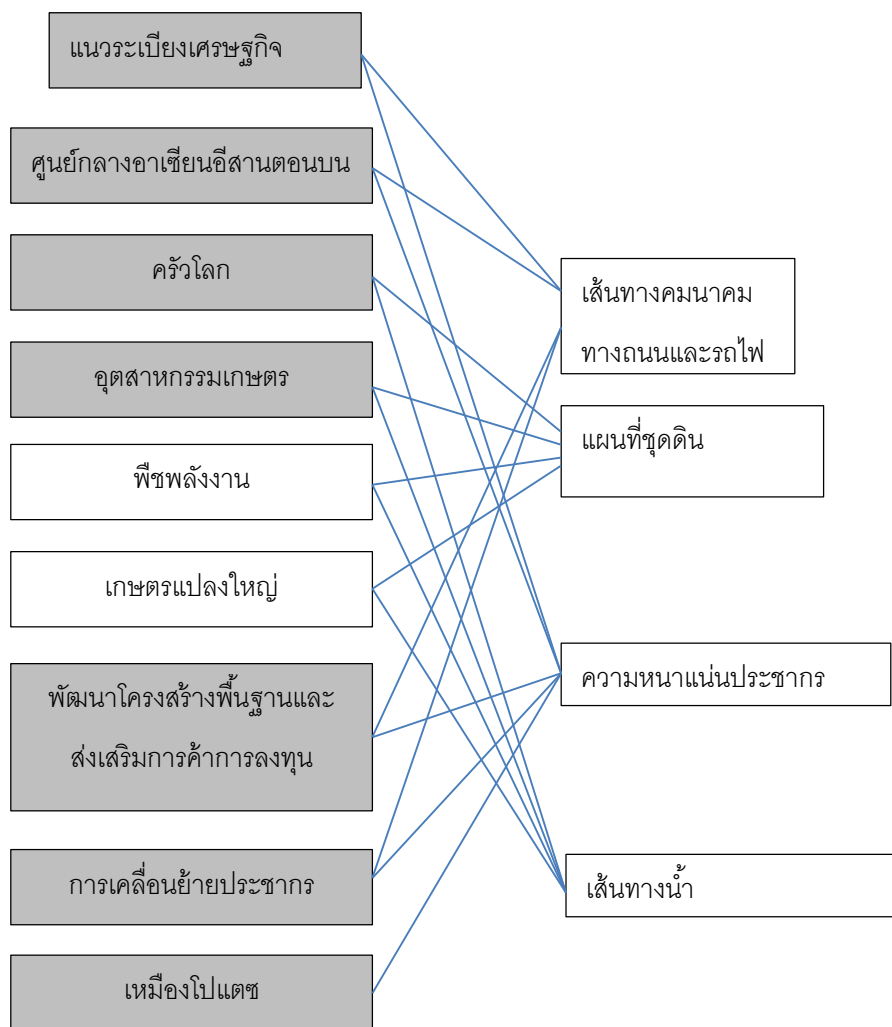
10. ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ภัยพิบัติทางธรรมชาติเป็นภัยคุกคามต่อเป้าหมายยุทธศาสตร์อื่น เช่น ภัยแล้ง หรือน้ำท่วมมีผลกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตรทำให้พืชผลเสียหาย และไม่สามารถเพาะปลูกได้เนื่องจากมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ทำให้ต้องมีการจัดหาแหล่งน้ำสำรองเพิ่มเติมจากที่มีอยู่เดิมในธรรมชาติ เช่น บ่อน้ำบาดาล เป็นต้น นอกจากนี้การขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรมภายใต้ภาพฉาย BAU มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตทำให้เมื่อถึงปีที่มีสภาพอากาศที่รุนแรงเกิดขึ้น เช่นภัยแล้ง จะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพื่อไปหล่อเลี้ยงภาคประชาชนและอุตสาหกรรม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้จัดเป็นแนวทางในการรักษาสมดุลของน้ำในธรรมชาติได้เช่นกัน

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นในปัจจุบัน และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติธรรมชาติโดยเฉพาะภัยแล้ง และน้ำท่วม ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น และพื้นที่ป่าไม้

จะเห็นว่าในแต่ละแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาลุ่มน้ำห้วยหลวงมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองการใช้ที่ดินมากกว่า 1 ชนิด รวมทั้งบางตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าก็มีความสัมพันธ์กับแผนยุทธศาสตร์มากกว่า 1 ยุทธศาสตร์ เป็นต้น ผู้วิจัยได้สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแผนยุทธศาสตร์การ

พัฒนากลุ่มน้ำห้วยหลวงกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าเชิงพื้นที่เพื่อพัฒนาไปสู่การกำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทต่อไป



ภาพที่ 14 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ BAU

การใช้ที่ดิน

งานวิจัยนี้ได้กำหนดการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินออกเป็น 13 ประเภท โดยพิจารณาจัดกลุ่มจากการใช้ที่ดินระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่ละเอียดที่สุด (รายพืช) และการใช้ที่ดินระดับที่ 2 ดังต่อไปนี้

- 3.1 ข้าว (R)
- 3.2 อ้อย (Su)
- 3.3 มันสำปะหลัง (Ca)
- 3.4 ยางพารา (Rub)
- 3.5 พื้นที่เกษตรอื่นๆ (นอกเหนือจาก 3.1-3.5) (AGR)
- 3.6 พื้นที่เบ็ดเตล็ด
- 3.7 ป่าไม้ (ป่าสมบูรณ์ + สวนป่าสภาพฟื้นฟู + ป่าปลัดใบสมบูรณ์) (F)
- 3.8 พื้นที่เมืองประเภท 1 (ตัวเมืองและย่านการค้า + หมู่บ้านจัดสรรร้าง + หมู่บ้าน) (U1)
- 3.9 พื้นที่เมืองประเภท 2 (สถานที่ราชการ+สนามบิน+สถานีขนส่ง+ถนน+สถานบริการน้ำมัน+สนามกอล์ฟ+สุสาน) (U2)
- 3.10 พื้นที่อุตสาหกรรม (โรงงานอุตสาหกรรม + โรงงานอุตสาหกรรมร้าง + ลานตากรับซื้อสินค้าทางการเกษตร) (IN)
- 3.11 แหล่งน้ำธรรมชาติ (แม่น้ำลำคลอง+หนองบึง+ทะเลสาบ) (W1)
- 3.12 แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (คลองชลประทาน+บ่อน้ำ) (W2)

โดยการกำหนดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ตามทิศทางการพัฒนาภาพฉายแบบ BAU ของลุ่มน้ำห้วยหลวง

การถ่วงน้ำหนักเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Ideal point method เพื่อกำหนดความสำคัญให้กับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า (ค่าถ่วงน้ำหนักหลัก) และนโยบาย/ยุทธศาสตร์ (ค่าถ่วงน้ำหนักรอง) ภายใต้สมมติฐานที่ว่าภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิด ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า และนโยบาย/ยุทธศาสตร์มีความสำคัญไม่เท่ากัน ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ BAU จะเน้นการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาระบบการคมนาคมขนส่งแบบค่อยเป็นค่อย

ไป เน้นการปรับปรุงระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักของภาพฉายการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินแบบ BAU แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
พื้นที่เมืองประเภท 1	+2
พื้นที่เมืองประเภท 2	+0.4
พื้นที่อุตสาหกรรม	+2
พื้นที่ปลูกข้าว	+6
พื้นที่ปลูกอ้อย	-1.5
พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	-2
พื้นที่ปลูกยางพารา	-6
พื้นที่ปลูกพืชพลังงาน	+1
พื้นที่แหล่งนํ้ามนุษย์สร้างขึ้น	+0.7
พื้นที่ป่าไม้	+0.06

การกำหนด parameter ที่ใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1 การกำหนด Land use services

เป็นการกำหนดการตอบสนองต่อความต้องการของการใช้ที่ดิน (land use demand) แต่ละประเภท โดยในโปรแกรม CLUMondo จะกำหนด land use services โดยการเปรียบเทียบกับขนาดของ pixel ของแผนที่การใช้ที่ดิน ตัวอย่าง เช่น พื้นที่กริดขนาด 0.4×0.4 km จะมีขนาดของพื้นที่เท่ากับ 0.16 ตารางกิโลเมตร และดังต่อไปนี้

- ความเป็นเมือง = 0.16 km^2 U2 = 0.16 km^2 IN = 0.16 km^2
- พืชอาหาร = 0.16 km^2
- พืชพลังงาน = 0.16 km^2
- แหล่งนํ้ามนุษย์สร้างขึ้น = 0.16 km^2 และป่าไม้ = 0.16 km^2

2. ความต้านทานการเปลี่ยนแปลง (Conversion resistance)

เป็นการกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง โดยภาพฉาย BAU โดยค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ค่า 1 หมายถึงการใช้ที่ดิน

ประเภทนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นได้ โดยภาพฉาย BAU จะมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลง แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย BAU

การใช้ที่ดิน	ค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลง
ข้าว	0.2
อ้อย	0.2
มันสำปะหลัง	0.2
ยางพารา	0
พื้นที่เกษตรอื่นๆ	0.2
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	0
ป่าไม้	0.2
เมืองประเภท 1	1
เมืองประเภท 2	1
อุตสาหกรรม	1
แหล่งน้ำธรรมชาติ	1
แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	0.70

3. การกำหนดเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้ที่ดิน (land use conversion matrix)

เป็นการกำหนดระดับความยากง่ายระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 2 ประเภท โดยถ้ามีค่ากับ 1 หมายความว่า การใช้ที่ดินประเภทหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยสมบูรณ์ แต่ถ้ามีค่า 0 หมายความว่า การใช้ที่ดินประเภทหนึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยเด็ดขาด ค่า land use conversion matrix ของภาพฉาย BAU จะมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

	R	Su	Ca	Rub	Otherag	Mis	F	U1	U2	IN	W1	W2
R	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
Su	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Ca	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Rub	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Otherag	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
Mis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
U2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
IN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
W1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
W2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1

4. การกำหนดค่าความต้องการการใช้ที่ดิน (demand scenario)

เป็นการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในอนาคตตาม land use services ที่กำหนดขึ้น โดยจะกำหนดเป็นระยะเวลา 30 ปี (2013-2043) โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการใช้ที่ดินที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง

Land use services	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
พื้นที่เมืองประเภท 1	เพิ่มขึ้น ร้อยละ 2 / 10 ปี (0.2%)
พื้นที่เมืองประเภท 2	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4 / 10 ปี (0.04%)
อุตสาหกรรม	เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 / 10 ปี (0.2%)
ข้าว	เพิ่มขึ้นร้อยละ 6 / 10 ปี (0.6%)
อ้อย มันสำปะหลัง	ลดลงร้อยละ 3.5 / 10 ปี (0.35%)
พืชพลังงาน	เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 / 10 ปี (0.1%)
แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.7 / 10 ปี (0.07%)
ป่าไม้	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.06 / 10 ปี (0.006%)

โดยจะต้องมีการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินในแต่ละปีเพื่อใช้เป็น ข้อมูลนำเข้าในการจำลองการใช้ที่ดิน โดยการกำหนด land use demand จะเป็นไปตาม land use service ที่กำหนดไว้โดย

- พื้นที่แบบ built up land เพิ่มขึ้น 0.44 % ต่อปี
- พื้นที่พืชอาหาร เพิ่มขึ้น 0.60 % ต่อปี
- พื้นที่พืชพลังงาน ลดลง 0.25 % ต่อปี
- พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น/ป่าไม้ 0.076 % ปี

4.2 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพฉายในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG)

กรอบการสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินแบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุนจะพิจารณาจากแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ศึกษาการใช้ที่ดินในอดีต การลงพื้นที่ภาคสนาม การศึกษานโยบายและแผนการพัฒนาจังหวัดระยะสั้นและระยะยาวระดับจังหวัดด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว เพื่อกำหนด ตัวแปร(ปัจจัยนำเข้าโมเดล) และการเปลี่ยนแปลง (เพิ่ม/ลด) การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน ตามแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. แนวระเบียบเศรษฐกิจ

ภายใต้กรอบความร่วมมือ กรอบความร่วมมือ GMS (Greater Mekong Sub-region) หรืออนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง 6 ประเทศ ประกอบไปด้วย ไทย พม่า ลาว กัมพูชา เวียดนาม และจีนตอนใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยจะครอบคลุมเนื้อที่ 2.34 ล้านตารางกิโลเมตร มีประชากรรวม 257.5 ล้านคน โดยมีชื่ออย่างเป็นทางการว่า ระเบียงเศรษฐกิจอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง (GMS Economic Corridors) มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการขยายตัวด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การค้า การลงทุนและบริการ เพื่อให้เกิดการจ้างงาน, ยกระดับการครองชีพ, การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการศึกษาระหว่างกัน, การใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ส่งเสริมกันอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มขีดความสามารถและโอกาสการแข่งขันในเวทีการค้าโลก ผ่านกลยุทธ์หลัก 3 ด้าน คือ สนับสนุนให้มีการเชื่อมโยงระหว่างกัน (Connectivity) เพื่อให้เกิดการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (Competitiveness) โดยการรวมกลุ่มกันในอนุภูมิภาค (Community) โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจาก ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย หรือ ADB (Asian Development Bank) ในการพัฒนาสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานหลายแขนง

ไม่เพียงแต่ครอบคลุมเฉพาะเส้นทางคมนาคมทางถนนเท่านั้น แต่รวมถึงระบบไฟฟ้า โทรคมนาคม สิ่งแวดล้อม และกฎหมายด้วย สำหรับพื้นที่ในกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี อยู่ใน 1 ใน 3 แนวพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ แนวตะวันออกตะวันตก (East –west economic corridor) ซึ่งทำให้แรงขับเคลื่อนนี้จะผลักดันให้มีการขยายตัวของเมือง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน ที่จะมีการสร้างถนนเพิ่มขึ้นเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทางแนวระเบียงเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่เมืองในระดับสูงกว่าภาพฉาย BAU รวมทั้งรองรับการเกิดขึ้นของนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในพื้นที่

2. ศูนย์กลางอาเซียนอีสานตอนบน

อุดรธานี เป็นหนึ่งในจังหวัดเป้าหมายที่จะพัฒนาให้เป็นศูนย์กลางการค้าของภาคอีสานตอนบน ที่มีพรมแดนติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ปัจจุบันกำลังเดินหน้าพัฒนาศักยภาพเพื่อสร้างความพร้อมในการเชื่อมโยงการค้าและการลงทุนกับกลุ่มประเทศเพื่อนบ้านในอาเซียนโดยเฉพาะประเทศ ลาว เนื่องจากจังหวัดอุดรธานี ห่างจากหนองคายเพียง 54 กิโลเมตร เดินทางโดยใช้ทางหลวงหมายเลข 2 มุ่งตรงไปยังสะพานมิตรภาพไทยลาว ข้ามไปยังเมืองท่าเดื่อ ของประเทศลาว ซึ่งอยู่ห่างจากนครเวียงจันทน์เพียง 20 กิโลเมตร ทำให้จ.อุดรธานี เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งจะเห็นได้ว่า จ.อุดรธานีมีโครงสร้างพื้นฐานที่ครบวงจร สามารถเชื่อมโยงการคมนาคมขนส่งไปถึงลาวตอนเหนือ ทำให้ในอนาคตจ.อุดรธานี และกลุ่มน้ำห้วยหลวงจะมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการพัฒนาเป็นศูนย์กลางการค้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งจะทำให้ทิศทางการพัฒนาของกลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบ REG มุ่งสนับสนุนภาคการขนส่งและการผลิตสูงสุด โดยเฉพาะการผลิตและแปรรูปสินค้าเกษตรซึ่งจะทำให้การใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น และมีการสร้างนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในพื้นที่ ทำให้พื้นที่เมืองและอุตสาหกรรมขยายตัวมากกว่าภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ BAU

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่ขับเคลื่อนให้เกิดการขนส่งสินค้าและการเดินทาง เพื่อให้มีการเชื่อมต่อระบบรางที่สมบูรณ์แบบระหว่างกลุ่มน้ำห้วยหลวงและภาคอีสานตอนบน ได้แก่ หนองคาย อุดรธานี และ ประเทศลาว ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปลูกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เมือง และอุตสาหกรรม อันเป็นผลมาจากการสร้างนิคมอุตสาหกรรม

3. ครั้วโลก

นโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก (Thai Kitchen to the World) เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยรัฐบาลไทยมุ่งส่งเสริมและผลักดันสินค้าเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะราคาสินค้าเกษตร เนื่องจากไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารที่อุดมสมบูรณ์ อีกทั้งอาหารไทยยังมีชื่อเสียงระดับโลกและเป็นที่นิยมของต่างชาติ ซึ่งนอกจากความโดดเด่นด้านรสชาติ แล้วอาหารไทยยังแสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ ความประณีตและองค์ประกอบของ เครื่องปรุงที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้อาหารไทย เป็นอาหารยอดนิยมของผู้บริโภคในระดับสากล โดยมุ่งดำเนินการอย่างเป็นระบบให้มีการขยายตัวของ ตลาดอาหารไทยและร้านอาหารไทย รวมทั้งการส่งเสริมการท่องเที่ยวไทยการส่งออกสินค้าอาหารและสินค้าอื่นๆ จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง เช่น เกษตร และแปรรูป กลุ่มน้ำห้วยหลวงมีพื้นที่เกษตรเป็นส่วนใหญ่และสามารถพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้มีการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารได้ โดยจะทำการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชตามระดับความเหมาะสมของพื้นที่ โดยเน้นเพิ่มผลผลิตของพืชอาหาร เช่น ข้าว ให้มากขึ้น ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกพืชประเภทอื่นจะลดลง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา เนื่องจากเป็นพืชที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ปลูก ข้าว ในขณะที่พื้นที่ปลูก อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน และยางพาราจะลดลง

4. อุตสาหกรรมเกษตร

การส่งเสริมพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรกรรมนับเป็นยุทธศาสตร์ลำดับที่ 1 ที่อยู่ในแผนนโยบายยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2558-2562 เรื่องการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรมและยกมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตร โดยกลุ่มน้ำห้วยหลวงมีศักยภาพในการผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และพืชพลังงาน โดยทิศทางการพัฒนาเมืองแบบ REG จะมุ่งเน้นการยกระดับมาตรฐานการแปรรูปและการผลิตอุตสาหกรรมเกษตร โดยปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การปลูกพืชที่เหมาะสมต่อศักยภาพและพิจารณาถึงผลกระทบจากภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อลดความเสี่ยงด้านผลผลิตทางการเกษตรที่จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของ มันสำปะหลัง และอ้อย ที่สามารถนำไปแปรรูปทางการเกษตร และมีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยง

ภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะลดลง ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าว และยางพารา ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5. พืชพลังงาน

พืชพลังงานได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐฯ เพื่อนำไปสู่การลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งฟอสซิล กลุ่มพืชพลังงานที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มพืชน้ำมัน และกลุ่มพืชแป้งและน้ำตาล ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงมีกลุ่มพืชพลังงานที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ในขณะที่กลุ่มพืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำยังมีน้อยอยู่ โดยเฉพาะมันสำปะหลังที่นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดอุดรธานี สำหรับภาพฉายแบบ REG จะเน้นการให้ความสำคัญกับการส่งเสริมพลังงานทดแทนน้อยกว่าภาพฉาย BAU และใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเป็นหลัก

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของอ้อย และมันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มพืชพลังงานในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวและยางพารามีแนวโน้มลดลง

6. เกษตรแปลงใหญ่

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีนโยบายขับเคลื่อนโครงการเกษตรแปลงใหญ่ประชารัฐ โดยให้เกษตรกรรายย่อยร่วมมืออาชีพเดียวกันรวมกลุ่ม ทั้งเพื่อให้เกิดการร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมกันจัดหาปัจจัยการผลิต เกิดการวางแผนการตลาดเพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนและการเพิ่มผลผลิต มีการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสและขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรภายใต้การสนับสนุนและบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ถือเป็นนโยบายหนึ่งของกระทรวงเกษตรที่พยายามที่จะให้ภาคการเกษตรนั้นมีต้นทุนต่ำโดยเฉพาะในเรื่องของการซื้อปุ๋ยสามารถซื้อล็อตใหญ่จากโรงงานโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง นโยบายของ จ.อุดรธานีได้ปฏิบัติตามแนวทางของภาครัฐโดยส่งเสริมให้เกิดเกษตรแปลงใหญ่นำร่องขึ้นในพื้นที่ เช่น ลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยปัจจุบัน มีพื้นที่ที่ได้รับการส่งเสริม 3 ประเภท ได้แก่ ข้าว (อ.บ้านผือ อ.บ้านดุง อ.หนองแสง อ.กุดจับ และอ.กุมภวาปี) อ้อย (อ.เมือง) และมันสำปะหลัง (อ.น้ำโสม) ภายใต้ภาพฉาย REG ลุ่มน้ำห้วยหลวงมีแนวโน้มส่งเสริมนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ในพื้นที่นำร่องที่ได้รับการส่งเสริม ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง มาก

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนั้นยังพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรแปลงใหญ่ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ในขณะที่พื้นที่ปลูกยางพารามีแนวโน้มลดลงมาก คดขยี้ไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง

7. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานส่งเสริมการค้าและการลงทุน

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์เพื่อรองรับการค้า และการลงทุนนับเป็นเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญของแผนนโยบายยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2558-2562 อีกทั้งยังสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ด้านอื่น เช่นระเบียบเศรษฐกิจ การเป็นศูนย์กลางอาเซียนของภาคอีสานตอนบน โครงสร้างพื้นฐานที่ครบวงจรจะเป็นจุดแข็งของจังหวัดอุดรธานี ที่ส่งเสริมให้การค้าและการลงทุนมีความสะดวกและคล่องตัวมากขึ้น สามารถรองรับผู้บริโภคและนักลงทุนในละแวกใกล้เคียงจาก จ.หนองคาย หรือประเทศลาวได้ โดยโครงสร้างพื้นฐานทางถนนที่ปัจจุบัน จ.อุดรธานีความยาวถนน 1 กิโลเมตรต่อพื้นที่ 3.5 ตารางกิโลเมตรยังต้องการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการค้าและโลจิสติกส์ในอนาคต ภายใต้ภาพฉาย REG จะมีการส่งเสริมโครงสร้างพื้นฐาน เช่นระบบคมนาคมแบบราง และศูนย์กระจายสินค้าสูงสุด

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากร เส้นทางคมนาคม ได้แก่ ถนน และรถไฟ เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อกับโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก ได้แก่ พื้นที่เมืองประเภทที่ 1 โดยที่พื้นที่เมืองประเภทที่ 2 จะเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง

8. การเคลื่อนย้ายประชากร

การเคลื่อนย้ายประชากรเป็นผลจากการขยายตัวและส่งเสริมด้านเกษตรอุตสาหกรรม การเป็นศูนย์กลางอาเซียนภาคอีสานตอนบน แนวระเบียบเศรษฐกิจ รวมถึงการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมขนาดกลางใน จ.อุดรธานี ทำให้มีการเคลื่อนย้ายแรงงานต่างถิ่นเข้ามาในพื้นที่จ.อุดรธานีและลุ่มน้ำห้วยหลวงมากขึ้นในอนาคต ภายใต้ภาพฉาย REG จะมีความต้องการด้านแรงงานมากกว่าภาพฉาย BAU และจะทำให้พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมขยายตัวเพิ่มขึ้น

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เมืองที่มีอยู่เดิม และพื้นที่ที่สามารถใช้พัฒนาเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ใช่ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ป่าไม้ และเมือง ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่เมืองประเภท 1

9. เหมืองโปแตช

ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงเป็นพื้นที่ที่มีแร่โปแตชอยู่ โอกาสในการทำเหมืองแร่ได้ดินแห่งแรกของไทย ที่จ.อุดรธานี กำลังอยู่ในขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนตาม พ.ร.บ.แร่ เผยส่วนใหญ่เห็นด้วย หลังจากขัดแย้งรุนแรงมายาวนาน โดยคาดว่าจะได้รับอนุญาตประทานบัตรดำเนินการได้ในเร็วนี้ โดยต้องทำการเลือกบริษัทที่มี know-how มาดำเนินการ และในอนาคตจะมีการเปิดให้สำรวจพื้นที่ศักยภาพแร่โปแตชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้น โดยบริษัท เอเชีย แปซิฟิกโปแตช คอร์ปอเรชั่น จำกัด เจ้าของโครงการเหมืองแร่โปแตช จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นบริษัทลูกของบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์จำกัด(มหาชน) ซึ่งเป็นเหมืองแร่โปแตชได้ดินแห่งแรกของประเทศไทย ซึ่งถ้าได้รับอนุญาตประทานบัตรก็นับเป็นรายที่ 3 ของประเทศ ต่อจากโครงการที่จังหวัดชัยภูมิและที่อำเภอคำชะโนด จังหวัดนครราชสีมา ภาพฉาย REG จะทำการส่งเสริมให้มีการสร้างเหมืองโปแตชในลุ่มน้ำห้วยหลวงเพื่อทำการถลุงแร่โปแตชนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไป

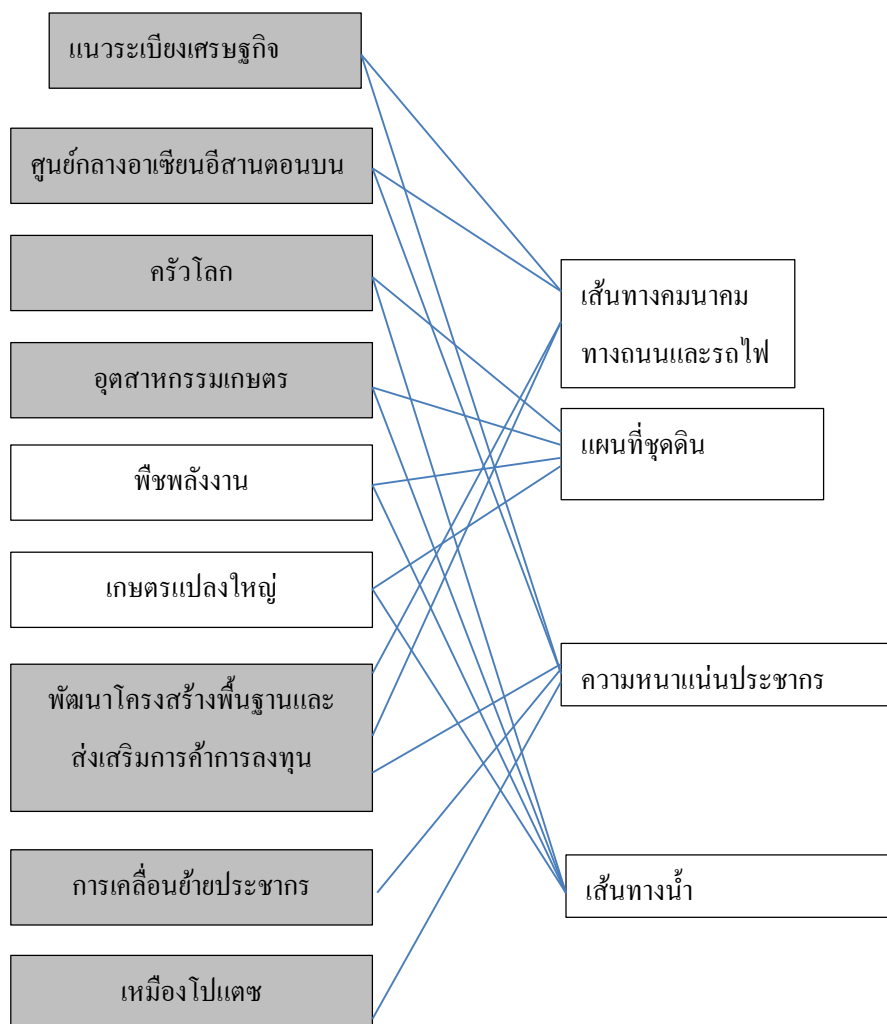
ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากรจากการพัฒนาอุตสาหกรรม ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม

10. ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ภัยพิบัติทางธรรมชาติเป็นภัยคุกคามต่อเป้าหมายยุทธศาสตร์การพัฒนาลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี ด้านอื่นๆ เช่น ภัยแล้ง และน้ำท่วมมีผลกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตรทำให้พืชผลเสียหาย และไม่สามารถเพาะปลูกได้เนื่องจากมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ทำให้ต้องมีการจัดหาแหล่งน้ำสำรองเพิ่มเติมจากที่มีอยู่เดิมในธรรมชาติ เช่น บ่อน้ำบาดาลเป็นต้น นอกจากนี้การขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรมภายใต้ภาพฉาย REG ทำให้พื้นที่เมืองและอุตสาหกรรมจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อถึงปีที่มีสภาพอากาศรุนแรงเกิดขึ้น เช่นการเกิดภัยแล้ง จะทำให้ขาดแคลนน้ำเพื่อไปหล่อเลี้ยงภาคประชาชนและอุตสาหกรรม

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นในปัจจุบัน และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติธรรมชาติโดยเฉพาะภัยแล้ง และน้ำท่วม ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าไม่มีแนวโน้มคงที่

จะเห็นว่าในแต่ละแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาลุ่มน้ำห้วยหลวงมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองการใช้ที่ดินมากกว่า 1 ชนิด รวมทั้งบางตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าก็มีความสัมพันธ์กับแผนยุทธศาสตร์มากกว่า 1 ยุทธศาสตร์ เป็นต้น ผู้วิจัยได้สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาลุ่มน้ำห้วยหลวงกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าเชิงพื้นที่ภายใต้ภาพฉาย REG เพื่อนำไปสู่การกำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 15 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ REG

ตารางที่ 23 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน ภาพฉาย REG

การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
พื้นที่เมืองประเภท 1	+5.8
พื้นที่เมืองประเภท 2	+2.15
พื้นที่อุตสาหกรรม	+3.6
พื้นที่ปลูกข้าว	+0.375
พื้นที่ปลูกอ้อย	+0.3
พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	0
พื้นที่ปลูกยางพารา	-1.95
พื้นที่ปลูกพืชพลังงาน	+1.8
พื้นที่แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น	+0.44
พื้นที่ป่าไม้	0

การกำหนด parameter ที่ใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1 การกำหนด Land use services

เป็นการกำหนดการตอบสนองต่อความต้องการของการใช้ที่ดิน (land use demand) แต่ละประเภท โดยในโปรแกรม CLUMondo จะกำหนด land use services โดยการเปรียบเทียบกับขนาดของ pixel ของแผนที่การใช้ที่ดิน ตัวอย่าง เช่น พื้นที่กริดขนาด 0.4×0.4 km จะมีขนาดของพื้นที่เท่ากับ 0.16 ตารางกิโลเมตร และดังต่อไปนี้

- ความเป็นเมือง $U1 = 0.16$ km² $U2 = 0.02$ km² $IN = 0.16$ km²
- พืชอาหาร $R = 0.16$ km²
- พืชพลังงาน $Ene = 0.16$ km²
- แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น ($W2$) = 0.16 km²

2. ความต้านทานการเปลี่ยนแปลง (Conversion resistance)

เป็นการกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่งสำหรับภาพฉาย REG โดยค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ค่า 1 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นได้ โดยภาพฉาย REG จะมีความแตกต่างจาก BAU โดยพื้นที่ประเภทอุตสาหกรรมจะไม่

สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และพื้นที่พืชพลังงานจะมีค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังจะมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงลดลง ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย REG

การใช้ที่ดิน	ค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลง
ข้าว	0.3
อ้อย	0.2
มันสำปะหลัง	0.2
ยางพารา	0
พื้นที่เกษตรอื่นๆ	0.6
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	0
ป่าไม้	0.4
เมืองประเภท 1	1
เมืองประเภท 2	1
อุตสาหกรรม	1
แหล่งน้ำธรรมชาติ	1
แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	0.7

3. การกำหนดเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้ที่ดิน (land use conversion matrix)

เป็นการกำหนดระดับความยากง่ายระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 2 ประเภท โดยถ้ามีค่ากับ 1 หมายความว่า การใช้ที่ดินประเภทหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยสมบูรณ์ แต่ถ้ามีค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทหนึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยเด็ดขาด ค่า land use conversion matrix ของภาพฉาย REG จะมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน

	R	Su	Ca	Rub	Otherag	Mis	F	U1	U2	IN	W1	W2
R	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Su	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Ca	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Rub	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Otherag	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Mis	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
F	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
U1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
U2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
IN	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
W1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
W2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1

4. การกำหนดค่าความต้องการการใช้ที่ดิน (demand scenario)

เป็นการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในอนาคตตาม land use services ที่กำหนดขึ้น โดยจะกำหนดเป็นระยะเวลา 30 ปี (2013-2043) โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการใช้ที่ดินที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง

Land use services	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
พื้นที่เมืองประเภท 1	เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.8 / 10 ปี (0.58%)
พื้นที่เมืองประเภท 2	เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.15 / 10 ปี (0.215%)
อุตสาหกรรม	เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 / 10 ปี (0.36%)
ข้าว	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.375 / 10 ปี (0.0375%)
อ้อย มันสำปะหลัง	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.30/ 10 ปี (0.03%)
พืชพลังงาน	เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 / 10 ปี (0.18%)
แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.44 / 10 ปี (0.044%)

โดยจะต้องมีการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินในแต่ละปีเพื่อใช้เป็น ข้อมูลนำเข้าในการจำลองการใช้ที่ดิน โดยการกำหนด land use demand จะเป็นไปตาม land use service ที่กำหนดไว้โดย

- พื้นที่แบบ built up land เพิ่มขึ้น 1.155 % ต่อปี
- พื้นที่พืชอาหาร เพิ่มขึ้น 0.0375 % ต่อปี
- พื้นที่พืชพลังงาน เพิ่มขึ้น 0.21 % ต่อปี
- พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น 0.044 % ปี

4.3 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพถ่ายแบบเมืองนำอยู่ (Green growth หรือ GG)

กรอบการสร้างภาพฉายการใช้ที่ดินแบบเมืองนำอยู่จะพิจารณาจากยุทธศาสตร์ที่มุ่งเน้นด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นสำคัญ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีต การลงพื้นที่ภาคสนาม การศึกษา นโยบายและแผนการพัฒนายาระยะสั้นและระยะยาวระดับด้านเศรษฐกิจสังคม เกษตรกรรม และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว โดยเมืองนำอยู่จะให้ความสำคัญกับการพัฒนาการเกษตรแบบอินทรีย์และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเติบโตอย่างยั่งยืนในอนาคต การกำหนด ตัวแปร(ปัจจัยนำเข้าโมเดล) และการเปลี่ยนแปลง (เพิ่ม/ลด) การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน ตามแรงขับเคลื่อนเชิงยุทธศาสตร์แบบเมืองนำอยู่ มีดังต่อไปนี้

1. แนวระเบียบเศรษฐกิจ

ภายใต้แนวทางการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจของภาพถ่ายแบบเมืองนำอยู่จะเป็นในรูปแบบของการปรับปรุงระบบคมนาคมให้ดีขึ้นเพื่อใช้ในการเดินทางของประชาชนและการค้าขาย โดยไม่ได้มีการสร้างเส้นทางคมนาคมใหม่ๆ หรือขยายการเชื่อมต่อของเส้นทางคมนาคมกับเส้นทางหลักของระเบียบเศรษฐกิจ และพื้นที่เมืองมีการขยายตัวน้อยกว่าภาพถ่าย BAU และ REG รวมทั้งการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมจะเป็นไปได้ยาก

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน ที่จะมีการสร้างถนนเพิ่มขึ้นเท่าที่จำเป็นเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นทางคมนาคมหลัก การปรับปรุงระบบคมนาคมที่มีอยู่ให้ดีขึ้น พื้นที่เมืองยังคงขยายตัวแต่อยู่ในระดับต่ำ ประชากรมีการเคลื่อนย้ายไปสู่ภูมิภาคในพื้นที่ชนบทเพื่อกลับไปประกอบอาชีพเกษตรกรรมมากขึ้น

2. ศูนย์กลางอาเซียนอีสานตอนบน

ภายใต้ภาพถ่ายเมืองนำอยู่ จังหวัดอุดรธานีและกลุ่มน้ำห้วยหลวงยังเป็นเป้าหมายที่จะพัฒนาให้เป็นศูนย์กลางการค้าของภาคอีสานตอนบน โดยรูปแบบจะเปลี่ยนเป็นการเน้นการค้าและการท่องเที่ยวโดยเฉพาะประเทศลาว เนื่องจากจังหวัดอุดรธานี ห่างจากหนองคายเพียง 54 กิโลเมตร เดินทางโดยใช้ทางหลวงหมายเลข 2 มุ่งตรงไปยังสะพานมิตรภาพไทยลาว ข้ามไปยังเมืองท่าเดื่อ ของประเทศลาว ซึ่งอยู่ห่างจากนครเวียงจันทน์เพียง

20 กิโลเมตร ทำให้จ.อุดรธานี เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งมีศักยภาพในการการค้าและการท่องเที่ยว ทำให้ทิศทางการพัฒนาของกลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบ GG มุ่งสนับสนุนภาคการขนส่งและการผลิตสูงสุดโดยเฉพาะการผลิตสินค้าเกษตรชุมชนและแปรรูปซึ่งจะทำให้การใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากกิจกรรมการค้า และพื้นที่เกษตรมีมากขึ้น

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ เส้นทางคมนาคมทางถนน เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่ขับเคลื่อนให้เกิดการขนส่งสินค้าและการท่องเที่ยว แต่จะเป็นในลักษณะการปรับปรุงเส้นทางคมนาคมที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ได้แก่ พื้นที่เมือง ส่วนพื้นที่เกษตรจะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเกษตรอินทรีย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3. ครวัโลก

ภายใต้ภาพฉายเมืองน่าอยู่ นโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก (Thai Kitchen to the World) มีบทบาทที่สำคัญเพื่อมุ่งส่งเสริมและผลักดันสินค้าเกษตร โดยเฉพาะเกษตรอินทรีย์ให้มีการขยายตัวและมีมูลค่าเพิ่มใน เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีเป็นแหล่งผลิตอาหารที่อุดมสมบูรณ์ กลุ่มน้ำห้วยหลวงมีพื้นที่เกษตรเป็นส่วนใหญ่และสามารถพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้มีการเพิ่มผลผลิตพืชอาหารและเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอาหารแปรรูปได้ เมืองน่าอยู่จะทำการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชอาหาร เช่น ข้าว มากขึ้น เพื่อการบริโภคและการแปรรูปสินค้าเกษตร โดยแนวโน้มการใช้ที่ดินด้านการเกษตรจะเพิ่มขึ้นและมีการเพาะปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว มันสำปะหลัง อ้อย เนื่องจากเป็นพืชที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลต่อปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ปลูก ข้าว ในขณะที่พื้นที่ปลูก อ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน และยางพาราจะลดลงเล็กน้อย

4. อุตสาหกรรมเกษตร

ภายใต้แผนนโยบายยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2558-2562 เรื่องการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรมและยกมาตรฐานการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย กลุ่มน้ำห้วยหลวงมีศักยภาพในการผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสินค้าแปรรูป เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และพืชพลังงาน โดยทิศทางการพัฒนาเมืองแบบเมืองน่าอยู่ จะมุ่งเน้นการยกระดับมาตรฐานการแปรรูปและการผลิตอุตสาหกรรมเกษตร โดยปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การปลูกพืชที่เหมาะสมต่อศักยภาพและพิจารณาถึงผลกระทบจากภัยพิบัติที่

จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกพืชที่สามารถแปรรูปเป็นสินค้าเกษตรได้ เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของ มันสำปะหลัง และอ้อย ที่สามารถนำไปแปรรูปทางการเกษตร และมีพื้นที่เพาะปลูกมากในกลุ่มน้ำห้วยหลวง นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะลดลง ได้แก่ พื้นที่ปลูก ข้าว และยางพารา ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง พืชพลังงาน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รวมทั้งพื้นที่ที่ใช้สร้างโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรจะมีจำนวนมากขึ้น

5. พืชพลังงาน

พืชพลังงานได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐฯ เพื่อนำไปสู่การตลาดพืชพลังงานจากแหล่งฟอสซิล กลุ่มพืชพลังงานที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มพืชน้ำมัน และกลุ่มพืชแป้งและน้ำตาล ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงมีกลุ่มพืชพลังงานประเภทแป้งและน้ำตาลที่สำคัญได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ในขณะที่กลุ่มพืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำยังมีพื้นที่เพาะปลูกน้อยมาก ภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่ จะให้ความสำคัญกับการส่งเสริมพลังงานในระดับปานกลาง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของอ้อย มันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนั้นยังรวมพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตทางของพืชพลังงานในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก อ้อย มันสำปะหลัง และพืชพลังงาน ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าว และยางพาราจะมีแนวโน้มลดลง

6. เกษตรแปลงใหญ่

ภายใต้ภาพฉายเมืองน่าอยู่ เกษตรแปลงใหญ่จะถูกขับเคลื่อนเพื่อให้ภาคการเกษตรนั้นมีต้นทุนต่ำ โดยเฉพาะในเรื่องของการซื้อปุ๋ยสามารถซื้อล็อตใหญ่จากโรงงานโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง โดยในปัจจุบันนโยบายจังหวัดได้ปฏิบัติตามแนวทางของภาครัฐโดยส่งเสริมให้เกิดเกษตรแปลงใหญ่นำร่องขึ้นในพื้นที่ เช่น ลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยปัจจุบัน มีพืชที่ได้รับการส่งเสริม 3 ประเภท ได้แก่ ข้าว (อ.บ้านฝ่อ อ.บ้านดุง อ.หนองแสง อ.กุฉีชัย และอ.กุ้งแก้ว) อ้อย (อ.เมือง) และมันสำปะหลัง (อ.น้ำโสม) ภายใต้ภาพฉายเมืองน่าอยู่ ลุ่มน้ำห้วยหลวง

มีแนวโน้มการส่งเสริมนโยบายเกษตรแปลงใหญ่เพิ่มขึ้น โดยเน้นในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย และ มันสำปะหลัง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่เหมาะสมทางการเกษตรของข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง และพืชพลังงาน นอกจากนี้ยังพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อ ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรแปลงใหญ่ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ในขณะที่พื้นที่ปลูกยางพารามีแนวโน้มลดลงมาก

7. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานส่งเสริมการค้าและการลงทุน

ภายใต้ภาพฉายเมืองน่าอยู่ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์เพื่อรองรับการค้า และการลงทุน จะมุ่งเน้นเพื่อส่งเสริมการค้าสินค้าอุปโภคบริโภคและสินค้าทางการเกษตร สำหรับผู้บริโภคและนักท่องเที่ยวใน ละแวกใกล้เคียงจาก จ.หนองคาย หรือประเทศลาวได้ โดยจะมีการปรับปรุงระบบคมนาคมในปัจจุบัน จ. อุดรธานี และสร้างถนนใหม่ที่เป็นเพื่อเพิ่มความยาวถนนต่อพื้นที่ให้มากขึ้น (ปัจจุบันจังหวัดมีความยาวถนน 1 กิโลเมตรต่อพื้นที่ 3.5 ตารางกิโลเมตร) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการค้าและการลงทุนในอนาคต อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อส่งเสริมการค้าและการลงทุนจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากร เส้นทางคมนาคม ได้แก่ ถนน และ รถไฟ เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อกับโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมและเส้นทางคมนาคมหลักที่จะเกิดขึ้น ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เมืองประเภทที่ 1 และพื้นที่เมืองประเภท 2

8. การเคลื่อนย้ายประชากร

ภาพฉายเมืองน่าอยู่จะทำให้เมืองมีการเติบโตขึ้นน้อยกว่าภาพฉาย BAU และ REG การเคลื่อนย้าย ประชากรจากเมืองออกไปตามชนบทจะมีมากขึ้นเพื่อไปประกอบอาชีพด้านการเกษตรมากขึ้น ส่วนประกรส่วนใหญ่ในเมืองจะเป็นผู้ที่มิภูมิลำเนาอยู่แล้วในพื้นที่และผู้ใช้แรงงานในภาคการค้าและการลงทุน ความต้องการ แรงงานในภาคอุตสาหกรรมจะลดลง

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากร และ ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน ที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง ได้แก่ พื้นที่เมืองประเภท 1 และ 2 และพื้นที่อุตสาหกรรมด้าน

การเกษตรจะเพิ่มขึ้นจากแรงงานด้านการเกษตรอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นจากการส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

9. เหมืองโปแตช

ภายใต้ภาพฉายเมืองนำอยู่ ถึงแม้ว่าพื้นที่ในกลุ่มน้ำห้วยหลวงจะมีศักยภาพในการพัฒนาแร่โปแตช แต่เนื่องจากผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อทรัพยากรดินและน้ำจากการทำเหมืองจะทำให้ไม่มีการสร้างเหมืองโปแตชขึ้นในกลุ่มน้ำห้วยหลวง

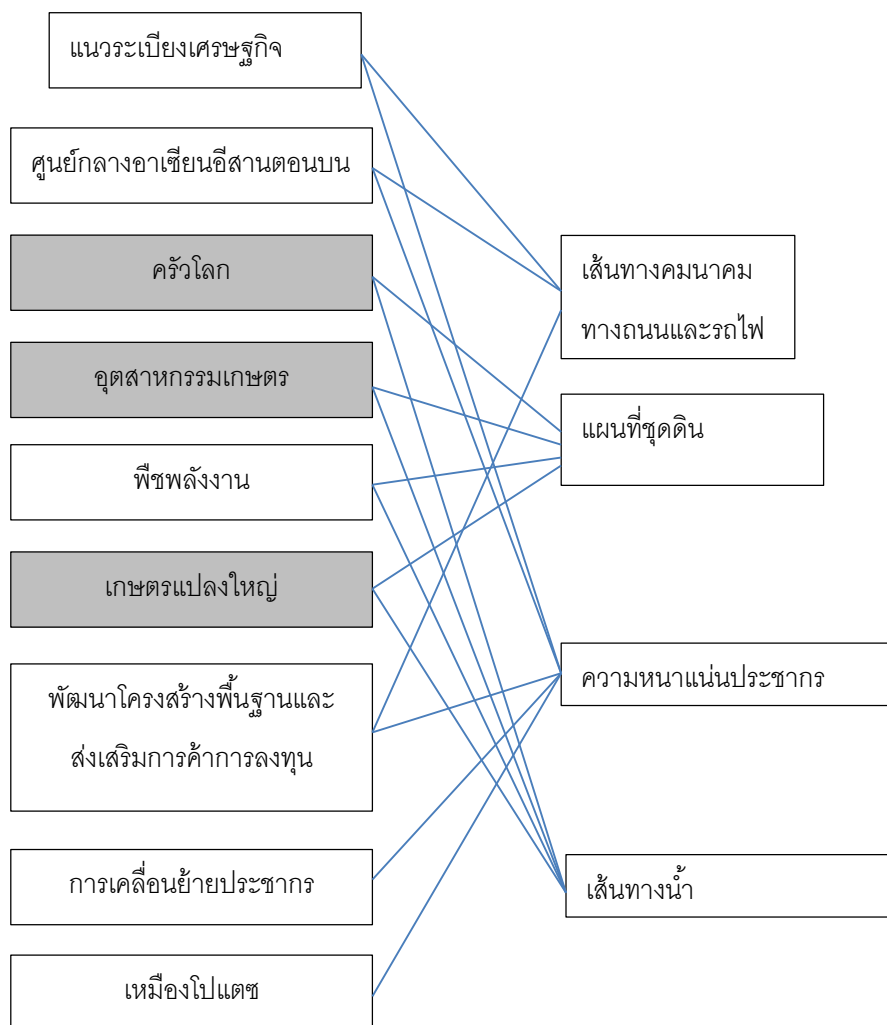
ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นประชากรจากการพัฒนาอุตสาหกรรม ได้ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นได้แก่ โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร และพื้นที่อุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก

10. ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ภัยพิบัติทางธรรมชาติเป็นภัยคุกคามต่อการพัฒนาชุมชนน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานี โดยเฉพาะภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม ภัยแล้งมีความสำคัญต่อการเกษตรภายใต้ภาพฉายเมืองนำอยู่ เนื่องจากมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูกพืช ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว และอ้อย ทำให้ต้องมีการจัดหาแหล่งน้ำสำรองเพิ่มเติมจากที่มีอยู่เดิมในธรรมชาติ เช่น การขุดบ่อน้ำบาดาล นอกจากนี้การ นอกจากนี้ยังมีการให้ความสำคัญต่อการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เพื่อรักษาสมดุลทางน้ำ เช่น ช่วยชะลอน้ำหลากจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมากผิดปกติ และเป็นต้นนี้สำคัญ และส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์

ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่ต้องพิจารณาได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นในปัจจุบัน และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติธรรมชาติโดยเฉพาะภัยแล้ง และน้ำท่วม ประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จะเห็นได้ว่าในแต่ละแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาชุมชนน้ำห้วยหลวงมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าแบบจำลองการใช้ที่ดินมากกว่า 1 ชนิด รวมทั้งบางตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าก็มีความสัมพันธ์กับแผนยุทธศาสตร์มากกว่า 1 ยุทธศาสตร์ เป็นต้น ผู้วิจัยได้สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาชุมชนน้ำห้วยหลวงกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าเชิงพื้นที่ภายใต้ภาพฉายเมืองนำอยู่ สมมติฐานการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าหลักและปัจจัยรอง เพื่อนำไปสู่การกำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต



ภาพที่ 16 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างยุทธศาสตร์การพัฒนาและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าของภาพฉายแบบ GG

ตารางที่ 27 สรุปการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน ภาพฉาย GG

การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
พื้นที่เมืองประเภท 1	+1.0
พื้นที่เมืองประเภท 2	+0.6
พื้นที่อุตสาหกรรม	+0.5
พื้นที่ปลูกข้าว	+3.0
พื้นที่ปลูกอ้อย	-0.9
พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	-0.9
พื้นที่ปลูกยางพารา	-1.8
พื้นที่ปลูกพืชพลังงาน	+3
พื้นที่แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น	+2.0
พื้นที่ป่าไม้	+2.0

การกำหนด parameter ที่ใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1 การกำหนด Land use services

เป็นการกำหนดการตอบสนองต่อความต้องการของการใช้ที่ดิน (land use demand) แต่ละประเภท โดยในโปรแกรม CLUMondo จะกำหนด land use services โดยการเปรียบเทียบกับขนาดของ pixel ของแผนที่การใช้ที่ดิน ตัวอย่าง เช่น พื้นที่กริดขนาด 0.4×0.4 km จะมีขนาดของพื้นที่เท่ากับ 0.16 ตารางกิโลเมตร และดังต่อไปนี้

- ความเป็นเมือง $U1 = 0.16$ km² $U2 = 0.02$ km² $IN = 0.16$ km²
- พืชอาหาร $R = 0.16$ km²
- พืชพลังงาน $Ene = 0.16$ km²
- แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น ($W2$) = 0.16 km²

2. ความต้านทานการเปลี่ยนแปลง (Conversion resistance)

เป็นการกำหนดความยากง่ายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่งสำหรับภาพฉาย REG โดยค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ค่า 1 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นได้ โดยภาพฉาย REG จะมีความแตกต่างจาก BAU โดยพื้นที่ประเภทอุตสาหกรรมจะไม่

สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และพื้นที่พืชพลังงานจะมีค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังจะมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงลดลง ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 แสดงค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉาย GG

การใช้ที่ดิน	ค่าความต้านทานการเปลี่ยนแปลง
ข้าว	0.8
อ้อย	0.2
มันสำปะหลัง	0.2
ยางพารา	0
พื้นที่เกษตรอื่นๆ	0.3
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	0
ป่าไม้	1
เมืองประเภท 1	1
เมืองประเภท 2	1
อุตสาหกรรม	0.5
แหล่งน้ำธรรมชาติ	1
แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น	1

3. การกำหนดเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้ที่ดิน (land use conversion matrix)

เป็นการกำหนดระดับความยากง่ายระหว่างการใช้ที่ดิน 2 ประเภท โดยถ้ามีค่ากับ 1 หมายความว่า การใช้ที่ดินประเภทหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยสมบูรณ์ แต่ถ้ามีค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทหนึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินอีกประเภทหนึ่งได้โดยเด็ดขาด ค่า land use conversion matrix ของภาพฉาย REG จะมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 แสดงเมตริกซ์การเปลี่ยนแปลง

	R	Su	Ca	Rub	Otherag	Mis	F	U1	U2	IN	W1	W2
R	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Su	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Ca	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Rub	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Otherag	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Mis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
U2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
IN	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
W1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
W2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

4. การกำหนดค่าความต้องการการใช้ที่ดิน (demand scenario)

เป็นการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในอนาคตตาม land use services ที่กำหนดขึ้น โดยจะกำหนดเป็นระยะเวลา 30 ปี (2013-2043) โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการใช้ที่ดินที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use service และประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง

Land use services	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
พื้นที่เมืองประเภท 1	เพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.0 / 10 ปี (0.1%)
พื้นที่เมืองประเภท 2	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.6 / 10 ปี (0.06%)
อุตสาหกรรม	เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 / 10 ปี (0.05%)
ข้าว	เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 / 10 ปี (0.3%)
อ้อย มันสำปะหลัง	ลดลงร้อยละ 1.8/ 10 ปี (0.18%)
พืชพลังงาน	เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 / 10 ปี (0.30%)
แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.0/ 10 ปี (0.2%)
ป่าไม้	เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.0/ 10 ปี (0.2%)

โดยจะต้องมีการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินในแต่ละปีเพื่อใช้เป็น ข้อมูลนำเข้าในการจำลองการใช้ที่ดิน โดยกำหนด land use demand จะเป็นไปตาม land use service ที่กำหนดไว้โดย

- พื้นที่แบบ built up land เพิ่มขึ้น 0.21 % ต่อปี
- พื้นที่พืชอาหาร เพิ่มขึ้น 0.3 % ต่อปี
- พื้นที่พืชพลังงาน เพิ่มขึ้น 0.12 % ต่อปี
- พื้นที่แหล่งน้ำ/พื้นที่ป่าไม้ ที่มนุษย์สร้างขึ้น 0.4 % ปี

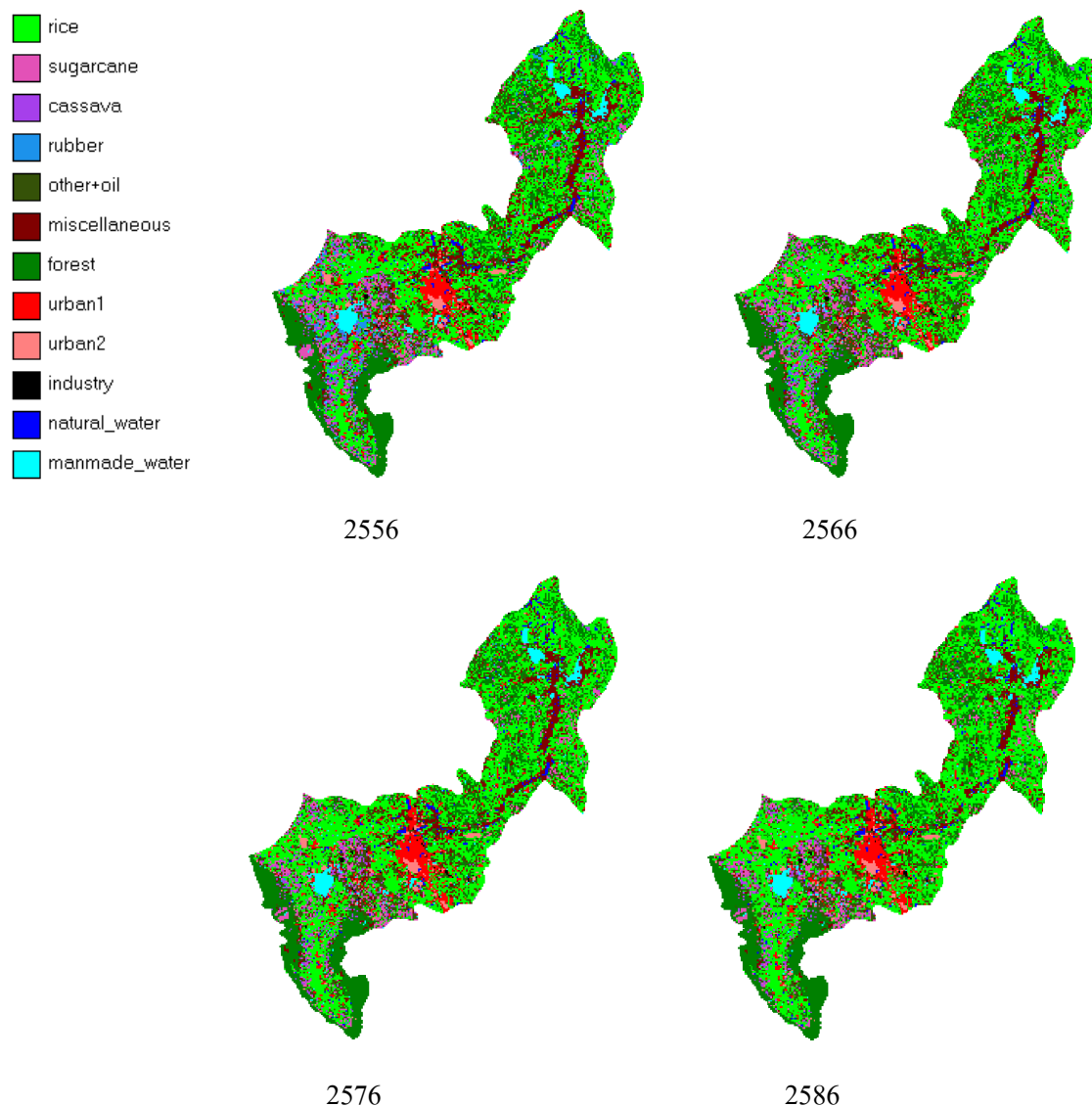
เมื่อพิจารณาภายใต้ภาพฉายทั้ง 3 พบว่า land use service ของลุ่มน้ำห้วยหลวง แสดงในตารางที่ 30 สำหรับจังหวัดอุดรธานีซึ่งเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่กว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของลุ่มน้ำห้วยหลวงจะมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้ภาพฉายทั้ง 3 ภาพฉายเหมือนลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ land use services 4 ชนิด แต่จะแตกต่างกันตรงขนาดของพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภทจะแตกต่างกับลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของ land use services ของจังหวัดอุดรธานีแสดงในตารางที่ 31 เช่นกัน

ตารางที่ 31 สรุปร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อปีของ Land use service ทั้ง 3 ภาพฉายของลุ่มน้ำห้วยหลวงและ จังหวัดอุดรธานี

ภาพฉาย	BAU	REG	GG
พื้นที่เมือง	+0.44	+1.155	+0.21
พื้นที่พืชอาหาร	+0.60	+0.0375	+0.3
พื้นที่พืชพลังงาน	-0.25	+0.21	+0.12
พื้นที่แหล่งน้ำ/ป่าไม้	+0.076	+0.044	+0.40

4.4 ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบ BAU ของลุ่มน้ำห้วยหลวง

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบ BAU แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566 และ 2571 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงภาพการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายแบบ BAU ปี พ.ศ.2556, 2566 และ 2571

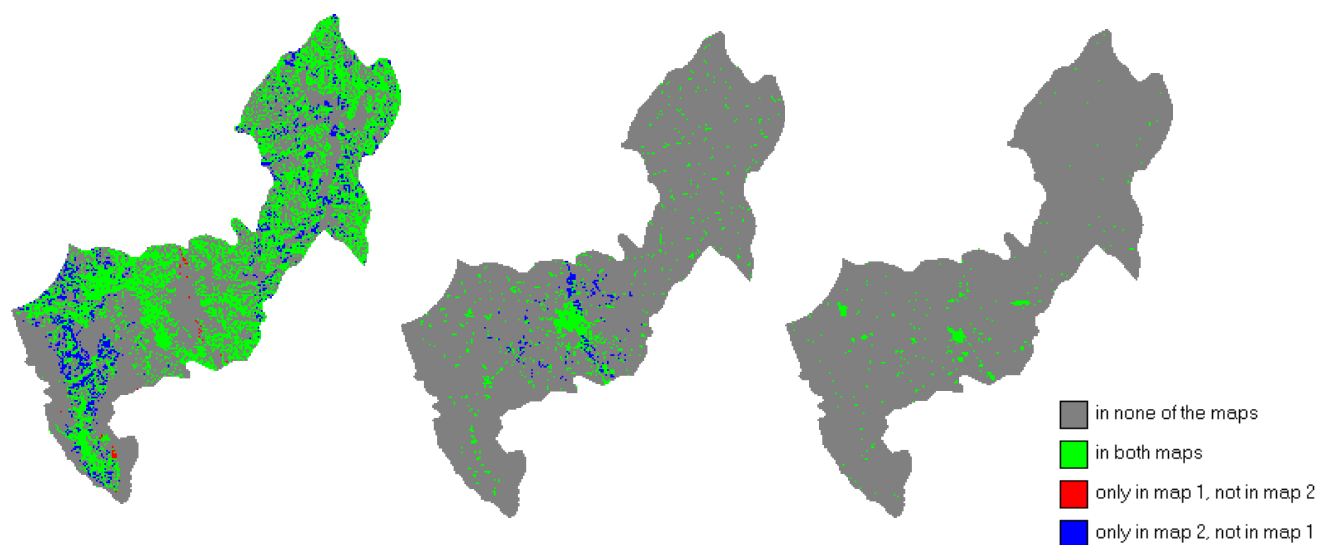
ตามลำดับ

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 32

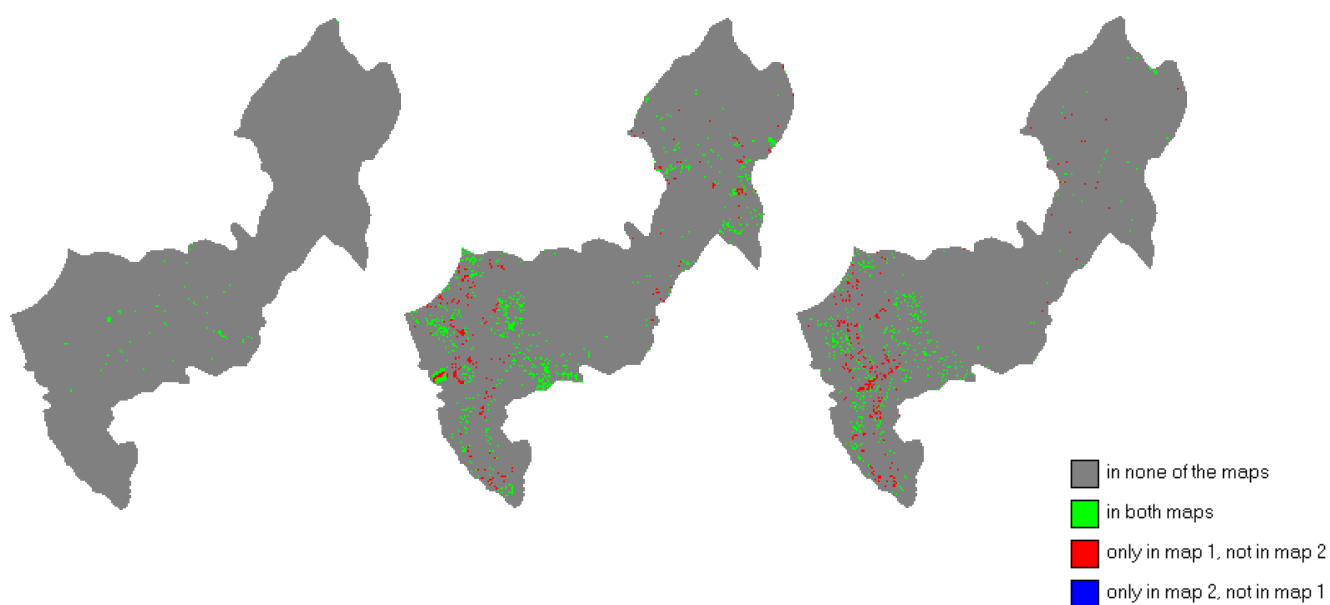
ตารางที่ 32 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพ
ฉายแบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) กลุ่มน้ำห้วยหลวง

เป้าประสงค์ ของการใช้ ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ ปรากฏในแผนที่ ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร. กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร. กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	1845.12	6.72	1341.12	249.76
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	3221.76	0	184.32	36.64
	เมืองประเภท 2	3379.84	0	62.88	0
	อุตสาหกรรม	3433.28	0	9.44	0
พืชพลังงาน	อ้อย	3285.12	37.28	120.32	0
	มันสำปะหลัง	3332.80	36	73.92	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	3091.84	4.8	313.60	32.48
พื้นที่แหล่ง น้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น/ป่า ไม้	ป่าไม้	2841.92	0	584	16.8
	แหล่งน้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น	3345.44	4.8	92.48	0

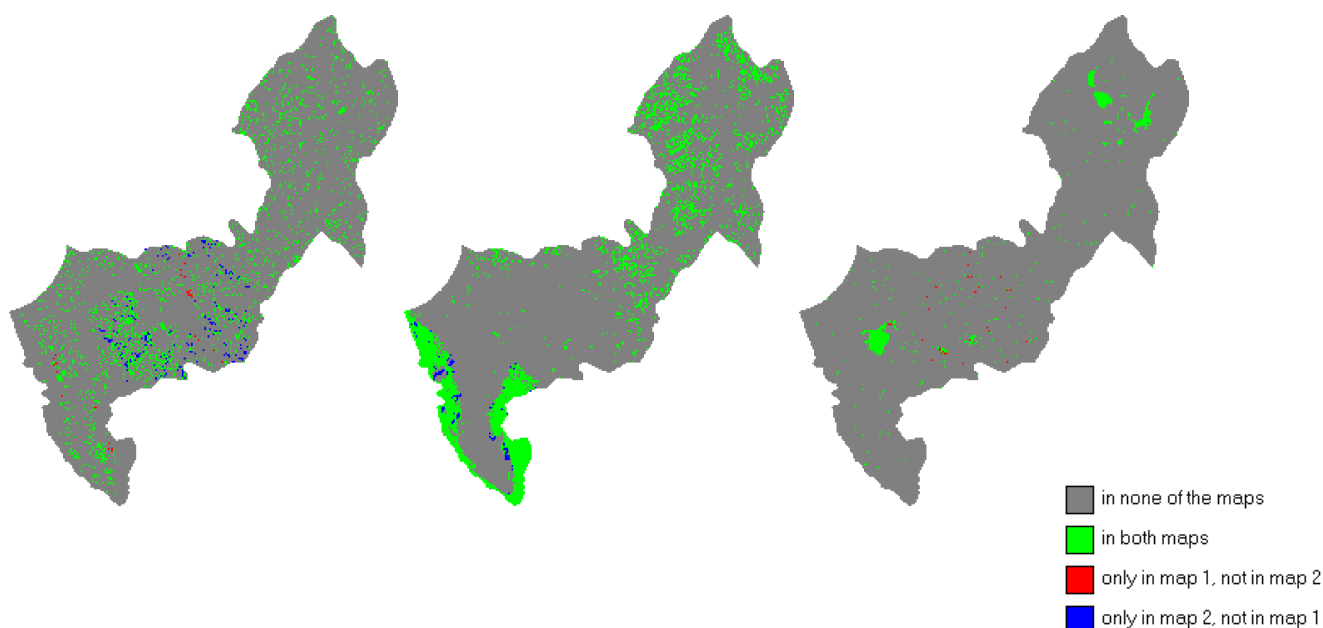
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ
ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายแบบเมืองเดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ
ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ
2586 (in both maps) พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี
พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 18, 19 และ 20 ตามลำดับ



ภาพที่ 18 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง



ภาพที่ 19 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง

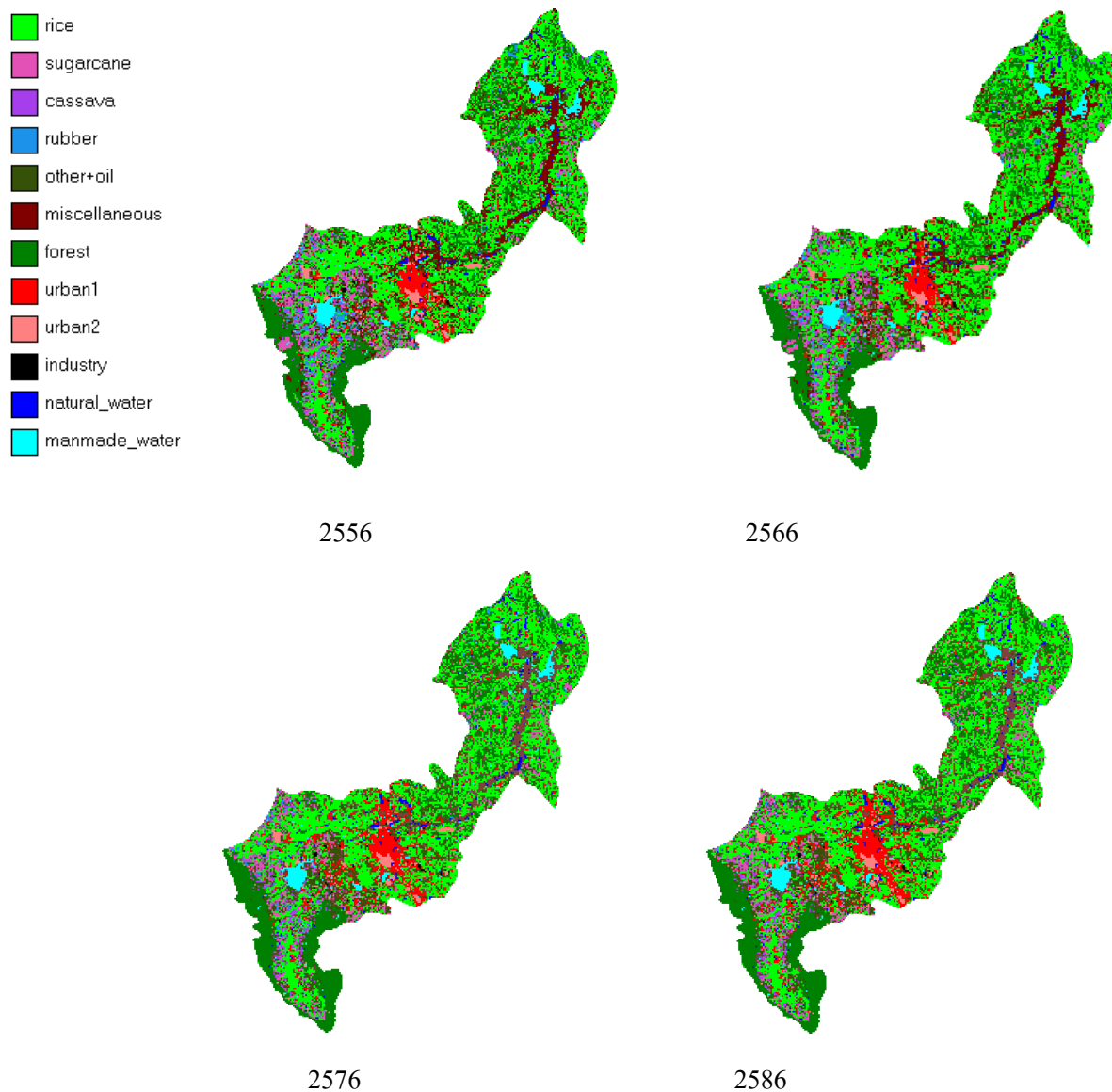


ภาพที่ 20 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 ลุ่มน้ำห้วยหลวง

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายแบบเมืองเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ 2586 (in both maps) พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 17, 18 และ 19 ตามลำดับ

4.5 ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG)

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบ REG แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566, 2576 และ 2586 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 21



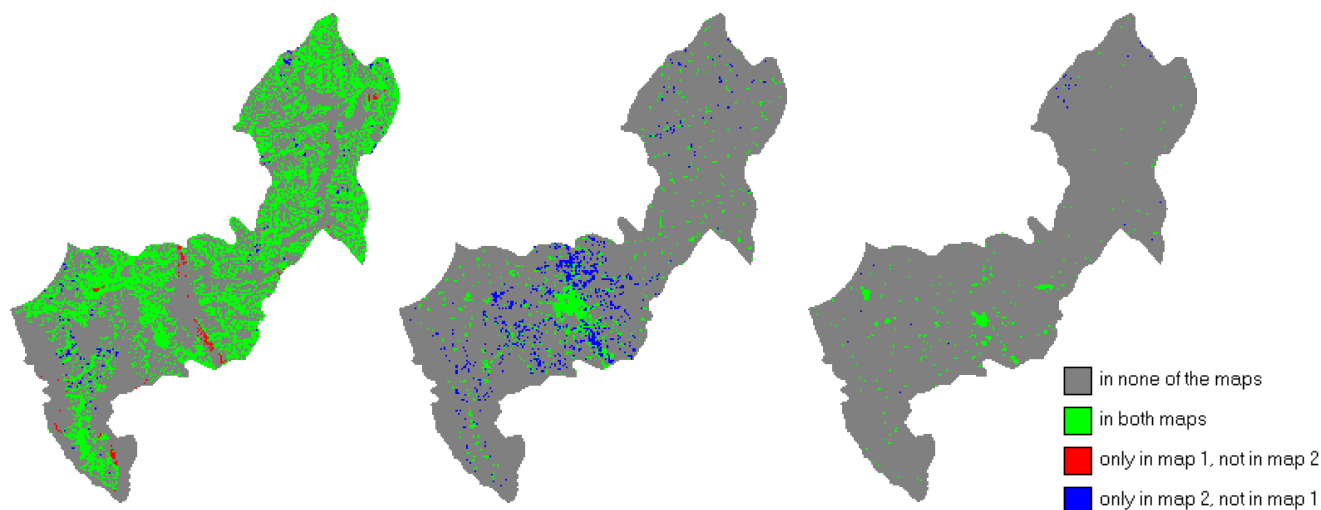
ภาพที่ 21 แสดงภาพการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายแบบ REG

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 33

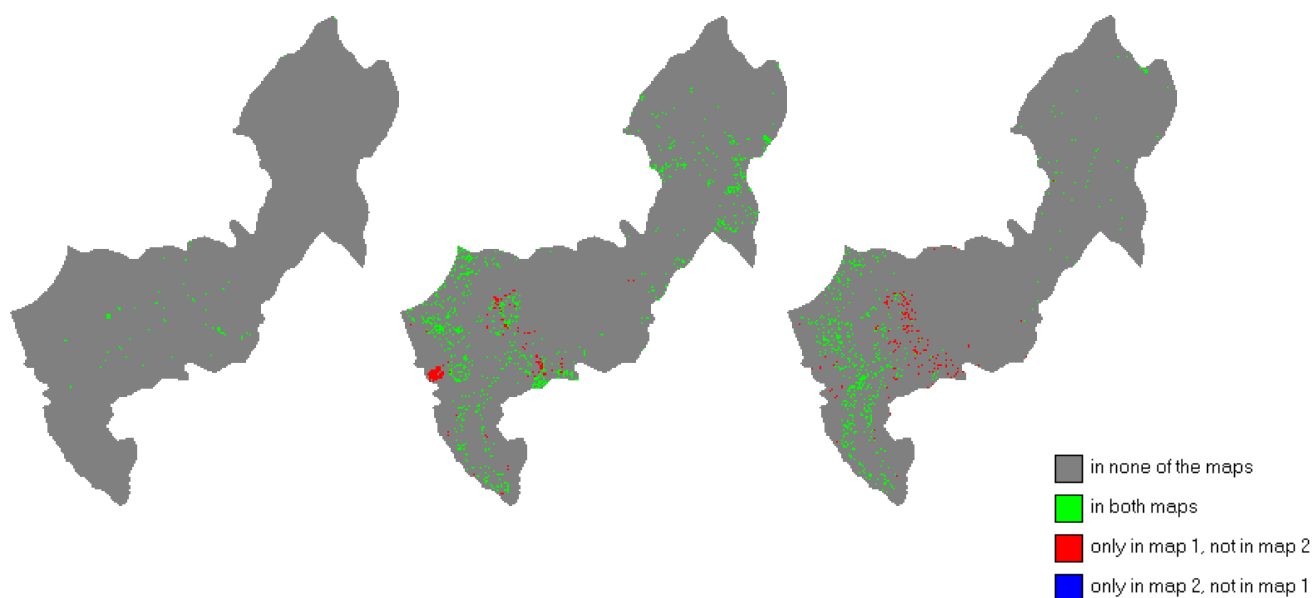
ตารางที่ 33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) กลุ่มน้ำห้วยหลวง

เป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร.กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	2067.84	20.16	1327.68	27.04
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	3123.2	0	184.32	135.2
	เมืองประเภท 2	3375.86	0	62.88	4.16
	อุตสาหกรรม	3433.28	0	9.44	0
พืชพลังงาน	อ้อย	3285.12	21.44	136.16	0
	มันสำปะหลัง	3332.8	23.52	86.4	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	3043.36	0	318.4	80.96
พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น/ป่าไม้	ป่าไม้	2820.64	32.64	551.36	38.08
	แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	3345.44	1.28	96	0

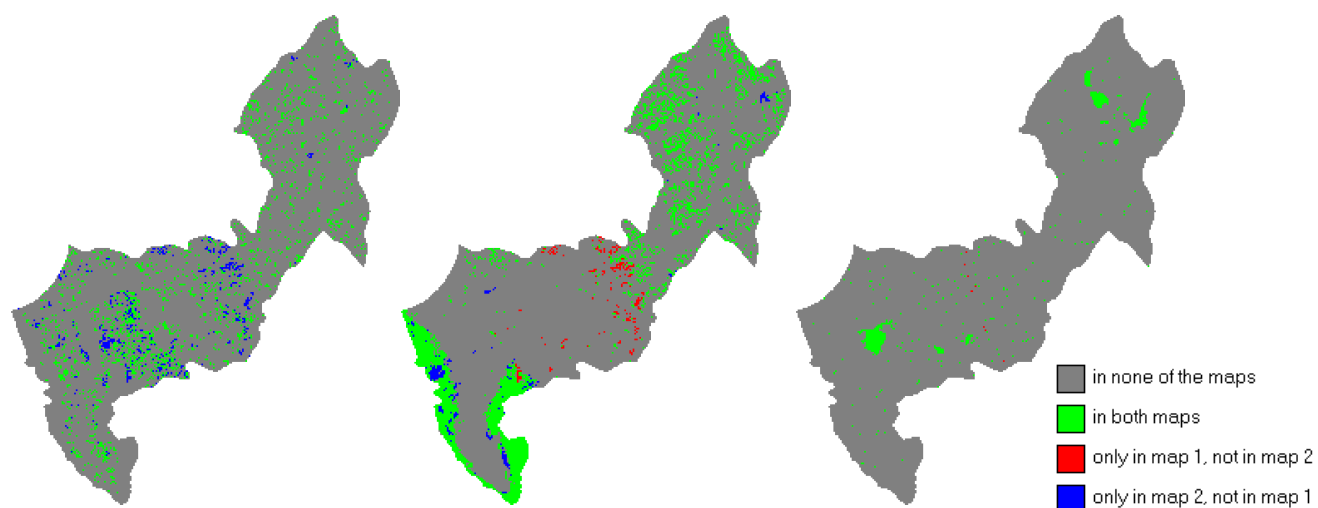
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายแบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ 2586 (in both maps) พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 22, 23 และ 24



ภาพที่ 22 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง



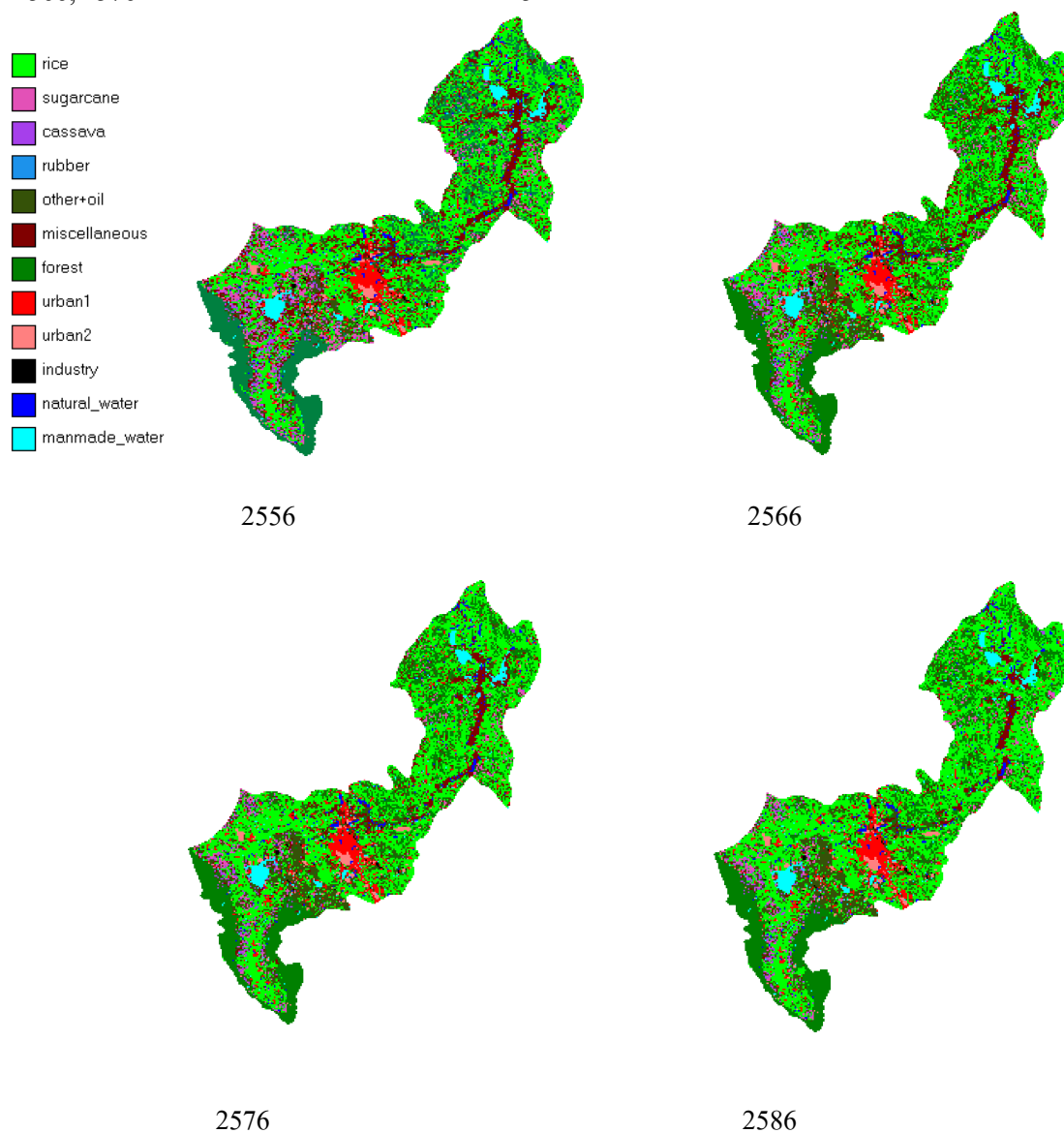
ภาพที่ 23 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง



ภาพที่ 24 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง

4.6 ภาพฉายการใช้ที่ดินแบบเมืองน่าอยู่ (GG) ของลุ่มน้ำห้วยหลวง

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงแบบเมืองน่าอยู่ (GG) แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566, 2576 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 25



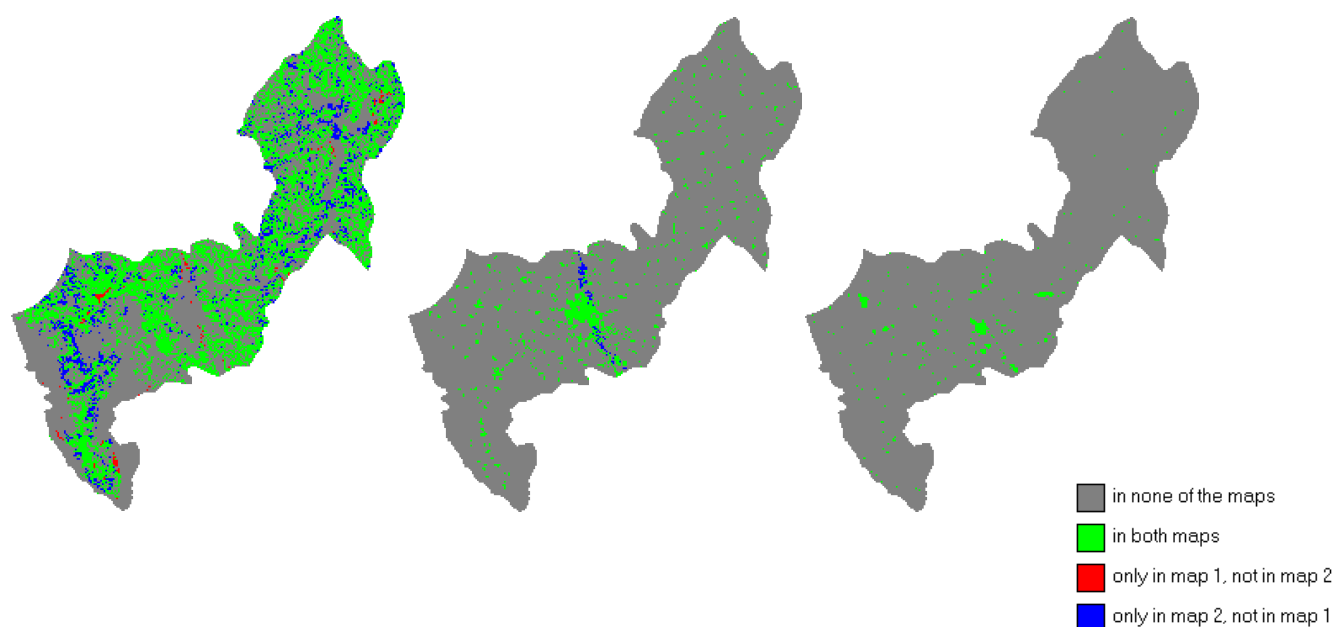
ภาพที่ 25 แสดงภาพการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายแบบ GG

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 34

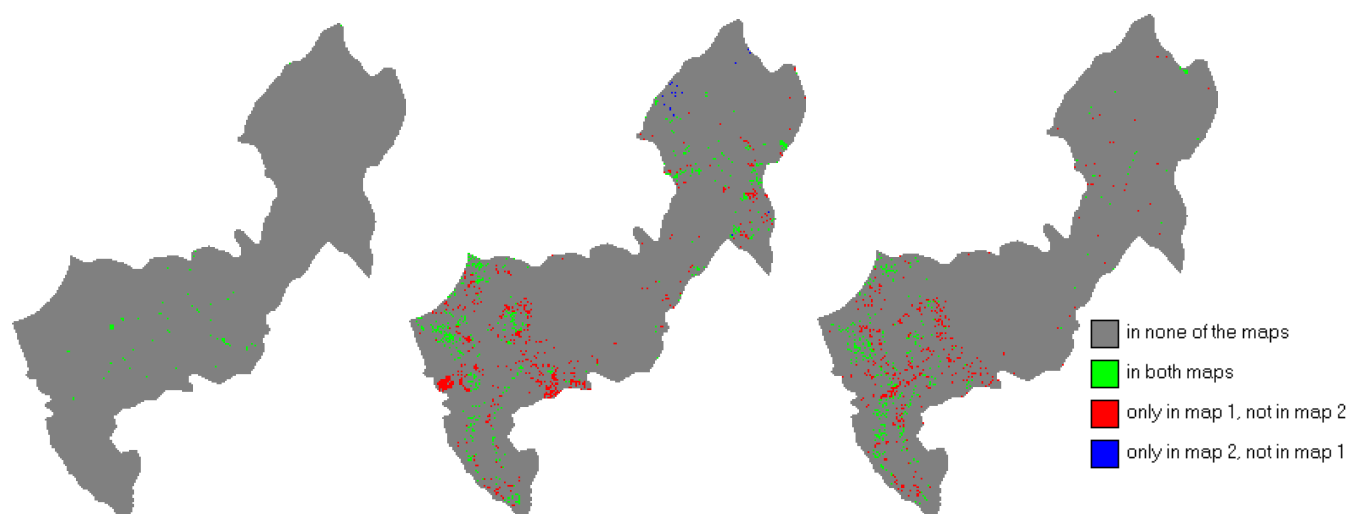
ตารางที่ 34 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพ
ฉายแบบเมืองน่าอยู่ (Green growth หรือ GG) กลุ่มน้ำห้วยหลวง

เป้าประสงค์ ของการใช้ ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ ปรากฏในแผนที่ ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร. กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร. กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	1818.88	22.56	1325.28	276
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	3244.48	0	184.32	13.92
	เมืองประเภท 2	3379.84	0	62.88	0
	อุตสาหกรรม	3433.28	0	9.44	0
พืชพลังงาน	อ้อย	20515	516	469	17
	มันสำปะหลัง	20830	371	316	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	18436	71	1919	1091
พื้นที่แหล่ง น้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น/ป่า ไม้	ป่าไม้	17343	0	3650	524
	แหล่งน้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น	20909	0	608	0

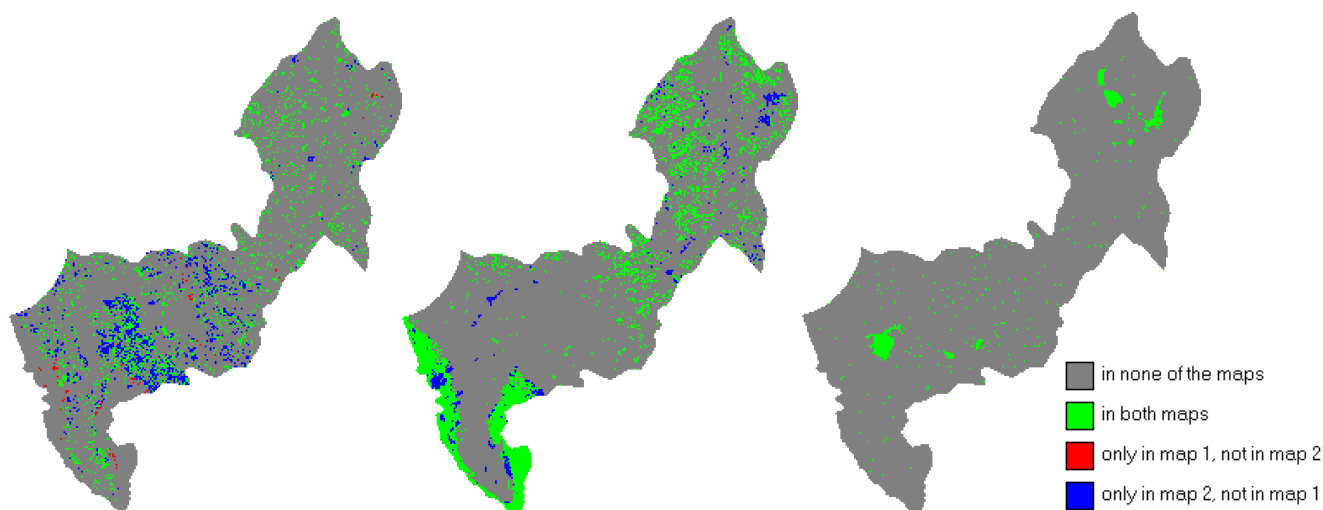
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ
ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายแบบเมืองน่าอยู่ (GG) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏ
ในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ 2586 (in both maps) พื้นที่ที่
ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in
map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 26, 27 และ 28



ภาพที่ 26 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง



ภาพที่ 27 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง

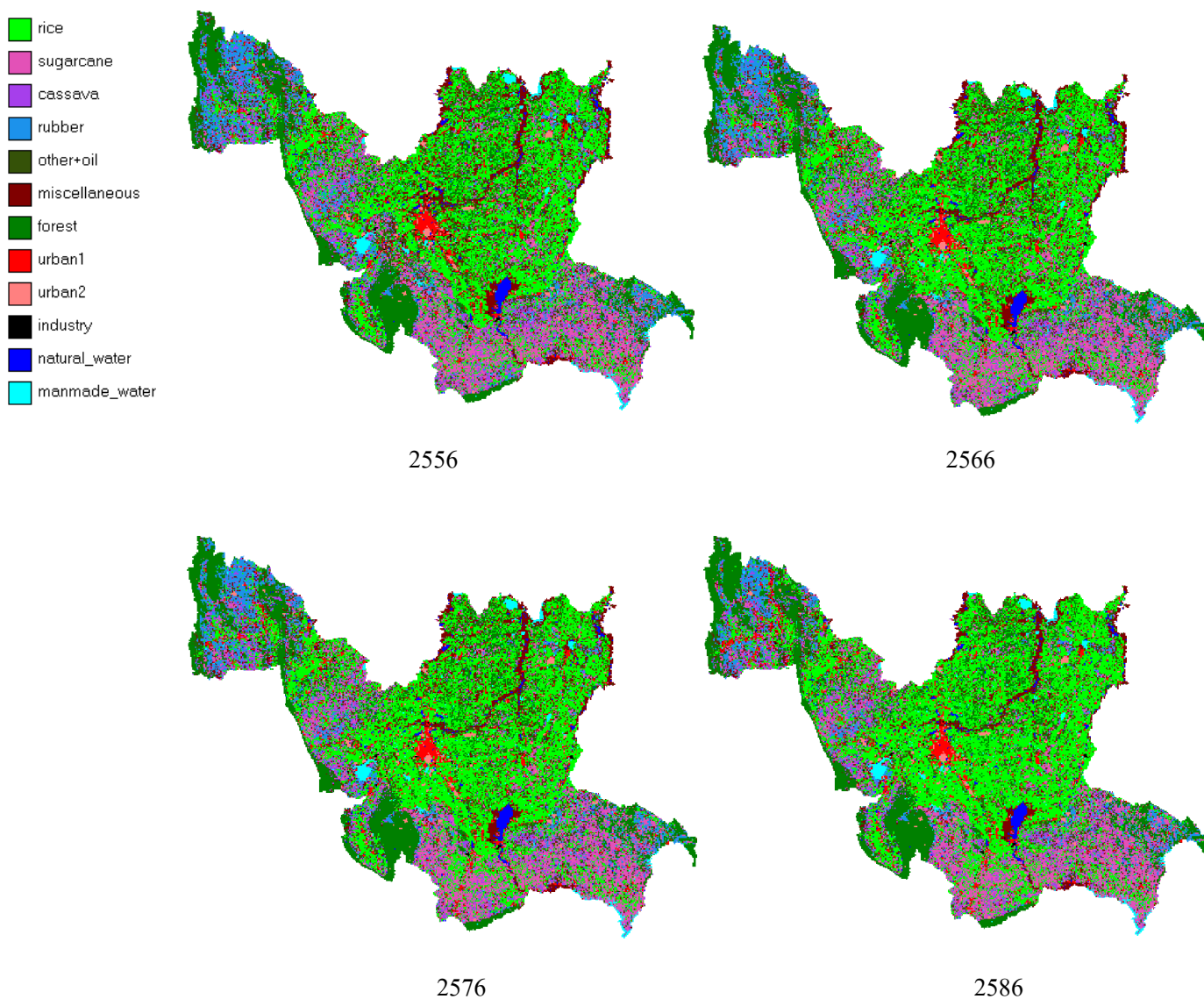


ภาพที่ 28 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 กลุ่มน้ำห้วยหลวง

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองในปี พ.ศ.2586 ทั้ง 3 ภาพฉายพบว่า รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับปัจจัย/แรงขับเคลื่อนและทิศทางการพัฒนาของแต่ละภาพฉาย โดยพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นถึง 534 ตร.กม. เมื่อเปรียบเทียบกับภาพฉาย BAU และ REG (16.8 และ 38.08 ตร.กม ตามลำดับ) เพื่อตอบสนองต่อการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและการทำเกษตรอินทรีย์ ในขณะที่พื้นที่เมืองประเภทที่ 1 (ที่พักอาศัยและย่านการค้า) มีการเพิ่มขึ้น 135.2, 36.64 และ 13.92 ตร.กม ในภาพฉายแบบ REG, BAU และ GG ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาที่เน้นการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และเป็นศูนย์กลางทางการค้าของจังหวัด การเพิ่มขึ้นของประชากร และความต้องการแรงงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวที่เกิดขึ้นใหม่ในปี พ.ศ.2586 ของภาพฉาย BAU และ GG จะมีมากกว่าภาพฉาย REG แสดงถึงการส่งเสริมการปลูกข้าวเพื่อเป็นพืชอาหารหลัก ในขณะที่ภาพฉาย REG ถึงแม้ว่าพื้นที่ปลูกข้าวที่เกิดขึ้นใหม่ในปี พ.ศ.2586 มีเนื้อที่ 27.04 ตร.กม. แต่ในขณะเดียวกัน พื้นที่ปลูกข้าวในปี พ.ศ.2556 ก็เปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น เช่นกัน ทำให้การขยายของพื้นที่ปลูกข้าวในภาพฉายนี้ จะมีขนาดน้อยกว่าภาพฉาย BAU และ GG

4.7 ภาพฉายแบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) ของจังหวัดอุดรธานี

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีแบบ BAU แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566, 2576 และ 2586 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 29



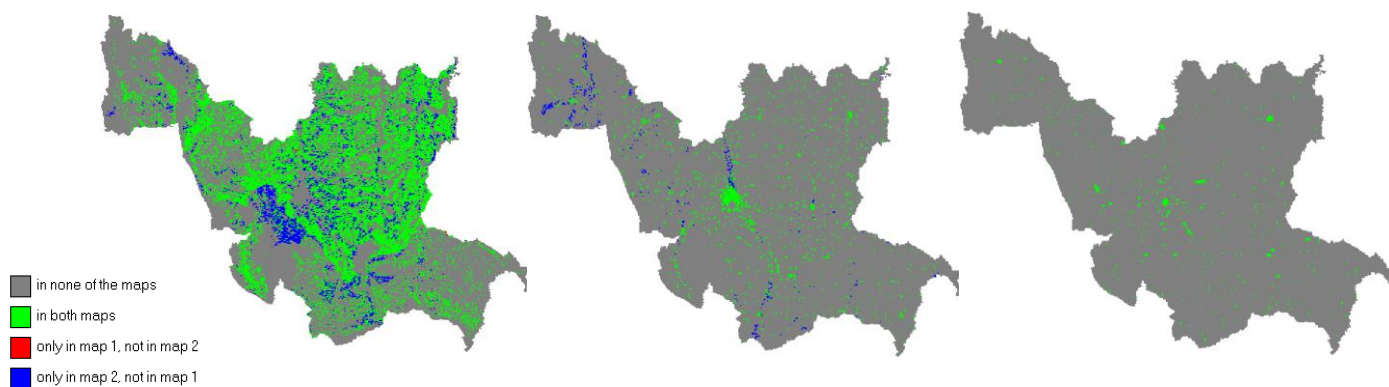
ภาพที่ 29 แสดงภาพการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายแบบ BAU พ.ศ.2556-2586

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 35

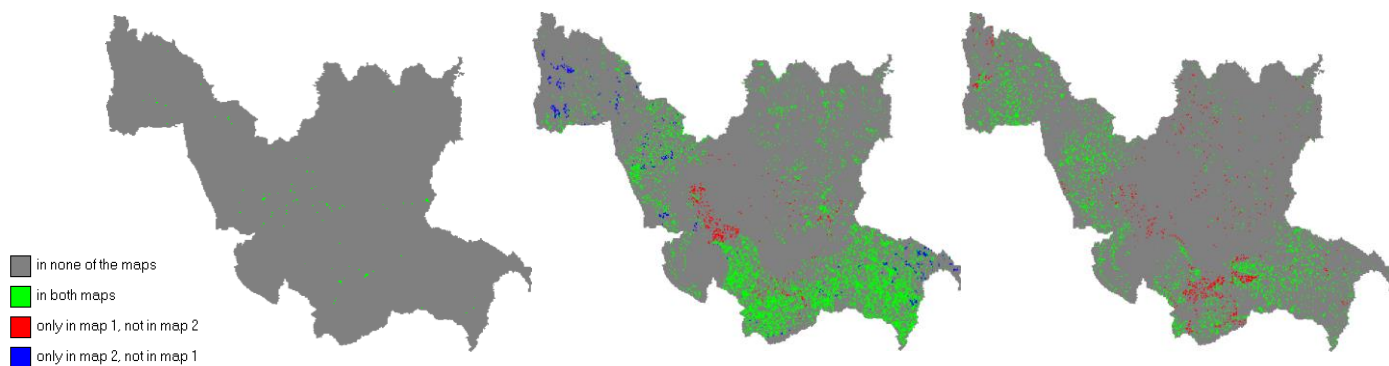
ตารางที่ 35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพ
ฉายแบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) จ.อุดรธานี

เป้าประสงค์ ของการใช้ ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ ปรากฏในแผนที่ ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร. กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร. กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	6784.64	2.4	3589.12	694.72
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	10520.16	0	456	158.72
	เมืองประเภท 2	10908.32	0	162.56	0
	อุตสาหกรรม	11050.24	0	20.64	0
พืชพลังงาน	อ้อย	9640.48	65.44	1282.72	82.24
	มันสำปะหลัง	10274.72	129.28	666.88	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	10242.24	114.72	713.92	0
พื้นที่แหล่ง น้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น/ป่า ไม้	ป่าไม้	9460	0	1556.64	54.24
	แหล่งน้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น	10872.2	0	196.64	1.44

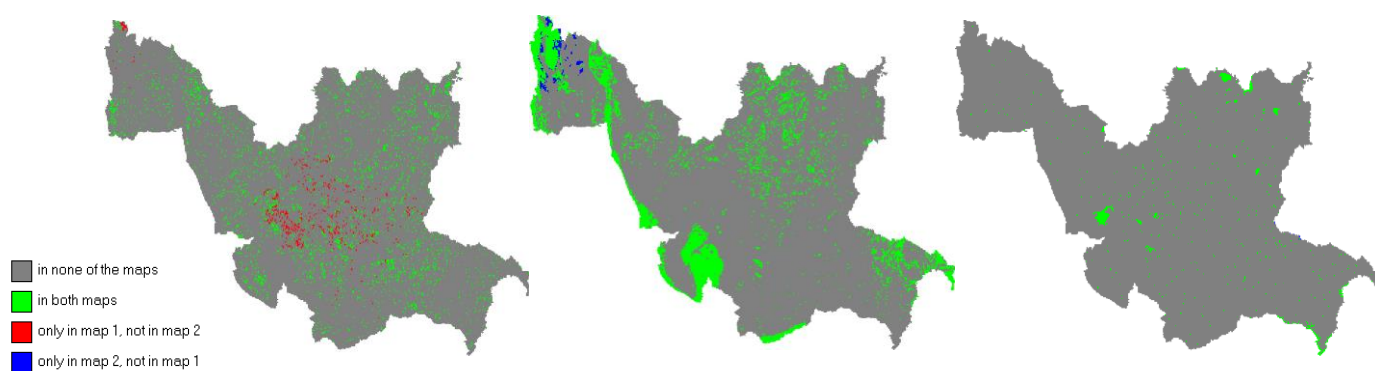
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ
ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายแบบเมือง เดิมโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ
ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ
2586 (in both maps) พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี
พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 30, 31 และ 32



ภาพที่ 30 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเทท 1 และเมืองประเทท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี



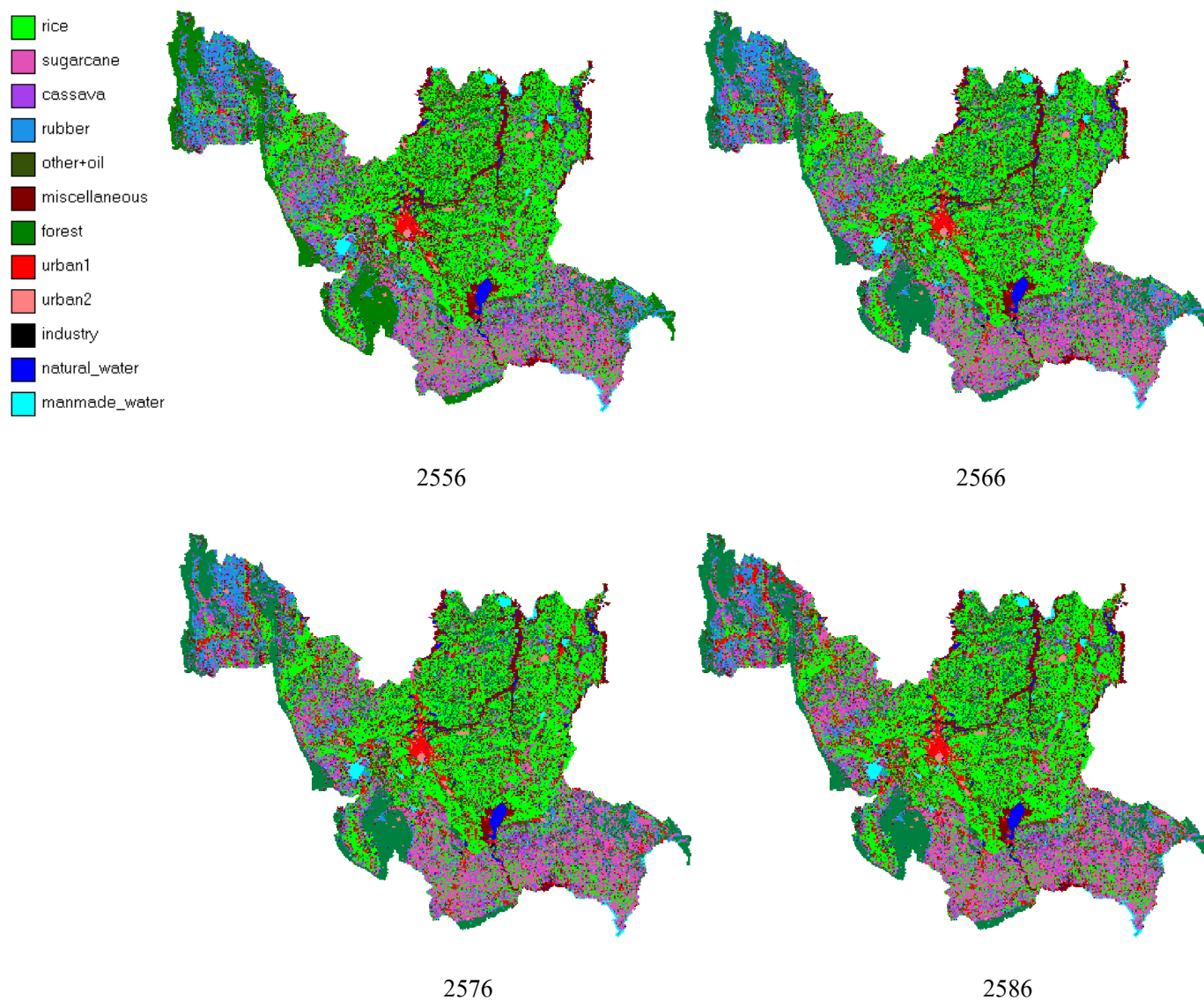
ภาพที่ 31 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี



ภาพที่ 32 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี

4.8 ภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) ของจังหวัดอุดรธานี

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีแบบ REG แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566, 2576 และ 2586 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 33



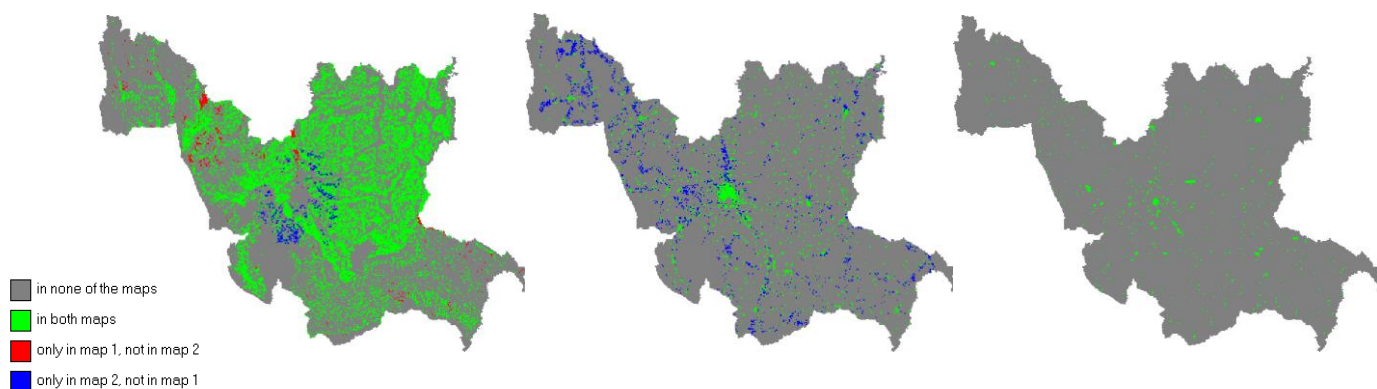
ภาพที่ 33 แสดงภาพการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายแบบ REG พ.ศ.2556-2586

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 36

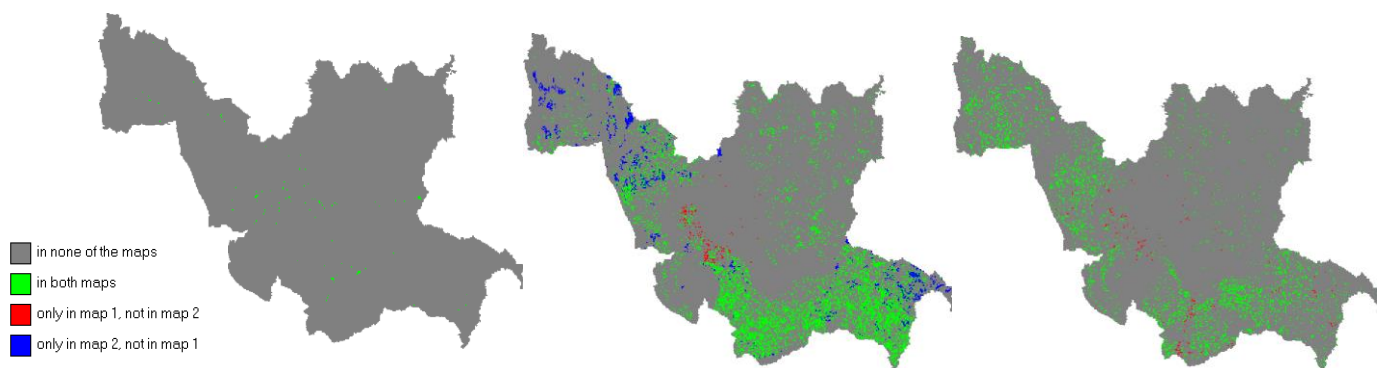
ตารางที่ 36 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพฉาย แบบเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) จ.อุดรธานี

เป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร.กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	7378.08	89.12	3502.4	101.28
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	10239.36	0	456	375.52
	เมืองประเภท 2	10908.32	0	162.56	0
	อุตสาหกรรม	11050.24	0	20.64	0
พืชพลังงาน	อ้อย	9485.28	26.24	1321.92	237.44
	มันสำปะหลัง	10274.72	34.72	761.44	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	10242.24	0	828.64	0
พื้นที่แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น/ป่าไม้	ป่าไม้	9472.32	13.92	1542.72	41.92
	แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น	10874.24	0	196.64	0

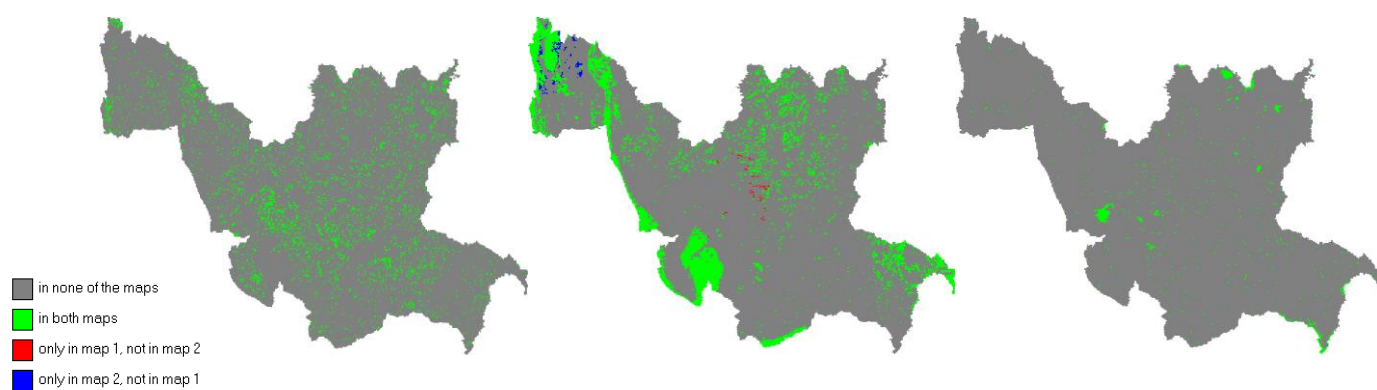
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายเมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏในแผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ 2586 (in both maps) พื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 34, 35 และ 36



ภาพที่ 34 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุตรธานี



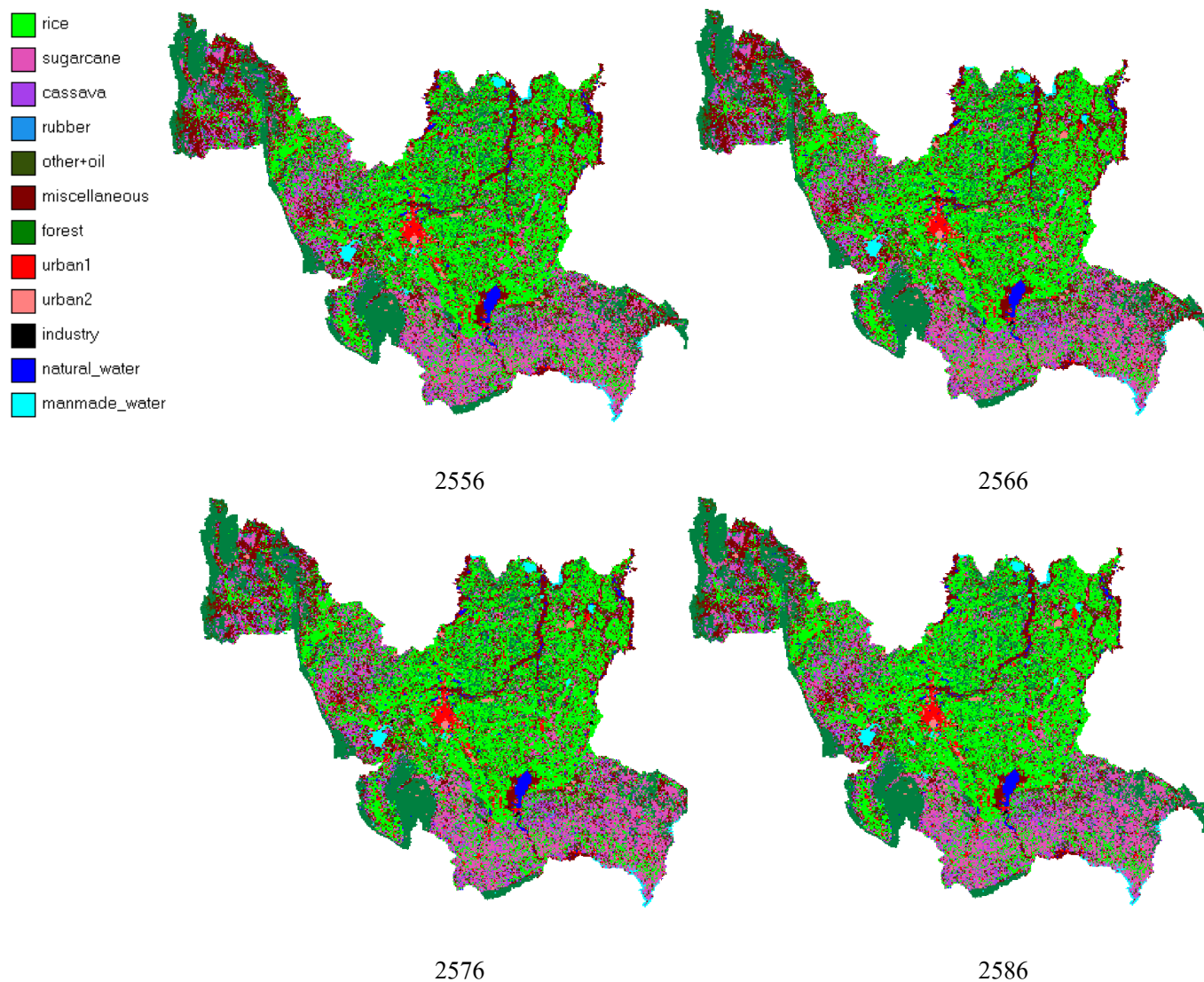
ภาพที่ 35 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุตรธานี



ภาพที่ 36 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี

4.9 ภาพฉายแบบเมืองนำอยู่ (GG) ของจังหวัดอุดรธานี

ภายใต้ภาพฉายการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีแบบ REG แผนภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556, 2566, 2576 และ 2586 ได้ผลการศึกษาดังแสดงดังภาพที่ 37



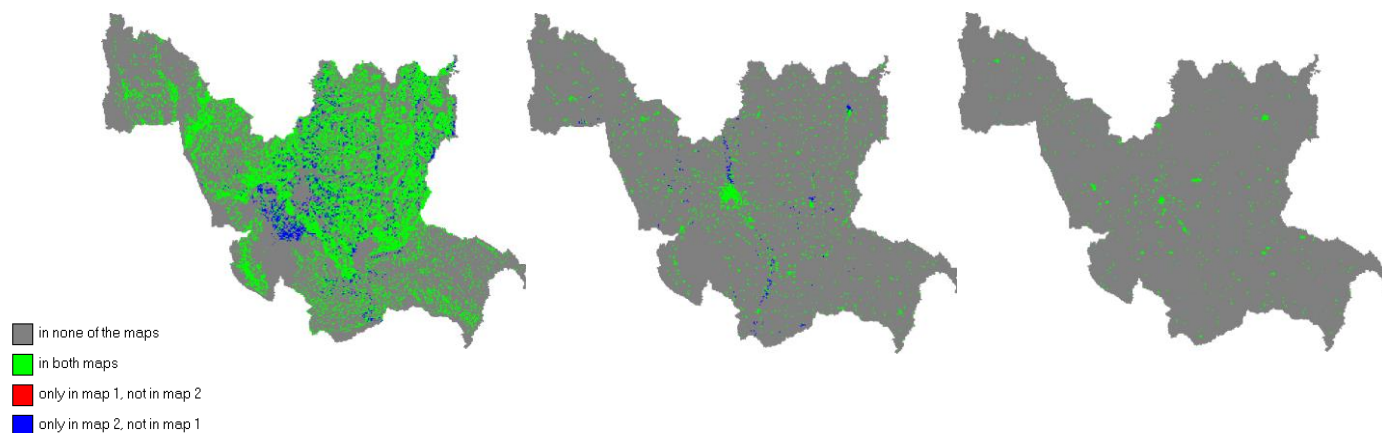
ภาพที่ 37 แสดงภาพการใช้ที่ดินจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายแบบ GG พ.ศ.2556-2586

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดิน (land use services) ที่ได้จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2586 และปี พ.ศ.2556 แสดงในตารางที่ 37

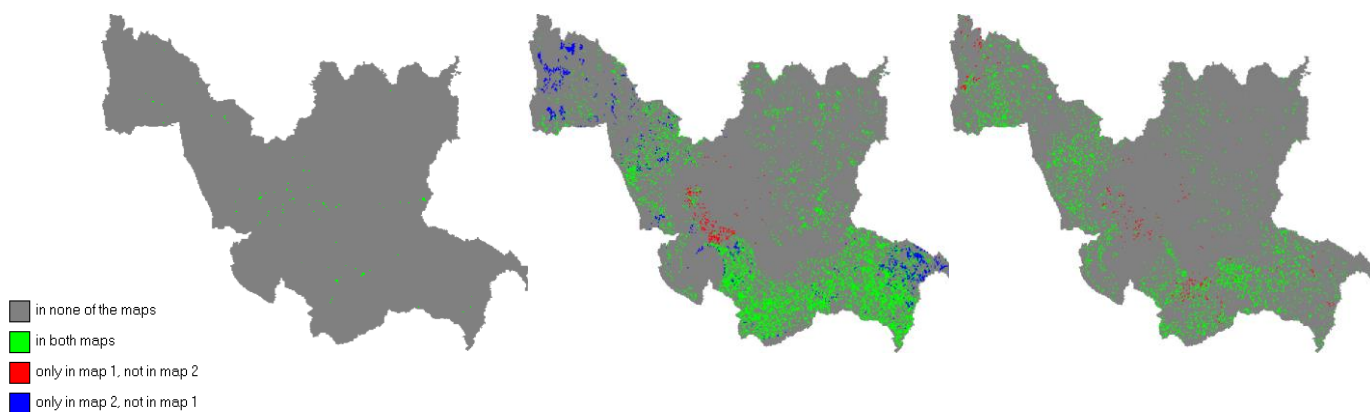
ตารางที่ 37 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามเป้าประสงค์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2556-2586 ของภาพ
ฉายแบบเมืองน่าอยู่ (Green growth หรือ GG) จ.อุดรธานี

เป้าประสงค์ ของการใช้ ที่ดิน (land use services)	ประเภทการใช้ ที่ดิน (land use classes)	พื้นที่ที่ไม่ได้ ปรากฏในแผนที่ ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) (ตร. กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ 2586 (in both maps) (ตร.กม.)	พื้นที่ที่ปรากฏ ในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in map 2, not in map 1) (ตร. กม.)
พืชอาหาร	ข้าว	7125.28	0	3596.32	354.08
พื้นที่เมือง	เมืองประเภท 1	10577.12	0	456	37.76
	เมืองประเภท 2	10908.32	0	162.56	0
	อุตสาหกรรม	11050.24	0	20.64	0
พืชพลังงาน	อ้อย	9528.96	38.4	1309.76	193.76
	มันสำปะหลัง	10274.72	45.92	750.24	0
	พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน	10242.24	0	828.64	0
พื้นที่แหล่ง น้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น/ป่า ไม้	ป่าไม้	9309.6	0	1556.64	204.64
	แหล่งน้ำที่มนุษย์ สร้างขึ้น	10874.24	0	196.64	0

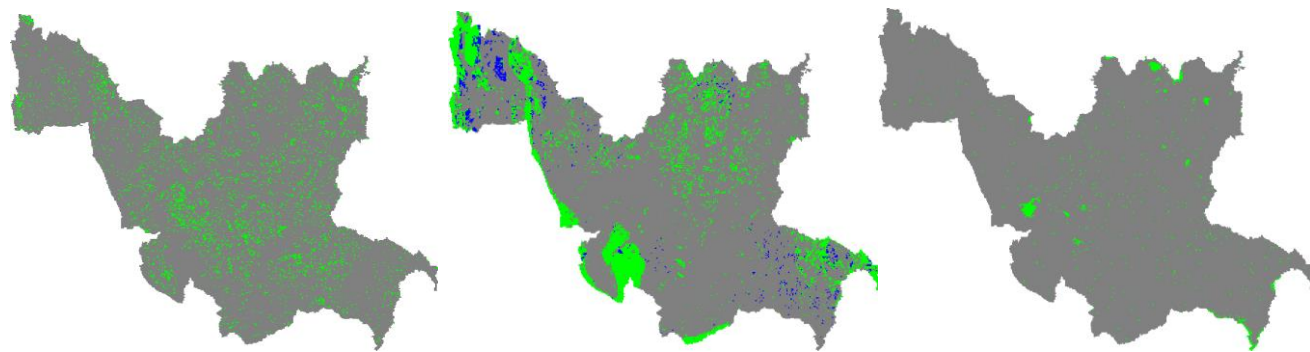
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน 9 ประเภทตามเป้าประสงค์ของการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2556 และ
ปี พ.ศ.2586 ของภาพฉายเมืองน่าอยู่ (GG) และแสดงผลเชิงเปรียบเทียบ 4 แบบ ได้แก่ พื้นที่ที่ไม่ได้ปรากฏใน
แผนที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา (in none of the map) พื้นที่ที่ปรากฏทั้งในปี พ.ศ.2556 และ 2586 (in both maps) พื้นที่ที่
ปรากฏในปี พ.ศ.2556 เท่านั้น (only in map 1, not in map2) และพื้นที่ที่ปรากฏในปี พ.ศ.2586 เท่านั้น (only in
map 2, not in map 1) ตามสีที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 38, 39 และ 40



ภาพที่ 38 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูกข้าว เมืองประเภท 1 และเมืองประเภท 2 (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี



ภาพที่ 39 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่อุตสาหกรรม อ้อย และมันสำปะหลัง (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี



ภาพที่ 40 แสดงแผนที่เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่พืชอื่นๆ+พืชน้ำมัน ป่าไม้ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ตามลำดับ) ปี พ.ศ.2556 และ 2586 จ.อุดรธานี

4.10 บทสรุป

แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีในอนาคต 30 ปี (พ.ศ.2556-2586) โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงละ 10 ปี ได้แก่ พ.ศ.2566, 2576 และ 2586 มีผลลัพธ์ที่แตกต่างกันภายใต้ภาพฉายของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ได้แก่ เมืองเจริญเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป (BAU) เมืองเศรษฐกิจและการลงทุน (REG) และเมืองน่าอยู่ (GG) เมื่อพิจารณาการใช้ที่ดิน 12 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา พื้นที่เกษตรอื่นๆ (พืชพลังงาน) พื้นที่รกร้างว่างเปล่า ป่าไม้ เมืองประเภท 1 เมืองประเภท 2 อุตสาหกรรม แหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น และตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า 5 ชนิด ได้แก่ ชุมชน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากทางรถไฟ และความหนาแน่นประชากร

จากการใช้ที่ดินทั้ง 11 ประเภทจะก่อให้เกิดการบริการจากการใช้ที่ดิน (land use services) 4 ชนิดที่เกิดจากการใช้ที่ดินประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภทรวมกัน ได้แก่ สิ่งปลูกสร้างและอาคาร (เมืองประเภท 1 + เมืองประเภท 2 + อุตสาหกรรม) พืชอาหาร (ข้าว) พืชพลังงาน (อ้อย + มันสำปะหลัง + เกษตรอื่นๆ) ทรัพยากรธรรมชาติ (ป่าไม้ + แหล่งน้ำมนุษย์สร้างขึ้น) โดยจะมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้ากับการใช้ที่ดินทั้ง 12 ประเภท เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ (ผ่านทางสมการ logistic regression) และการกำหนดความดันของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งเป็นอีกประเภทหนึ่ง และการกำหนดความต้องการการใช้ที่ดินผ่านทาง land use services เพื่อให้เกิดการจัดสรรประเภทการใช้ที่ดินตามความต้องการของแต่ละช่วงเวลาในอนาคต อย่างไรก็ตามแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตภายใต้ภาพฉายทั้ง 3 ของกลุ่มน้ำห้วยหลวง (3 ชุดแผนที่) และจังหวัดอุดรธานี (3 ชุดแผนที่) สามารถคาดการณ์ได้ตามต้องการทั้งหมด 4 ชุดแผนที่ ได้แก่ ภาพฉาย BAU, REG และ GG ของจังหวัดอุดรธานี และภาพฉาย REG ของกลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยภาพฉาย BAU และ GG ของกลุ่มน้ำห้วยหลวงนั้นสามารถคาดการณ์ได้เพียง 2 ช่วงเวลา (พ.ศ.2566 และ 2576) เท่านั้น

ผลการคาดการณ์พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตเป็นไปตามความต้องการการใช้ที่ดิน (Hectare) ของแต่ละภาพฉาย เช่น ภาพฉาย REG เมืองจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่เมือง

ประเภท 1 ได้แก่ย่านที่พักอาศัยและร้านค้า โดยมีการขยายตัวออกจากพื้นที่เดิม ในขณะที่ภาพฉาย GG ป่าไม้จะมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เช่นกัน

เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วย Kappa statistic ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้ง 11 ประเภทโดยพิจารณาจากค่า Kloc และค่า Khisto ซึ่งค่า Kloc เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงตำแหน่ง และ Khisto เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ (จำนวน cell ที่เปลี่ยนแปลง) โดยค่า Kappa จะเท่ากับ $Kloc * Khisto$ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงทั้ง 3 ภาพฉาย พบว่าค่า Kappa statistic แสดงดังตารางที่ 31 โดยค่า 1 แสดงถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าภาพฉาย REG จะมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้มากกว่าภาพฉาย BAU และ GG ในขณะที่พื้นที่ยางพาราจะมีค่า Kappa น้อยแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น

สำหรับค่า Kappa statistic ของจังหวัดอุดรธานี แสดงในตารางที่ 32 พบว่าภายใต้ภาพฉาย REG พื้นที่เมืองจะมีขนาดของการเปลี่ยนแปลงมากกว่าภาพฉาย BAU และ GG โดยมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดภายใต้ภาพฉาย GG โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ดจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดภายใต้ภาพฉาย GG

ตารางที่ 38 แสดงค่า Kappa statistic ของประเภทการใช้ที่ดินภายใต้ภาพถ่ายการใช้ที่ดินทั้ง 3 ชนิด กลุ่มน้ำห้วยหลวง

	ข้าว	อ้อย	มัน สำปะหลัง	ยางพารา	เกษตร อื่นๆ	พื้นที่ เปิดเตล็ด	ป่าไม้	เมือง ประเภท 1	เมือง ประเภท 2	อุตสาหกรรม	แหล่งน้ำ ธรรมชาติ	แหล่งน้ำ มนุษย์สร้าง
BAU 10	0.921	0.961	0.986	0.253	0.852	0.860	0.987	0.972	1	1	1	0.946
BAU 20	0.889	0.945	0.945	0.073	0.838	0.781	1	1	1	1	1	1
BAU 30	0.849	0.860	0.799	0.011	0.938	0.737	0.983	0.904	1	1	1	0.974
REG10	0.975	0.933	0.879	0.722	0.907	0.946	0.927	0.895	1	1	1	0.999
REG20	0.974	0.933	0.877	0.537	0.887	0.891	0.927	0.804	1	1	1	0.999
REG30	0.971	0.924	0.877	0.187	0.874	0.832	0.927	0.712	0.967	1	1	0.993
GG10	0.977	0.963	0.947	0.631	0.931	0.809	0.966	0.982	1	0.991	1	1
GG20	0.949	0.957	0.947	0.627	0.913	0.731	0.951	0.974	1	0.991	1	1
GG30	0.825	0.628	0.624	0.000	0.746	0.394	0.924	0.953	1	1	1	1

ตารางที่ 39 แสดงค่า Kappa statistic ของประเภทการใช้ที่ดินภายใต้ภาพถ่ายการใช้ที่ดินทั้ง 3 ชนิด จังหวัดอุดรธานี

	ข้าว	อ้อย	มัน สำปะหลัง	ยางพารา	เกษตร อื่นๆ	พื้นที่ เปิดเตล็ด	ป่าไม้	เมือง ประเภท 1	เมือง ประเภท 2	อุตสาหกรรม	แหล่งน้ำ ธรรมชาติ	แหล่งน้ำ มนุษย์สร้าง
BAU10	0.948	0.950	0.969	0.883	0.964	0.950	0.996	0.967	1	1	1	0.996
BAU20	0.914	0.942	0.925	0.840	0.948	0.921	0.996	0.939	1	1	1	0.996
BAU30	0.863	0.938	0.905	0.745	0.920	0.829	0.980	0.901	1	1	1	0.996
REG10	0.976	0.944	0.987	0.892	1	0.957	0.999	0.890	1	1	1	1
REG20	0.973	0.925	0.982	0.779	1	0.951	0.998	0.788	1	1	1	1
REG30	0.961	0.896	0.976	0.624	1	0.923	0.979	0.692	1	1	1	1
GG10	0.972	0.949	0.985	0.814	1	0.637	0.973	0.981	1	1	1	1
GG20	0.959	0.927	0.968	0.796	1	0.627	0.952	0.969	1	1	1	1
GG30	0.929	0.907	0.968	0.785	1	0.550	0.928	0.958	1	1	1	1

บทที่ 5

ผลลัพธ์และประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีก่อให้เกิดผลลัพธ์และประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยในประเด็นต่างๆดังต่อไปนี้

5.1 ผลที่ได้จากงานวิจัย

(1) แผนที่ใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายที่แตกต่างกันในอนาคตสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนในการพัฒนายุทธศาสตร์ระดับลุ่มน้ำและระดับจังหวัดทั้งในระยะสั้นและระยะยาวครอบคลุมทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ในด้านต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผังเมือง สุขภาพ การประเมินความเสี่ยง ทรัพยากรน้ำ และความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น

(2) ข้อมูลเชิงพื้นที่ของลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีที่รวบรวมมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยสามารถนำมาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขของการเผยแพร่ข้อมูลด้วยเช่นกัน

(3) การนำเสนอผลงานวิจัยแบบปากเปล่าที่งานประชุม The University of Oklahoma Water Conference 2017 ระหว่างวันที่ 18-20 กันยายน 2560 ณ เมือง Oklahoma ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้นำเสนอเรื่องการสร้างภาพฉายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยหลวง และผลกระทบต่อวางแผนเชิงพื้นที่เพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต เช่นการขยายตัวของพื้นที่เมืองไม่ควรอยู่ในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

(1) การทราบถึงแรงขับเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท และระดับความสำคัญของแรงขับเคลื่อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของแต่ละภาพฉาย กระบวนการได้มา ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า แรงขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้อง และกระบวนการทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพเพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินจากการพิจารณาการให้บริการของที่ดิน (land use services)

(2) ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต 30 ปีจากแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคต โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงละ 10 ปี ทำให้สามารถใช้ประกอบการวางแผนยุทธศาสตร์และนโยบายของกลุ่มน้ำและจังหวัดที่เหมาะสมทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ เช่นการจัดทำยุทธศาสตร์จังหวัดทุก 5 ปี และยุทธศาสตร์ลุ่มน้ำโขง

(3) เป็นวิธีการคาดการณ์การใช้ที่ดินแบบอ้างอิงภาพฉายในอนาคตหรือ scenario based ซึ่งมีความแตกต่างจากแบบจำลองการใช้ที่ดินประเภทอื่น สามารถนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยวิธีอื่นได้

(4) สามารถนำผลการศึกษา (แผนที่การใช้ที่ดินและสถิติที่เกี่ยวข้อง) ไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้านอื่นๆ

(5) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการมีบทบาทของภาครัฐ ประชาสังคม และนักวิจัย เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่จำเป็นในการทำวิจัย และได้มาซึ่งการศึกษาซึ่งตรงตามความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมากที่สุด

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีภายใต้กรอบการศึกษาและการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้แล้ว (ตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า, แรงขับเคลื่อน และภาพฉาย) อย่างไรก็ตามวิธีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบ scenario based ค่อนข้างจะมีความยืดหยุ่นสูง จึงเป็นไปได้ที่อาจจะมีการระบุตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า และแรงขับเคลื่อนเพิ่มเติมที่แตกต่างจากงานวิจัยนี้ รวมทั้งการเพิ่มยุทธศาสตร์การพัฒนาลุ่มน้ำและจังหวัดที่แตกต่างไปจากในงานวิจัยนี้ได้ ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ของภาพฉายการใช้ที่ดิน และการคาดการณ์มีความแตกต่างกันด้วย

งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงนโยบายเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำและจังหวัดในด้านที่ต่างกัน เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนาที่เหมาะสมทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ เช่น นำแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตไปซ้อนทับ (overlay) กับพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมหรือภัยแล้ง เพื่อทราบถึงความเสี่ยง และกำหนดรูปแบบการขยายตัวของ การใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ งานวิจัยสามารถนำไปต่อยอดได้ในรูปของการพัฒนาระบบสนับสนุน การตัดสินใจเชิงพื้นที่ที่มี user interface ที่ง่ายและสะดวกในการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปคำนวณหาปริมาณน้ำท่า เพื่อกำหนดระดับ ความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งในกลุ่มน้ำได้

5.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

(1) การเตรียมข้อมูลใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ประเภทการใช้ที่ดินมากถึง 12 ประเภท และ บัณฑิต/ตัวแปรนำเข้า 5 บัณฑิต ทำให้ต้องใช้เวลาเตรียมข้อมูลจำนวนมาก ประกอบกับพื้นที่มีขนาดใหญ่และใช้ ความละเอียดของกริดค่อนข้างสูง (400 เมตร) และต้องทำการเตรียมข้อมูลด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ก่อนจะนำมาใช้เป็นข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง

(2) ความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ที่ดินระดับ 3 ที่มี null value (ช่องว่างขนาดเล็ก) ทำให้แบบจำลองไม่สามารถทำงานได้ (error) ทำให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการหาสาเหตุของปัญหาค่อนข้าง นาน

(3) แบบจำลอง CLUMondo เป็นแบบจำลองที่เพิ่งพัฒนาขึ้นมาล่าสุด ทำให้ยังไม่มีกลุ่ม community ที่มีการ แลกเปลี่ยนความรู้และปัญหาการใช้งานเหมือนกับแบบจำลองอื่นที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก ทำให้การสืบค้นวิธีการ แก้ปัญหาเป็นไปได้ยากมาก ซึ่งในอนาคตผู้ผลิตแบบจำลอง CLUMondo อาจจะมีการพัฒนา patch เสริมขึ้นมา เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและแก้ไขจุดบกพร่องของแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- Alcamo, J., 2009. The SAS approach: combining qualitative and quantitative knowledge in environmental scenarios. In: Alcamo, J. (Eds.), *Environmetal Futures. The Practice of Environmental Scenario Analysis*. Elsevier, pp. 123-150.
- Barredo, J.I., Engelen, G., 2010. Land Use Scenario Modeling for Flood Risk Mitigation. *Sustainability*, 2, 1327-1344.
- Houet, T., Aguejda, R., Doukari, O., Battaia, G., Clarke, K., 2016. Description and Validation of a “non Path-dependent” Model for Projecting Contrasting Urban Growth Futures. *European Journal of Geography, Cybergeo*.
- Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making method and applications. Berlin: Springer-Verlag.
- Karni, E. and Werczberger, E. The compromise criterion in MCDM: interpretation and sensitivity to the p parameter. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22:407–418, 1995.
- Mallampalli, V.R., Mavrommati, G., Thompson, J., Duveneck, M., Meyer, S., Ligmann-Zielinska, A., Druschke, C.G., Hychka, K., Kennt, M.A., Kok, K., Borsuk, M.E., 2016. Methods for translating narrative scenarios into quantitative assessments of land use change. *Environmental Modelling & Software*, 82, 7-20.
- Malczewski J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20(7), pp. 703–726.
- Swart, R.J., Raskin, P., Robinson, J., 2004. The problem of the future: sustainability science and scenario analysis. *Global Environmental Change* 14(2), 137-146.

Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink, F.V., Lautenbach, S., Schmidt, S., 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *J. Appl. Ecol.* 48 (3), 630-636.

Voinov, A., Bousquet, F., 2010. Modelling with stakeholders. *Environ. Model. Softw.* 25 (11), 1268-1281.

Verburg, P., Vliet, J.V., Malek, Z., and Ornetsmuller, C. 2015. The CLUMondo Land Use Change Model: Manual and Exercise. VU University of Amsterdam.

Welp, M., de la Vega-Leinert, A., Stoll-Kleemann, S., Jaeger, C.C., 2006. Science-based stakeholder dialogues: theories and tools. *Global Environment Change* 16 (2), 170-181.

Zondag, B., Borsboom, J., 2009. Driving forces of land use change. 49th *ERSA Conference, August 2009, Lodz, Poland.*

แผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี 4 ปี พ.ศ.2557-2560. จังหวัดอุดรธานี

ภาคผนวก ก

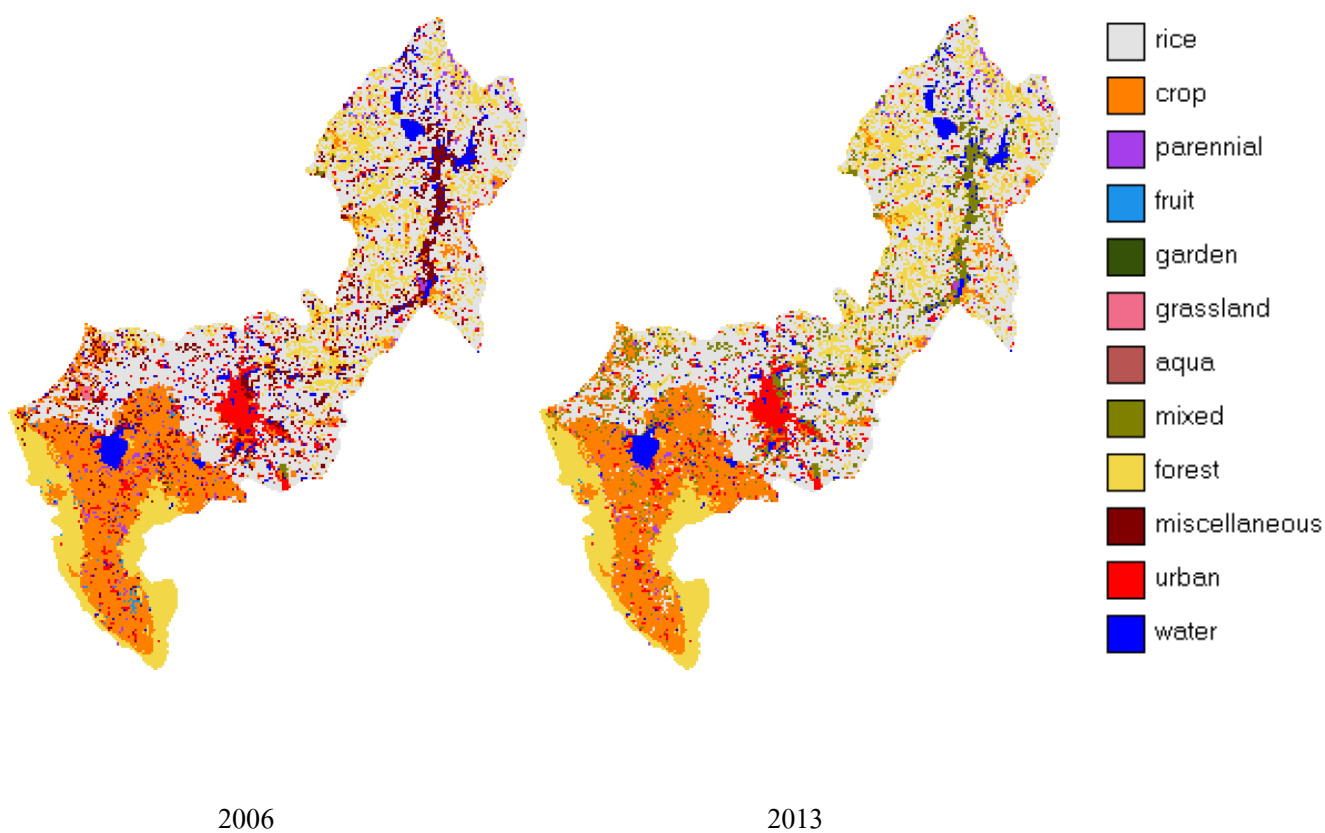
การทดสอบแบบจำลอง CLUMondo

การทดสอบแบบจำลอง CLUMondo จะทำการทดสอบการคาดการณ์การใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลา โดยแผนที่การใช้ที่ดินทั้ง 2 ช่วงเวลาต้องเป็นแผนที่การใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการจำลองการใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2549 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงในปี พ.ศ.2556 โดยได้ใช้แรงขับเคลื่อนจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร ระยะห่างจากทางรถไฟ ระยะห่างจากเส้นทางน้ำธรรมชาติ ระยะห่างจากถนน และข้อมูลกลุ่มดิน อย่างไรก็ตามประเภทการใช้ที่ดินจะใช้แผนที่การใช้ที่ดินระดับ 2 ที่จำแนกโดยกรมพัฒนาที่ดินออกเป็น 12 ประเภท ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เกษตรแบบผสมผสาน ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด เมือง และแหล่งน้ำ ซึ่งจากการทวนเอกสารพบว่าแนวโน้มของพื้นที่เมืองในกลุ่มน้ำห้วยหลวงจนถึงปี พ.ศ.2549 มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ประกอบกับการมีการปลูกข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย มากเป็น 3 อันดับแรก ทำให้ผู้วิจัยกำหนด land use service ออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (built up area) พืชอาหาร (staple) และ พืชเศรษฐกิจ (crop) โดยมีการกำหนดให้พื้นที่สิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นปีละ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และพืชอาหาร (ข้าว) เพิ่มขึ้นปีละ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และพืชเศรษฐกิจ (crop) เพิ่มขึ้นปีละ 0.15 เปอร์เซ็นต์ และมีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Regression กำหนดค่า conversion resistance conversion matrix และ land use demand ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 เพื่อให้ทำนายการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำห้วยหลวงในปี พ.ศ.2556 และนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินจริงของกลุ่มน้ำห้วยหลวงในปีดังกล่าว

ตารางที่ 3 ความต้องการการใช้ที่ดินเพื่อตอบสนองต่อ land use services ที่กำหนดไว้

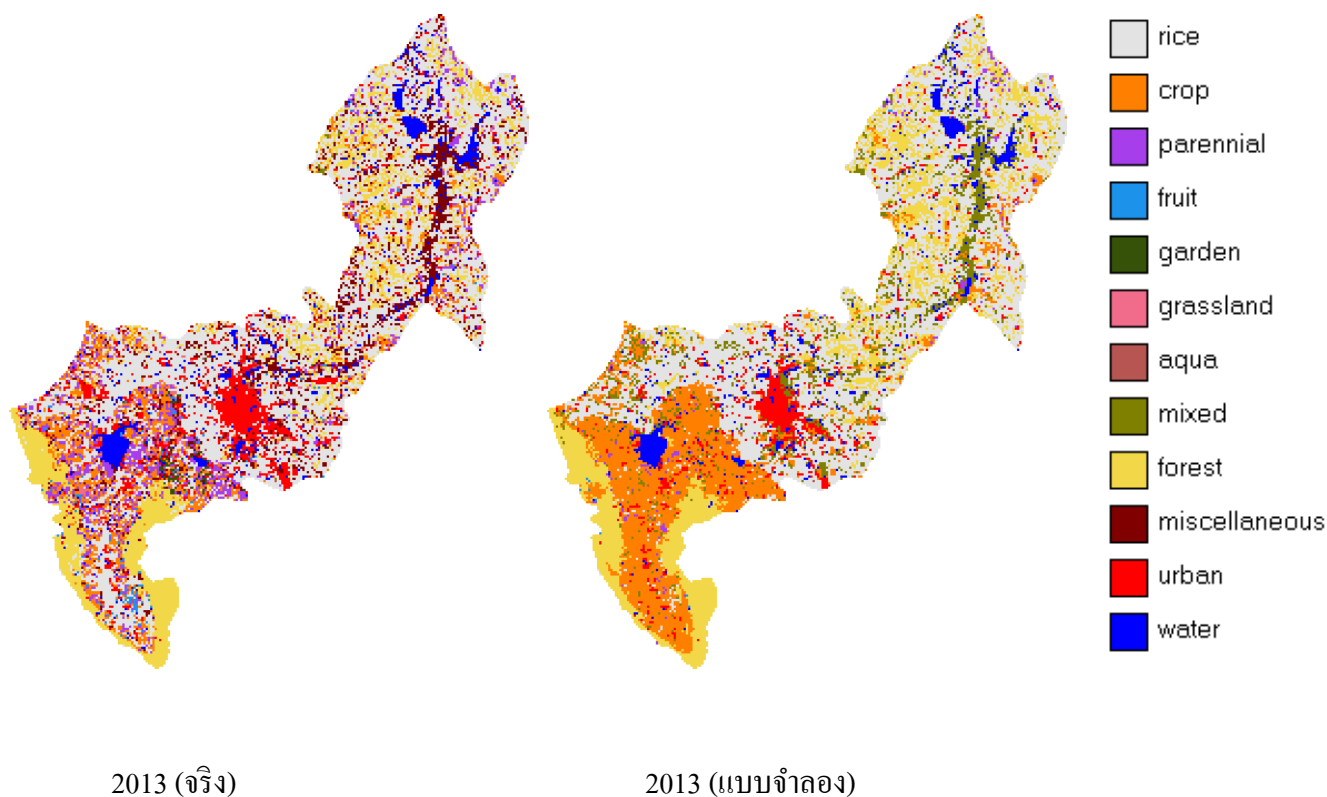
ปี	Built up area (ha)	Staple crop (ha)	Cash crop (ha)
2006	19760	140336	64800
2007	19799.52	140476.3	64897.2
2008	19839.12	140616.8	64994.55
2009	19878.8	140757.4	65092.04
2010	19918.55	140898.2	65189.68
2011	19958.39	141039.1	65287.46
2012	19998.31	141180.1	65385.39
2013	20038.31	141321.3	65483.47

ผลการทดสอบแบบจำลอง CLUMondo



ภาพที่ 1 แสดงการคาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงปี 2013 ด้วยแบบจำลอง CLUMondo

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงปี 2013 ที่ได้จากการคาดการณ์ กับการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงปี 2013 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการคาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงปี 2013 ที่เกิดขึ้นจริงและด้วยแบบจำลอง CLUMondo

เมื่อทำการใช้สถิติ kappa เพื่อหาความคล้ายคลึงของแผนที่การใช้ที่ดินลุ่มน้ำห้วยหลวงปี 2013 (จริง) และแผนที่การคาดการณ์การใช้ที่ดินปี 2013 ด้วยแบบจำลอง CLUMondo พบว่าค่าสถิติ kappa มีค่าเท่ากับ 0.60 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (moderate) โดยถ้าค่าสถิติ kappa ยิ่งมีค่ามาก จะแสดงถึงความสอดคล้องของแผนที่ทั้ง 2 ชนิด (agreement) ดังนั้นการนำแบบจำลอง CLUMondo ไปใช้ในการคาดการณ์แผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตของลุ่มน้ำห้วยหลวงและอุทธรานี้จึงมีความเหมาะสม

ภาคผนวก ข

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ที่ดิน (จำนวน cell) ของลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้ภาพฉายต่างๆ

	ปี	ข้าว	อ้อย	มัน สำปะหลัง	ยางพารา	เกษตร+ พืชพลังฯ	เบ็ดเตล็ด	ป่าไม้	เมือง 1	เมือง 2	อุตสาหกรรม	แหล่งน้ำ 1	แหล่งน้ำ 2
REG	2013	8424	985	687	541	1990	2596	3650	1152	393	59	432	608
	2023	8507	867	542	309	2352	2361	3684	1404	393	59	432	607
	2033	8490	867	540	202	2438	2135	3684	1670	393	59	432	607
	2043	8467	851	540	57	2496	1915	3684	1997	419	59	432	700
BAU	2013	8424	985	687	541	1990	2596	3650	1152	393	59	432	608
	2023	8916	914	669	80	2544	2020	3728	1215	393	59	432	547
	2027	9215	886	618	21	2601	1738	3759	1248	393	59	432	547
GG	2013	8424	985	687	541	1990	2596	3650	1152	393	59	432	608
	2023	8662	918	620	43	2176	2598	3859	1193	393	58	432	608
	2033	8950	908	620	22	2227	2155	3956	1210	393	58	432	608

ภาคผนวก ค

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ที่ดิน (จำนวน cell) ของจังหวัดอุดรธานีภายใต้ภาพฉายต่างๆ

	ปี	ข้าว	อ้อย	มัน สำปะหลัง	ยางพารา	เกษตร+ พืชพลังฯ	เบ็ดเตล็ด	ป่าไม้	เมือง 1	เมือง 2	อุตสาหกรรม	แหล่งน้ำ 1	แหล่งน้ำ 2
REG	2013	22447	8426	4976	5501	5179	6485	9729	2850	1016	129	1226	1229
	2023	22743	8963	4856	4596	5719	5992	9747	3517	1016	129	1226	1229
	2033	22666	9252	4815	3706	5865	5929	9756	4290	1016	129	1226	1229
	2043	22523	9746	4759	2652	5923	5633	9904	5197	1016	129	1226	1229
BAU	2013	22447	8426	4976	5501	5179	6485	9729	2850	1016	129	1226	1229
	2023	24011	8700	4697	4588	4842	5915	9795	3036	1016	129	1226	1229
	2033	25121	8586	4329	4231	4703	5616	9795	3203	1016	129	1226	1238
	2043	26774	8531	4168	3422	4462	4717	10068	3442	1016	129	1226	1238
GG	2013	24011	8700	4697	4588	4842	5915	9795	3036	1016	129	1226	1229
	2023	23320	8853	4842	3245	5892	10259	10185	2955	1016	129	1226	1229
	2033	23696	9202	4689	2987	6122	9240	10563	3024	1016	129	1226	1229
	2043	24660	9397	4689	2476	6357	7574	11008	3086	1016	129	1226	1229

ภาคผนวก ง

ค่าสถิติของสมการถดถอยโลจิสติกส์

ค่าสถิติสหสัมพันธ์ของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า กลุ่มน้ำห้วยหลวง

	ความหนาแน่น ประชากร	ระยะห่างจากทาง รถไฟ	ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจากถนน	กลุ่มดิน
ความหนาแน่น ประชากร	1				
ระยะห่างจากทาง รถไฟ	0.04	1			
ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	0	0.01	1		
ระยะห่างจากถนน	0.04	0.01	0	1	
กลุ่มดิน	0.02	0	0	0.05	1

หมายเหตุ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร/ปัจจัยนำเข้าที่มีค่าน้อยกว่า 0.8 จะถูกนำไปพิจารณาในสมการถดถอยโลจิสติกส์

ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน (Suitability regression coefficient) กลุ่มน้ำห้วยหลวง

	ค่าคงที่ (constant)	ความหนาแน่น ประชากร	ระยะห่างจาก ทางรถไฟ	ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจาก ถนน	กลุ่มดิน
ข้าว	-0.15	0	0	0	0.39	-0.16
อ้อย	-2.21	0	0	-0.59	-0.42	-0.15
มันสำปะหลัง	-1.98	0	0	0	-0.50	-0.67
ยางพารา	-1.99	0	0	0	0	-0.78
เกษตรอื่นๆ	-1.66	0	0	-0.29	0	-0.37
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	-2.01	0	0	0.42	-0.24	-0.07
ป่าไม้	-1.90	0	0	-0.46	-0.66	0.44
เมืองประเภท 1	-4.45	0	1.29	0.64	1.95	-0.51
เมืองประเภท 2	-5.50	0	0	0	1.03	0
อุตสาหกรรม	-8.05	0.01	0	0	0	0
แหล่งน้ำ ธรรมชาติ	-4.80	0	0	1.47	0	0
แหล่งน้ำมนุษย์ สร้างขึ้น	-3.37	0	1.50	0	-0.75	0

หมายเหตุ ค่า suitability regression coefficient เกิดจากการวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติกส์ระหว่างการใช้ที่ดินและตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า โดยพิจารณาค่า significant ถ้าค่า significant ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทกับตัวแปร/ปัจจัยนำเข้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ก็จะนำค่ามาใช้ในการสมการถดถอยโลจิสติกส์เพื่อประเมินหาตำแหน่งของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา

ค่าสถิติสหสัมพันธ์ของตัวแปร/ปัจจัยนำเข้า จังหวัดอุดรธานี

	ความหนาแน่น ประชากร	ระยะห่างจากทาง รถไฟ	ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจากถนน	กลุ่มดิน
ความหนาแน่น ประชากร	1				
ระยะห่างจากทาง รถไฟ	0.01	1			
ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	0	0	1		
ระยะห่างจากถนน	0.02	0.01	0	1	
กลุ่มดิน	0.01	0	0	0	1

ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน (Suitability regression coefficient) จังหวัดอุดรธานี

	ค่าคงที่ (constant)	ความหนาแน่น ประชากร	ระยะห่างจาก ทางรถไฟ	ระยะห่างจาก เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจาก ถนน	กลุ่มดิน
ข้าว	-1.29	0	-0.36	-0.37	0.54	-0.07
อ้อย	-1.22	-0.01	0.66	-0.46	-0.20	0.06
มันสำปะหลัง	-2.20	-0.01	0	0.10	-0.38	-0.18
ยางพารา	-1.06	-0.01	0	-5.39	-0.57	-0.32
เกษตรอื่นๆ	-3.08	0	0	0	0	0
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	-2.58	0	0	1.24	0	-0.05
ป่าไม้	0.09	-0.01	-1.59	-1.45	-1.19	-0.20
เมืองประเภท 1	-4.97	0	0.85	0	1.77	0.08
เมืองประเภท 2	-5.24	0	0.80	0	0.67	0
อุตสาหกรรม	-9.66	0.01	0	0	2.18	0
แหล่งน้ำ ธรรมชาติ	-5.05	0	0	2.17	0	0
แหล่งน้ำมนุษย์ สร้างขึ้น	-4.87	0	0	2.19	-0.39	0.19

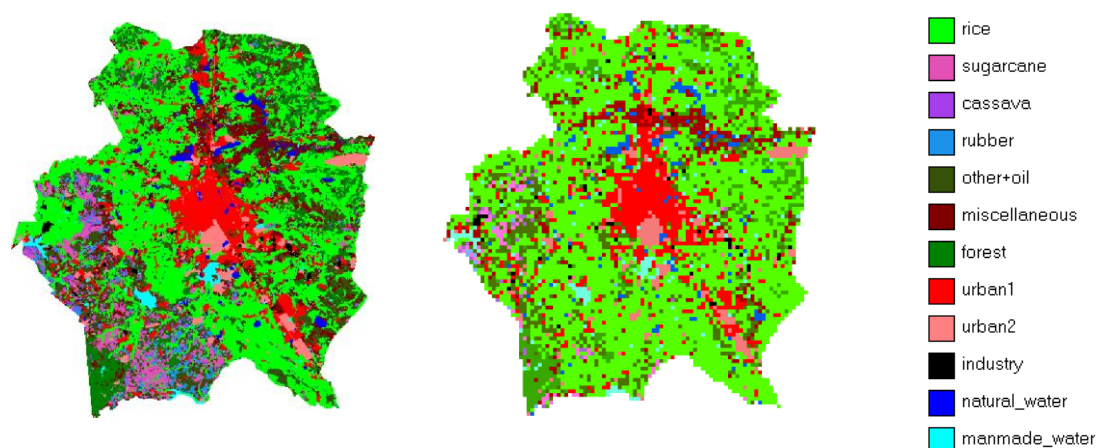
ภาคผนวก จ

การทดสอบการคาดการณ์การใช้ที่ดินของอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานีความ

ละเอียดกริดขนาด 100 x 100 เมตร

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้แบบจำลอง CLUMondo ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต 30 ปีของภาพฉาย BAU โดยทำการปรับความละเอียดของขนาดกริดของพื้นที่ศึกษาให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นจาก 400 x 400 เมตร เป็น 100 x 100 เมตร เมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษา อย่างไรก็ตาม กริดขนาด 100 x 100 เมตรมีความละเอียดสูงมากจะทำให้จำนวนกริดของพื้นที่ศึกษามีจำนวนมาก ประกอบกับพื้นที่ศึกษาทั้งลุ่มน้ำห้วยหลวงและจังหวัดอุดรธานีมีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกอำเภอเมืองอุดรธานีมาทำการทดสอบ เนื่องจากมีการกระจายของประเภทการใช้ที่ดินที่ครบถ้วนและแต่ละประเภทมีขนาดของการใช้ที่ดินไม่น้อยจนเกินไป โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ทุกตัวแปรเหมือนกับ โดยผลการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

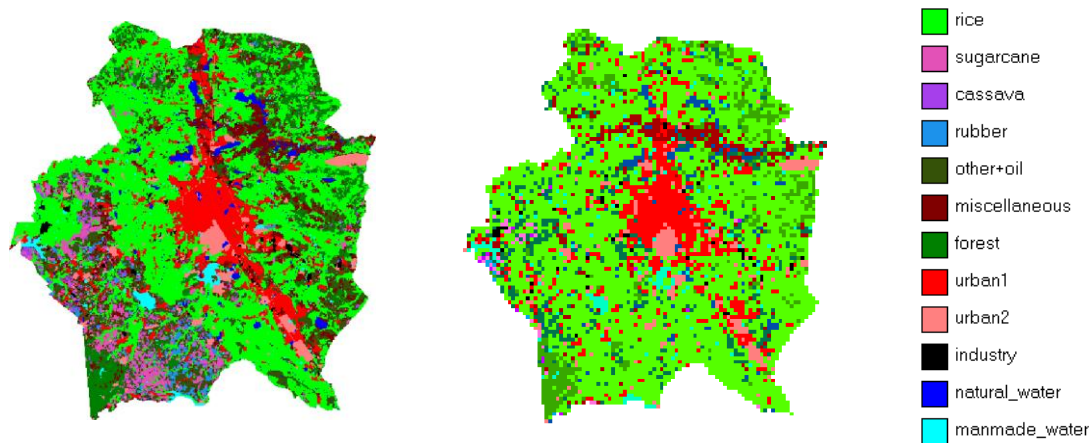
ภาพฉาย BAU ปี พ.ศ.2566 ขนาด 100 x 100 เมตร และ 400 x 400 เมตร



เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองพบว่าแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากกริดขนาด 100 x 100 เมตร (ด้านซ้าย) และกริดขนาด 400 x 400 เมตร (ด้านขวา) ของการใช้ที่ดิน อ.เมืองอุดรธานี ปี พ.ศ. 2566 จะมีรูปแบบการใช้ที่ดินที่มีความคล้ายคลึงกัน และเมื่อพิจารณาขนาดของการใช้ที่ดินพบว่าพื้นที่ใกล้เคียงกัน เช่น เมือง

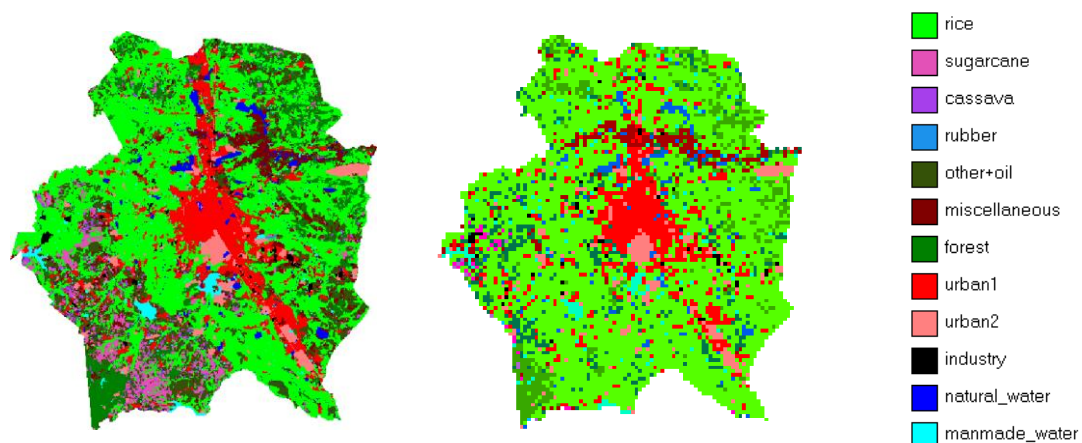
ประเภทหนึ่ง (กริดขนาด 100 เมตร) มีพื้นที่ 12653 ตร.กม ในขณะที่เมืองประเภทหนึ่ง (กริดขนาด 400 เมตร) มีพื้นที่ 12896 ตร.กม. ซึ่งเมื่อพิจารณาในเชิงตำแหน่งก็พบว่ามีความตรงกันและใกล้เคียงกันมาก

ภาพถ่าย BAU ปี พ.ศ.2576 ขนาด 100 x 100 เมตร และ 400 x 400 เมตร



เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองพบว่าแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากกริดขนาด 100 x 100 เมตร (ด้านซ้าย) และกริดขนาด 400 x 400 เมตร (ด้านขวา) ของการใช้ที่ดิน อ.เมืองอุดรธานี ปี พ.ศ. 2576 ก็พบว่ามีความตรงกันและใกล้เคียงกันมาก

ภาพถ่าย BAU ปี พ.ศ.2586 ขนาด 100 x 100 เมตร และ 400 x 400 เมตร



เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองพบว่าแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากกริดขนาด 100 x 100 เมตร (ด้านซ้าย) และกริดขนาด 400 x 400 เมตร (ด้านขวา) ของการใช้ที่ดิน อ.เมืองอุดรธานี ปี พ.ศ. 2586 ก็พบว่ามีตำแหน่งที่ตรงกันและใกล้เคียงกันมาก