



## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้กล่าวถึงหลักการพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบบจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานภาพด้านเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน และความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับปัจจัยที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานภาพด้านเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

การสำรวจระยะไกล เป็นศาสตร์ในการสำรวจข้อมูลโดยไม่ได้สัมผัสกับวัตถุโดยตรง โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง กระทำการสำรวจโดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัดเช่น กล้องถ่ายรูป ไว้อย่างสูง บนบอลลูน บนเครื่องบิน ยาวอวกาศ หรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด การสำรวจโดยใช้วิธีนี้เป็น การเก็บข้อมูลที่ได้ออกจำนวนมาก ในบริเวณกว้างกว่าการสำรวจภาพสนาม เช่น การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเกิดจากปริมาณการสะท้อนหรือแผ่กลับ (reflected or emitted electromagnetic radiation) ของปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในแถบช่วงความยาวคลื่น (band) ต่างๆ โดยที่นิยมใช้กันทั่วไปทางการสำรวจระยะไกลแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง หรือที่สายตามองเห็น (visible) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared) สำหรับดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเป็นการเก็บบันทึกข้อมูลบนพื้นโลก ได้แก่ วัตถุ (เช่น ต้นไม้ อาคาร และรถยนต์ เป็นต้น) พื้นที (เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่เมือง ชุมชน เป็นต้น) รวมไปถึงแหล่งน้ำ (เช่น มหาสมุทร แม่น้ำ คลอง เป็นต้น)

องค์ประกอบของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

- แหล่งกำเนิดพลังงาน (Source of Energy)
- วัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆบนพื้นผิวโลก (Earth Surface Features)
- เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล (Sensor)

### 2.1.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน (Source of Energy)

แหล่งกำเนิดพลังงาน ตามธรรมชาติที่มีความสำคัญที่สุด คือ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation หรือ EMR) ซึ่งจะแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่น (Wave Theory) ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก (Harmonic) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่ง มีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง (c) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับความยาวคลื่น ความยาวคลื่นและความถี่คลื่น มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมากความถี่จะน้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดเรียกว่า ไมโครมิเตอร์ (Micrometer,  $\mu\text{m}$ ) หรือไมครอน (Micron) ซึ่งเท่ากับ 0.000001 ม. หรือ  $10^{-6}$  ม. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า  $10^{-10}$  ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่นประกอบไปด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ อุลตราไวโอเล็ต อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ

ช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบในการสำรวจระยะไกลส่วนใหญ่อยู่ในความยาวคลื่นเชิงแสง (Optical Wavelength) คือ 0.34-14 ไมครอน ซึ่งสามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายภาพ และอุปกรณ์บันทึกภาพ (Sensor) ช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อตาของมนุษย์ คือ 0.3-0.7 ไมครอน แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ น้ำเงิน เขียว และแดง ถัดไปเป็นช่วงคลื่นได้แดงที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near Infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7-3 ไมครอน และอินฟราเรดช่วงความร้อนระหว่าง 3-15 ไมครอน

### 2.1.2 วัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆบนพื้นผิวโลก (Earth Surface Features)

วัตถุต่างๆ บนพื้นโลกจะมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แตก ต่างกัน กระบวนการของพลังงานที่เกิดขึ้นกับวัตถุอันเป็นส่วนสำคัญในการสำรวจข้อมูลระยะไกล ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ การดูดซับพลังงาน (Absorption) การสะท้อนพลังงาน (Reflection) การส่งผ่านพลังงาน (Transmission)

พลังงานตกกระทบ (Incident Energy) ซึ่งได้รับจากแหล่งพลังงาน สัดส่วนของการดูดซึม การส่งผ่าน การสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุซึ่งทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุในภาพถ่ายได้ นอกจากนี้ในวัตถุเดียวกันสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยาทั้งสามนี้จะแตกต่างกัน

ตามความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบอีกด้วย วัตถุสองชนิดอาจจะไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่จะสามารถแยกจากกันได้ไปอีกช่วงคลื่นหนึ่งในส่วนสายตามองเห็น (Visible Portion) ความแตกต่างกันทางด้านคลื่นรังสี (Spectral) ของวัตถุจะแสดงให้เห็นในภาพของสีต่างๆ เช่น การที่เราเห็นวัตถุเป็นสีเขียว เนื่องจากวัตถุนั้นสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวมาก เป็นต้นและเนื่องจากระบบบันทึกพลังงานส่วนใหญ่จะบันทึกอยู่ในช่วงของพลังงานสะท้อน (Reflected Energy) คือ บันทึกพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุ ดังนั้นการศึกษาเพื่อแยกชนิดของวัตถุจึงเป็นการศึกษาการสะท้อนพลังงานของวัตถุเป็นหลัก

พลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุมีค่าเท่ากับพลังงานที่ตกกระทบวัตถุ ลบด้วยพลังงานที่ถูกดูดซึมไว้และพลังงานที่ผ่านทะลุวัตถุนั้น ลักษณะพื้นผิวหน้าของวัตถุก็เป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงาน วัตถุที่มีพื้นหน้าเรียบ มุมสะท้อนพลังงานจะเท่ากับมุมตกกระทบ วัตถุที่มีพื้นหน้าขรุขระ หากสะท้อนพลังงานจะไม่เป็นระเบียบในทุกทิศทาง อย่างไรก็ตามวัตถุส่วนใหญ่จะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างสองลักษณะนี้ นอกจากลักษณะของพื้นผิววัตถุแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบวัตถุด้วย ถ้าเป็นพลังงานช่วงคลื่นสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอนุภาคของวัตถุที่ประกอบเป็น

พื้นผิวหน้าวัตถุ หรือความต่างระดับของพื้นผิวหน้าวัตถุ การสะท้อนแสงอาจเป็นแบบให้ลักษณะวัตถุพื้นผิวขรุขระได้ แต่ถ้าในวัตถุชนิดเดียวกันนี้ได้รับพลังงานตกกระทบในช่วงคลื่นยาว เมื่อเปรียบเทียบกับผิววัตถุการสะท้อนแสงก็อาจเป็นแบบลักษณะของวัตถุที่มีพื้นผิวราบได้

วัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวของโลกประกอบด้วย ดิน น้ำ และพืชพรรณ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดดังกล่าวจะมีลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกัน โดยน้ำจะมีการสะท้อนพลังงานในช่วงตามองเห็นได้บางส่วน แต่จะไม่มี การสะท้อนในช่วงของอินฟราเรดเลย ส่วนดินจะสะท้อนพลังงานบางส่วนในช่วงตามองเห็น แต่สะท้อนพลังงานค่อนข้างมากในช่วงอินฟราเรด ทำให้สามารถแบ่งแยกดินกับน้ำได้อย่างชัดเจนในช่วงคลื่นอินฟราเรด ในขณะที่พืชจะเกี่ยวข้องกับพลังงานในช่วงตามองเห็น โดยดูดซับช่วงคลื่นสีแดงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่สะท้อนในช่วงแสงสีเขียว และมากที่สุดในช่วงอินฟราเรด

### 2.1.3 เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล (Sensor)

เครื่องมือที่วัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือกล้องถ่ายภาพ กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด และเรดาร์ โดยเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนคือ

1. ส่วนรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (receiver) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับ และขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีความเข้มเพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์วัดสามารถรับรู้ได้ ตัวอย่างของเครื่องมือนี้คือ เลนส์ของกล้อง และส่วนรับคลื่นวิทยุ (antenna) ซึ่งอาจเป็นเส้นเหมือนเสาวิทยุหรือเป็นจานกลม (แบบจานรับสัญญาณดาวเทียม) ทั้งนี้รูปแบบ ขนาด และวัสดุที่ใช้ของอุปกรณ์ส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการตรวจวัด และรายละเอียดของข้อมูลของสิ่งที่ต้องการสำรวจ เช่นในช่วงคลื่นแสง ส่วนที่รับมักจะเป็นเลนส์ที่ทำจากผลึก quartz โดยมีขนาดและรูปร่างขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังขยายภาพเท่าใด ในช่วงคลื่นวิทยุ ส่วนที่รับมักจะเป็นจานวิทยุหรือเสาวิทยุ โดยมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับว่าสิ่งที่เล็กที่สุดที่ต้องการให้มองเห็นมีขนาดเท่าใด

2. ส่วนที่ทำการวัดพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Detector) เป็นส่วนที่แปลงพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต้องการวัด ให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องมือวัดจะเปรียบเทียบค่าได้ ซึ่งการวัดพลังงานอาจใช้

- ปฏิริยาเคมี โดยการเคลือบสารที่ทำปฏิริยากับแสง (เช่น silver nitrate) ลงบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งขนาดของปฏิริยาเคมีที่เกิดกับสารที่เคลือบจะแปรผันตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ
- การเปลี่ยนพลังงานเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ซึ่งจะให้ความเข้มของสัญญาณไฟฟ้าแปรผันตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ
- นอกจากนั้นส่วน detector อาจเป็นแผ่นมีมิติกว้าง-ยาว เช่นแผ่นฟิล์ม ซึ่งสามารถบันทึกภาพได้ทั้งรูปในครั้งเดียว หรืออาจเป็น scanner ซึ่งมักจะประกอบขึ้นจากแถวของอุปกรณ์รับแสง ที่จะบันทึกภาพด้วยการกวาดอุปกรณ์รับแสงนี้ไปที่ละส่วนของภาพ (คล้ายกับการทำงานของเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ ที่จะค่อยๆ กวาดรูปจากหัวกระดาศไปยังท้ายกระดาศจึงจะได้รูปทั้งรูป)

3. ส่วนที่ทำการบันทึกค่าพลังงานที่วัดได้ (Recorder) อาจเป็นตัวแผ่นฟิล์มเองในกรณีการใช้แผ่นฟิล์มเป็นส่วนทำการวัดพลังงาน แต่ถ้าเป็นการวัดโดยแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่วนนี้อาจจะเป็นแถบแม่เหล็ก (เช่นเดียวกับที่ใช้ในกล้องถ่ายภาพวิดีโอ) หรืออาจใช้หน่วยเก็บความจำอื่น เช่นฮาร์ดดิสก์ หรือ RAM เช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ในส่วนของเครื่องมือวัดยังมีส่วนที่จะต้องพิจารณาอีกส่วนหนึ่งคือแหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจ โดยจำแนกได้เป็นสองกลุ่มคือ

- Active sensor เป็นระบบที่เครื่องมือวัดเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองด้วย ในระบบรีโมทเซนซิงที่วัดจากระยะไกลมาก คลื่นกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้จะจำกัดอยู่ในช่วงคลื่นวิทยุเท่านั้น เนื่องจากปัญหาของแหล่งพลังงาน
- Passive sensor เป็นระบบที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดอื่น เช่น ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สิ่งที่ต้องการสำรวจแผ่รังสีออกมาเอง (มักจะเป็นช่วงอินฟราเรดความร้อน) ในกรณีที่ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ เครื่องมือวัดจะทำงานได้เฉพาะในเวลากลางวันเท่านั้น นอกจากการศึกษารูปแบบของเมฆในทางอุตุนิยมวิทยา การตรวจวัดยังต้องการท้องฟ้าที่ปลอดโปร่ง ไม่มีเมฆ หรือฝนในช่วงที่ทำการตรวจวัดด้วย

#### 2.1.4 การประมวลผลข้อมูล (Processing)

เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูล จากภาพดาวเทียมโดยทั่วไปแยกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. Unsupervised Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยค่าสถิติของการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงวัตถุต่างๆ โดยไม่ใช้ข้อมูลภาคพื้นดินมาช่วยในการจำแนก เรียกว่า Clustering สามารถกำหนดจำนวนกลุ่มประเภทข้อมูล การจำแนกวิธีนี้มักใช้กับพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคย

2. Supervised Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของข้อมูลภาคพื้นดินเป็นตัวแทนของลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าCovariance Matrix ของแต่ละประเภทข้อมูล ค่าสถิติดังกล่าวเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้คือ

1. Minimum Distance to Means Classifier การจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพว่ามีความห่างน้อยที่สุดจากค่าจุดศูนย์กลาง (ค่าเฉลี่ย) ของประเภทข้อมูล

2. Parallelepiped Classifier การจำแนกประเภทข้อมูลโดยกำหนดช่วงผันแปร (Variance) ของประเภทข้อมูล จากค่าสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดภายในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละแบน

3. Maximum Likelihood Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่า Mean Vector และ Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละจุดภาพ

## 2.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ ระบบ GIS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ

ประเภทข้อมูลในระบบ GIS แบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo—referenced) ทางภาคพื้นดิน สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ คือ

1. จุด (point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จุดตัดของถนน จุดตัดของแม่น้ำ เป็นต้น
2. เส้น (line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง แม่น้ำ เป็นต้น
3. พื้นที่ หรือรูปหลายเหลี่ยม (Area or Polygons) ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกพืช พื้นที่ป่า ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น

ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non-spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ (Attributes) ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน และข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น

ระบบฐานข้อมูลเชิงแผนที่ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีฐานข้อมูลในเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณหรือตัวเลขเชื่อมโยงกับตำแหน่งภูมิศาสตร์บนพื้นโลก ซึ่งสามารถให้รายละเอียดในเรื่องของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีคุณสมบัติต่างๆ บนพื้นโลก สามารถทำให้เห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนทำให้การวางแผนการจัดการและติดตามประเมินผลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. การแสดงแผนที่เฉพาะกิจ เพื่อแสดงกิจกรรมของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งแสดงตำแหน่งที่ตั้งว่ากระจายอยู่บริเวณใดบ้างสามารถมองภาพรวมของการใช้ทรัพยากร ธรรมชาติที่จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ว่าเป็นอะไร อยู่ที่ไหน มีปริมาณและคุณภาพเป็นอย่างไร หรือ มีอะไร เช่น เป็นพื้นที่ป่าไม้ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น
3. การวัดและนับปริมาณ เช่น คำนวณพื้นที่ของอำเภอ ของพื้นที่นาข้าว คำนวณความยาวของถนน หรือคำนวณความหนาแน่น เป็นต้น

4. การวิเคราะห์แนวกันชนรอบจุด หรืออาณาบริเวณที่จะได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่างๆ หรือแสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากการเกิดปัญหาต่างๆ เช่นบริเวณที่อยู่ใกล้โรงโม่หินในรัศมี 500 เมตรบริเวณแม่น้ำหรือแหล่งน้ำที่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมที่ควรควบคุมดูแลเป็นพิเศษ เป็นต้น

5. การซ้อนข้อมูล หรือแผนที่หลายๆ ชั้น สามารถวิเคราะห์สภาพพื้นที่บริเวณเดียวกันจากหลายปัจจัย ได้ในเวลาอันสั้น

6. การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ สามารถให้คำตอบในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น แบบจำลองความสูงของพื้นที่ ทำให้ทราบความสูงต่ำของพื้นที่ภูมิประเทศ ความลาดชัน สามารถวิเคราะห์พื้นที่ที่จะเกิดการพังทลายดินสูง เป็นต้น

7. การปรับปรุงฐานข้อมูลให้ทันสมัยได้อย่างง่ายและมีมาตรฐาน ทำให้สามารถติดตามประเมินผลการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถเก็บรักษาและเรียกแสดงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว มีความถูกต้องตลอดจนสามารถแลกเปลี่ยนฐานข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## 2.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจของชุมชนไทย

ที่ผ่านมา การเกษตรกรรมในประเทศไทยได้ใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างมาก และเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ จนทำให้ทรัพยากรเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว และส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของชุมชน เช่น ปัญหาการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของที่ดิน การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมอย่างไม่ถูกหลักวิชาการ ขาดการบำรุงรักษา ดิน การปล่อยให้ผิวดินปราศจากพืชปกคลุม ทำให้สูญเสียความชุ่มชื้นในดิน การเพาะปลูกที่ทำให้ดินเสีย การใช้ปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืชเพื่อเร่งผลิตผล ส่งผลให้เกิดการเสื่อมคุณภาพและสารพิษตกค้างอยู่ในดิน และน้ำ และการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าไม้บนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง เป็นต้น (สันทัด, 2550 จาก <http://www.abc-un.org/research/view.php?resID=RDG54O0002>)

ตัวแปรที่บ่งชี้สถานการณ์ด้านสังคมและเศรษฐกิจของชุมชน สังคมที่เคยเป็นสังคมเกษตรกรรมเมื่อมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเกิดขึ้น มีการย้ายถิ่นจากชนบทไปสู่แหล่งที่มีการผลิตสินค้าทางอุตสาหกรรม สภาวะที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ<sup>[2]</sup> การเปลี่ยนแปลงในแง่ของประชากร จะมีการย้ายถิ่นจากชนบทเข้ามาสู่ภาคอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น รูปแบบการดำรงชีวิตแตกต่างกัน ดังนั้นตัวแปรด้านสังคม ได้แก่ การขยายตัวของประชากร เป็นต้น เนื่องจาก

ประชากรเป็นปัจจัยสำคัญในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมากด้วย ทำให้เกิดการขยายตัวของเมือง และเพิ่มการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่ทำกินไปเรื่อยๆ นับเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อสภาพสังคมในระยะยาวโดยเฉพาะการเกิดภัยพิบัติต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นน้ำท่วม ดินถล่ม ดังปรากฏรุนแรงและมากขึ้นทุกๆ ปี (ยุทธศาสตร์เพื่อเป็นกรอบการพัฒนาทรัพยากรที่ดินในช่วง ๕ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕ - ๒๕๕๙) ตามกรอบการพัฒนาประเทศในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๑) ทั้งนี้ปัจจัยด้านประชากร ประกอบด้วยจำนวนประชากรรวม และชายหญิง รวมถึงจำนวนครัวเรือน

ส่วนตัวแปรด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ขยายตัวของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคม ตลอดจนการประสานงานกับโครงการพัฒนาต่าง ๆ ที่จะมีบทบาทสำคัญในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาคเกษตรกรรมไปเป็นภาคอุตสาหกรรม หรือการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นโดยเปลี่ยนวิธีการผลิตจากการผลิตเพื่อบริโภคเป็นการผลิตเพื่อส่งขายนายทุนมีมากขึ้น ผลกระทบที่สำคัญ คือ พื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายจำนวนมาก ทั้งนี้ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP : ในระดับประเทศ) ส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (GPP: ในระดับจังหวัด) รวมถึงความเจริญในด้านไฟฟ้าและเทคโนโลยีเริ่มเปลี่ยนวิถีชีวิตของชุมชนที่ต้องปรับตัวตามกระแสเศรษฐกิจทุนนิยมมากขึ้น ทำให้การขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นนำไปสู่การขยายเขตไฟฟ้า ทำให้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าของชุมชนเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้า จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงสภาพเศรษฐกิจที่ดีขึ้นสามารถซื้อหาสิ่งสะดวกสบายมากขึ้น เช่น การซื้อเครื่องไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ตู้เย็น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนต่อเดือน เป็นต้น

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับตัวแปรที่บ่งชี้ จากสถานการณ์ด้านสังคมและเศรษฐกิจของชุมชน ในปัจจุบัน GDP ซึ่งเป็นดัชนีที่วัดผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ หรือผลผลิตทั้งหมดเฉพาะที่ผ่านระบบตลาดนั้นวัดได้แต่ผลได้ของสังคมจากการพัฒนาเศรษฐกิจแต่เพียงฝ่ายเดียว ในขณะที่เดียวกันการสร้างรายได้ทางเศรษฐกิจได้นำเอาทรัพยากรที่สำคัญ ทั้ง ดิน อากาศ ป่า น้ำ ไปใช้ ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทรุดโทรมร่อยหรอลงอย่างรวดเร็ว ระบบนิเวศในป่าอยู่ในภาวะวิกฤต มีสัตว์ป่าที่สูญพันธุ์ไปแล้วหลายชนิด ทรัพยากรดินมีการชะล้างพังทลายสูงเนื่องมาจากการใช้ที่ดินผิดประเภททำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ทรัพยากรน้ำก็เริ่มมีปัญหาด้านแคลนเกิดขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง สภาวะมลพิษในน้ำนับวันจะมีเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการ

ระบายน้ำทิ้งทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม รวมทั้งการทำเหมืองแร่ซึ่งทำให้เกิดสารพิษเจือปนไปในน้ำ คุณภาพอากาศเสื่อมโทรมลงเพราะการปล่อยควันพิษของโรงงานอุตสาหกรรม การปล่อยควันจากเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มาตรฐานโดยเฉพาะตามเมืองใหญ่ๆ รวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆ ที่ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น

ถ้าพิจารณาการใช้ที่ดินถ้ามีการดำเนินงานตามผังเมืองที่กำหนดประเภทการใช้ที่ดินต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดการใช้ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย เพื่อเป็นสถานที่ประกอบการค้าหรือย่านการค้า เพื่อการอุตสาหกรรม และเป็นสาธารณสถาน เช่น สถาบันทางการศึกษา ศาสนสถาน การสาธารณูปโภค สถานที่ราชการ สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น ที่กล่าวถึงการวางผังเมืองก็เพื่อไปถึงถึงการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วยป้องกันปัญหาต่างๆ และชี้แนะในการพัฒนาได้สามารถกำหนดขนาดการเจริญเติบโตของเมืองและประชากรให้เหมาะสม และสอดคล้องกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และความสามารถในการบริการด้านสาธารณูปโภคและ สาธารณูปการ รวมทั้งกำหนดทิศทางและรูปแบบของการขยายเมืองไปในทางที่เหมาะสม กำหนดการแบ่งย่านการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ กำหนดระบบการคมนาคมขนส่ง และระบบสาธารณูปโภคให้สอดคล้องสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งสุดท้ายคือ เป็นแนวทางในการดำเนินงานและประสานงานในการให้บริการด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการต่างๆ ให้มีความสอดคล้องซึ่งกันและกัน และเอกชนสามารถทราบทิศทางการพัฒนาที่ชัดเจนขึ้น (กองเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กรมโยธาธิการ และผังเมือง, 2549) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับตัวแปรที่บ่งชี้สถานภาพด้านสังคมและเศรษฐกิจของชุมชน คงต้องพิจารณาจากการใช้ที่ดินถูกประเภทสามารถนำไปสู่สภาพสังคมเศรษฐกิจที่ยั่งยืน เช่น การขยายตัวของประชากรไม่ไปทำลายทรัพยากรธรรมชาติมากเกินไป ควรที่จะเป็นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่มากกว่า รวมถึงเกษตรกรควรมีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ดีขึ้น ซึ่งจะสะท้อนในสภาพเศรษฐกิจเช่นรายได้ประชากรเพิ่มขึ้น เป็นต้น แต่จากสภาพปัจจุบันกลายเป็นว่าเกษตรกรเป็นหนี้สินเพิ่มมากขึ้นจากสิ่งอำนวยความสะดวกสบายต่างๆ เช่น เกือบทุกบ้านมีโทรทัศน์ และติดจานดาวเทียม ตู้เย็น พัดลม หรือแม้กระทั่งเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่นักการเมืองท้องถิ่นที่มีอิทธิพล นักลงทุนต่างถิ่น ที่เป็นพ่อค้าคนกลางกลับร่ำรวยได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นที่ดินเป็นทรัพยากรที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างมากมาย แต่ที่จะแสดงความสัมพันธ์ในเชิงตัวเลขได้ ก็คงเป็นตัวเลขรายได้ ซึ่งก็คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด ที่เปลี่ยนจากผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดด้านการเกษตร เป็นด้านอุตสาหกรรม ซึ่งบางครั้งไม่ได้เป็นอุตสาหกรรมที่เนื่องด้วยการเกษตร เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น อาจมีบ้างที่เนื่องด้วยการเกษตร แต่ก็แค่

อาศัยพื้นที่การเกษตรเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบ เช่น ปลูกต้นยูคาลิปตัส เพื่อเป็นเชื้อไม้ป้อนโรงงานผลิตกระดาษ หรือขยายพื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งๆที่สภาพอากาศไม่เหมาะสม แต่อาศัยปลูกได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่สามารถนำมาชดเชยปริมาณน้ำยางได้จากนั้นก็นำยางพ้อนสู่โรงงานอุตสาหกรรม มิใช่เป็นอุตสาหกรรมเพื่อเป็นอาหารสำหรับคนในพื้นที่

กล่าวโดยสรุป การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจของชุมชนในประเทศไทยแบบไร้ระเบียบมีความเกี่ยวข้องทั้งที่เป็นผลสืบเนื่องและผลกระทบโดยตรงทั้งมิติทางกาย มิติทางใจและมิติทางสังคม ดังนั้นกระแสการตื่นตัวที่จะได้รับความสนใจนั้นคือการจัดการพื้นที่ และการคมนาคมให้สามารถคงการดำรงอยู่ของชุมชน การออกแบบเมือง ย่านชุมชน และสิ่งก่อสร้างให้สามารถจุดประกายหรือเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่คำนึงถึงการเชื่อมโยงสังคมในชุมชน ภาวะสุขภาพจิตของแต่ละบุคคลรวมทั้งทุนทางสังคมในชุมชน (Dannenber, and others., 2003) ดังนั้นทรัพยากรจำนวนมากมายมหาศาลของประเทศที่ได้ใช้ไปในการพัฒนาเพื่อก่อให้เกิดความเจริญรุ่งเรืองทางเศรษฐกิจของประเทศกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดตามมาจากการพัฒนานั้นคุ้มกันหรือไม่ จึงมีความพยายามในแวดวงวิชาการที่จะหาดัชนีและตัวบ่งชี้ หรือแสดงถึงต้นทุนทางสังคมที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

#### 2.4 แบบจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 4 ขอนแก่น ศึกษาการประยุกต์ใช้ลิเนียร์โปรแกรมมิ่งในการวางแผนฟาร์มของเกษตรกรที่เข้าร่วมการศึกษาระบบการทำฟาร์มตามแนวเกษตรทฤษฎีใหม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาแผนการผลิตที่เหมาะสมให้เกษตรกร เพื่อให้มีรายได้สูงสุดตามปัจจัยการผลิตหรือข้อจำกัดที่เกษตรกรมีอยู่ในด้านแรงงาน เงินทุน และน้ำ ผลการศึกษาสามารถปรับใช้กับการผลิตของเกษตรกร กรในพื้นที่ที่มีศักยภาพใกล้เคียงกัน ควรคำนึงปัจจัยด้านปริมาณน้ำที่มีอยู่เป็นอันดับแรก รองลงมา คือ ด้านเงินลงทุน และด้านการตลาด ภาครัฐควรให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้านความรู้การผลิตการตลาด ข่าวสารข้อมูลการเกษตร รวมทั้งแหล่งเงินทุนตามความจำเป็นและเหมาะสมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง สำหรับผู้ที่ศึกษาต่อไปควรระมัดระวังเรื่องข้อมูลด้านการใช้แรงงานในแต่ละกิจกรรมโดยละเอียด และปริมาณน้ำที่มีอยู่ และหากจะศึกษาในรูปแบบฟาร์มประเภทอื่นที่ไม่ใช่เกษตรทฤษฎีใหม่ต้องเพิ่มกิจกรรมจ้างงาน กิจกรรมการกู้ เข้าแบบจำลองด้วย.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน 3 ช่วง คือการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2536 พ.ศ.2546

และพ.ศ.2549 ใช้โปรแกรม ArcView ช่วยวิเคราะห์การซ้อนทับรูปในแต่ละช่วงเวลา สามารถที่  
 จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงและวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลง  
 การใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้แบบจำลอง SWAT MODEL และโปรแกรม Arcview ที่จะนำข้อมูล  
 จากพิกัดในพื้นที่และระดับความสูงในแต่ละกริดเซลล์ที่มีขนาดเท่ากัน วิเคราะห์พื้นผิวตามสภาพ  
 ภูมิประเทศข้อมูลแต่ละกริดเซลล์ต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกัน ข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขสามารถที่จะ  
 นำมาลากแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำ กลายเป็นแบบมาตรฐานเพื่อกำหนดทิศทางการไหลทั้ง 8 ทิศ  
 สามารถที่จะคำนวณทิศทางการไหล (Flow Direction) และผลรวมหน่วยการไหลสะสม(Flow  
 Accumulation) จำนวนหน่วยข้อมูลที่ไหลมารวมจากพื้นที่ที่อยู่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำ การกำหนดเส้นลำ  
 น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ และขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ต้องพิจารณาเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้  
 เหมาะสม เป็นต้น

Markov Chain เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงการ  
 ใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตและปัจจุบัน และสามารถบอกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์  
 ที่ดินในอนาคต กลไกของ Markov Chain คือการศึกษาความเป็นไปได้ (Pij) ซึ่งหมายถึง การ  
 เปลี่ยนแปลงไปในค่าใกล้เคียงหรือการเคลื่อนที่จากสถานะหนึ่ง (i) ไปอีกสถานะหนึ่ง (j) ในเวลา  
 ต่อมา ในที่ซึ่งตำแหน่ง i และ j เดียวกัน ทั้งนี้การศึกษาจำเป็นต้องทราบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2  
 ช่วงระยะเวลาห่างกันพอประมาณเพื่อที่จะใช้ในการพิจารณาโอกาสของการเปลี่ยนแปลง  
 (probability) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ จากระยะเวลาหนึ่งไปยังอีกระยะเวลาหนึ่ง  
 โดยนำโอกาสของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอยู่ในรูปของ matrix คูณกับสัดส่วน (proportion) ของเนื้อที่  
 ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะที่ 2 เท่ากับระยะที่ 2 ห่างจากระยะที่ 1 ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปจะได้  
 ระยะที่ 4, 5 จนถึงช่วงเวลาที่ต้องการ (สมการที่ 1) สำหรับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการประเมิน  
 หากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตาม วิธีของ Markov Chain ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$V_j \times P_{jk} = [V_1, V_2, V_3, \dots, V_n]_2 \begin{pmatrix} P_{11}, P_{12}, P_{13}, \dots, P_{1m} \\ P_{21}, P_{22}, P_{23}, \dots, P_{2m} \\ \vdots \\ P_{n1}, P_{n2}, P_{n3}, \dots, P_{nm} \end{pmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

โดยที่ (Vj) x (Pjk) = สัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาที่ถัดไป

- $P_{jk}$  = f [กิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน]  
 = โอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระยะที่ 1 ไปเป็นระยะที่ 2 ซึ่ง  
 อยู่ในรูปของ matrix
- $V_j$  = สัดส่วนของการใช้ที่ดินในระยะที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปของ vector
- $j$  = ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะที่ 1
- $k$  = ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะที่ 2

ข้อดีของการวิเคราะห์ Markov Chain คือ เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จัดการง่าย ไม่ใช้ matrix ที่ซับซ้อน ต้องการข้อมูลเพียงอย่างเดียว คือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน สามารถใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการติดตามการเปลี่ยนแปลง และง่ายในการดำเนินงานในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สามารถมองเห็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ แต่มีข้อจำกัดคือเป็นแบบจำลองที่ไม่สามารถอธิบายปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการลดลงของป่าได้ แต่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตอันสั้น และในการสำรวจการใช้ที่ดินต้องกำหนดพื้นที่ให้ชัดเจนและการสำรวจพื้นที่แต่ละประเภทห้ามซ้อนทับกัน (discrete number of state) เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สถิตย (2521) ศึกษาแนวโน้มของการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในอนาคต และผลกระทบต่ออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของ Markov Chain พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถทำนายแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2505 ถึงปี พ.ศ.2515 ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับทางสังคม และลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดขอบเขตและอัตราของการเปลี่ยนแปลง และเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้จากแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเพื่อที่จะนำไปประเมินกับข้อมูลอื่นๆ ในการวางแผนการใช้ที่ดิน บริเวณป่าเขาใหญ่ นอกจากนี้ Miller et al., (1987) ได้ประยุกต์ใช้ Markov Chain ในการศึกษาการลดลงของป่าเขตร้อนในพื้นที่ตอนเหนือของประเทศไทย ได้อธิบายว่าแบบจำลองสามารถชี้ให้เห็นทิศทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วไป แต่ไม่ให้รายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่ แบบจำลองไม่สามารถแยกแยะพื้นที่ที่มีสัดส่วนของการลดลงของป่าได้มากนัก และไม่สามารถใช้ทำนายรูปแบบการลดลงของป่าในระยะยาวได้