วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.3) September – December 2022 บทความวิจัย

# การเปรียบเทียบแบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมือง กรณีศึกษา อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

# Comparison of CLUMondo Model and CA-Logistic Model for Land Use Prediction in Urban Area : A Case Study Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai Province

วันณัชชา เทพวงศ์[1], ธิดาภัทร อนุชาญ[2] และ นิติ เอี่ยมชื่น[1*]

Wannutcha Thepwong[1], Thidapath Anucharn[2] and Niti Iamchuen[1*]

[1]*สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา*

[2]สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

[1] *Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao*

[2]*Department of Business Information System, Faculty of Business Administration,*

*Rajamangala University of Technology Srivijaya*

Received : 14 November 2021

Revised : 30 Dcember 2021

Accepted : 11 January 2022

**บทคัดย่อ**

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550, ปี 2553 และปี 2559 และการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี 2559 ในพื้นที่อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic โดยใช้ข้อมูลปีเริ่มต้นปี 2550 และปี 2553 จากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เมือง เกษตรกรรม ป่าไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด กับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนด้านกายภาพทั้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างจากทางน้ำ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท ปริมาณน้ำฝนรายปี ระยะห่างจากถนน และระยะห่างจากตลาด ผลการศึกษา การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550–2553, ปี 2550-2559 และ ปี 2553-2559 พบว่า เมือง เกษตรกรรม แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 พื้นที่มากที่สุด คือ เกษตรกรรม รองลงมา คือ ป่าไม้ เมือง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้แบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีเดียวกัน ปี 2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 87.71, 92.01 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.80 และ 0.87 ตามลำดับ

**คำสำคัญ** : การใช้ประโยชน์ที่ดิน ; แบบจำลอง CLUMondo ; แบบจำลอง CA-Logistic ; โลจิสติกส์ถดถอย

**Abstract**

The purposes of this research were to study the land use change in A.D.2007, A.D.2010 and A.D.2016 and to anticipate the land use change in A.D.2016 in Mueang Chiang Rai district, Chiang Rai province. It is conducted by using CLUMondo model, CA-Logistic model and collected data of the anticipation of land use change from Land Development Department in A.D. 2007 and A.D. 2010 to produce probability analysis of quantitative and spatial transition land use. Land uses are classified into 5 categories; urban area, agriculture, forest area, water body and miscellaneous land, and 8 physical factors consist of distance from the stream, DEM (digital elevation model), slope, annual rainfall, distance from the road and the distance from the market. The finding of land use change in A.D. 2007 - A.D.2010, A.D.2007 - A.D.2016 and A.D.2010 – A.D.2016 found that urban area, agriculture, and water body were increase while forest area and miscellaneous land were decreased. Land use anticipation in A.D.2016 indicated that major land uses are agricultural, followed by forests area, urban area, miscellaneous land and water body. When verify the exactitude by using CLUMondo model, CA-Logistic model, with the correct data from Land Development Department in A.D.2016 showed that overall accuracy 87.71%, 92.01 and kappa coefficient 0.80 and 0.87, respectively.

**Keyword** : land use ; CLUMondo model ; CA-Logistic model ; Logistic Regression

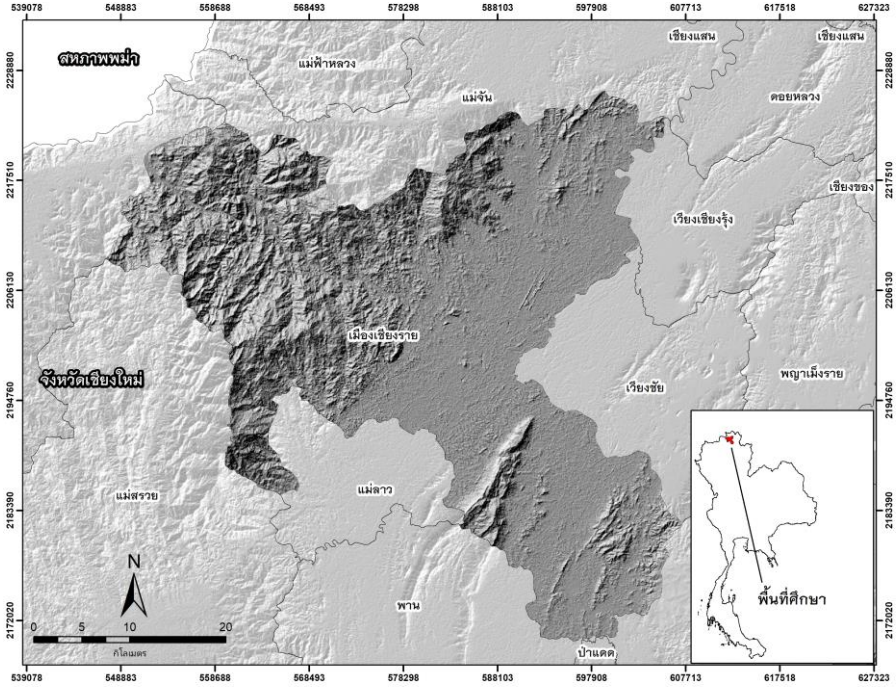
*** Corresponding author E-mail** : niti018@hotmail.com

**บทนำ**

ที่ดินเป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นจะต้องมีการวางแผนบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น พิจารณาจากการเปรียบเทียบจำนวนประชากรในประเทศ ปี 2553 ซึ่งมีประชากรจำนวน 65,931,550 คน และ ปี 2563 มีประชากรจำนวน 66,186,727 คน (Department of Provincial Administration, 2020) ด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัยและที่ดินทำกินสูงขึ้น มีส่วนทำให้ประชากรเข้าไปบุกรุกพื้นที่ป่าไม้แผ้วถางป่า หรือเผาป่าทำไร่เลื่อนลอย (Tonsiri *et al.,* 2018) ก่อให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการดำรงชีพในหลายด้าน เช่น การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม การเพิ่มขึ้นของที่อยู่อาศัย การเพิ่มขึ้นโรงงานอุตสาหกรรม (Iamchuen & Thepwong, 2020) โดยเฉพาะเมืองหน้าด่านอย่างจังหวัดเชียงรายที่เป็นศูนย์กลางการค้าชายแดน พม่า ลาวและจีนตอนใต้ จึงทำให้อำเภอเมืองเชียงรายมีกิจกรรมการใช้พื้นที่ที่มีความหลากหลาย เช่น แหล่งชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น อีกทั้งมีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และสถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ทำให้เกิดการหลั่งไหลเข้ามาของประชากรจำนวนมากเพื่อการท่องเที่ยวการค้าและการบริการ ส่งผลให้พื้นที่อำเภอเมืองเชียงรายมีการพัฒนาเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันการพัฒนาเมืองที่เพิ่มมากขึ้นนั้นทำให้มีแนวโน้มการเกิดปัญหาในหลายด้าน ทั้งด้านการเกษตร การท่องเที่ยว ทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนคุณภาพชีวิต (Asian Cities Climate Change Resilience Network, n.d.) และปัญหาจะเกิดตามมาจากการเปลี่ยนแปลงด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งปัจจุบันไม่สามารถจัดการปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาที่เมืองมีการขยายตัวแบบไร้ทิศทาง การบุกรุกพื้นที่ทั้งบนบกและแม่น้ำ และทรัพยากรธรรมชาติ ถูกทำลาย (Auttarat & Srivanit, 2019) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาความเปลี่ยนแปลงและทิศทางการขยายตัวของเมืองในอนาคต เพื่อวางแผนรับมือได้อย่างเหมาะสมและลดผลกระทบด้านต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า วิธีการที่ได้รับความนิยมในการศึกษาทิศทางการขยายตัวของเมืองคือ การใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use modeling) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อพยากรณ์แนวโน้มเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต เช่น CA_MARKOV, CLUE-S, SLEUTH, LCM, LTM, URBANSIM, CLUMondo, CA-ANN และ CA-Logistic เป็นต้น โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ 1) แบบจำลองที่ไม่ได้ใช้ปัจจัยร่วม และ 2) แบบจำลองที่ใช้ปัจจัยร่วม (Losiri, 2016)

เมื่อพิจารณาตามข้อจำกัดของแบบจำลอง และขนาดของพื้นที่ศึกษา พบว่ามี 2 แบบจำลองที่มีข้อจำกัดในด้านข้อมูล ความทันสมัยของแบบจำลอง และการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสมการโลจิสติกส์ถดถอยเหมือนกัน คือ แบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic ดังนั้นจึงมีการนำแบบจำลองทั้ง 2 แบบมาใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในเชิงเปรียบเทียบผลการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งได้เลือกพื้นที่อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย เป็นกรณีศึกษา (ภาพที่1) เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้รับไปใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งของการจัดการที่ดิน และ ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด




***ภาพที่ 1*** พื้นที่ศึกษา

**วิธีดำเนินการวิจัย**

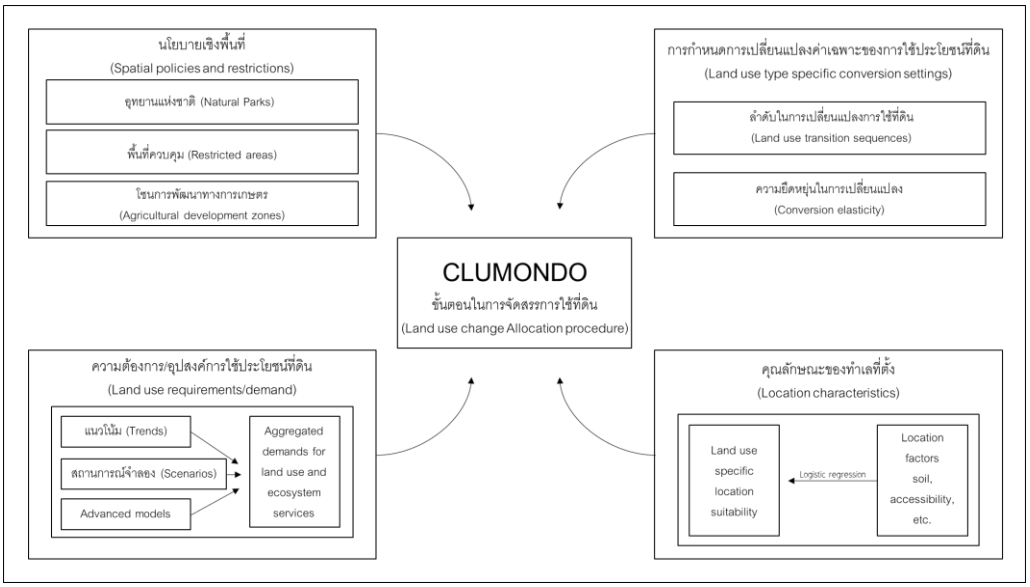
กระบวนการของการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย (1) แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (2) การจัดเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยขับเคลื่อน (3) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic ร่วมไปถึงการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

*แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน*

*แบบจำลอง CLUMondo*

แบบจำลอง CLUMondo พัฒนาขึ้นมาจากแบบจำลอง CLUE โดย ศ.ดร.ปีเตอร์ เวอร์เบิร์ก (Verburg & Overmars, 2009) เป็นแบบจำลองที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับภูมิภาคถึงระดับโลก ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นแบบจำลอง CLUE-S เป็นแบบจำลองในระดับท้องถิ่นหรือภาคพื้นที่มีขนาดเล็ก (Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent: CLUE-S) และถูกพัฒนาจนมาเป็นแบบจำลอง CLUMondo ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบการใช้ ประโยนช์ที่ดิน โดยประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกการวิเคราะห์แบบเชิงบรรยาย (Non-spatial analysis) และส่วนที่สองการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial) (ภาพที่ 2) ซึ่งการวิเคราะห์จะต้องพิจารณาความต้องการ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) นโยบายเชิงพื้นที่ 2) การกำหนดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉพาะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3) ความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 4) คุณลักษณะของทำเลที่ตั้ง โดยแบบจำลองดังกล่าวมีการศึกษาในประเทศไทย เช่น งานของ (Ongsomwang &

Iamchuen, 2014) ศึกษาการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแบบจำลองคลูเอส (CLUE-S) กรณีศึกษา บริเวณพื้นที่โดยรอบกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา และ (Iamchuen & Thepwong, 2020) ใช้แบบจำลอง CLUMondo ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

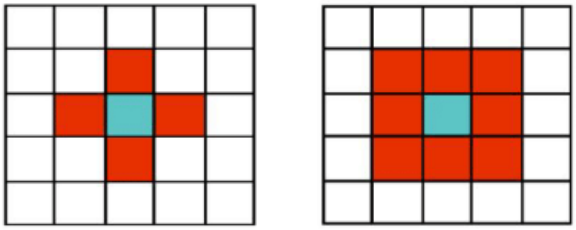



***ภาพที่ 2*** ภาพรวมของข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแบบจำลอง CLUMondo ที่มา: ดัดแปลงมาจาก (Van & Malek, 2015)

*แบบจำลอง CA-Logistic*

แบบจำลอง CA-Logistic เป็นวิธีการหนึ่งในส่วนขยาย (Plugin) ของแบบจำลอง MULUSCE หรือชื่อเต็ม Modules for Land Use Change Evaluation ของบริษัท NextGIS ใช้ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในโปรแกรม QGIS (Kafy *et al.*, 2020) เป็นการประยุกต์การทำงานของแบบจำลอง Cellular Automata (CA) และแบบจำลอง Markov Chain ร่วมกับการวิเคราะห์โลจิสติกส์ถดถอย ในการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งใช้ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงเวลา T+1 ไปสู่ช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ คือช่วงเวลา T+2 ทำงานโดยใช้ Markov ในการหาเมทริกของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ใช้ Cellular Automata ในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากเซลล์รอบข้าง (Adjacent Neighbor Cells) ซึ่งเซลล์รอบข้างที่นิยมใช้จะมีอยู่ 2 แบบ ได้แก่ Von Neumann Neighborhood ที่ประกอบด้วยเซลล์รอบข้าง 4 เซลล์ และแบบ Moore Neighborhood ประกอบด้วยเซลล์รอบข้าง 8 เซลล์ (ภาพที่ 3) และใช้การวิเคราะห์โลจิสติกส์ถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อน (Driving Factor) กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีกรณีศึกษาในประเทศไทย เช่น Limgomonvilas (2014) ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคองโดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ในการพยากรณ์ Ninjun (2560) ศึกษาการเปรียบเทียบการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน กรณีศึกษา

จังหวัดอุตรดิตถ์ และ Wiyanont *et al.* (2020) ศึกษาแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับการวิเคราะห์โลจิสติกส์ถดถอยในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี



Von Neumann Neighborhood Moore Neighborhood

***ภาพที่ 3*** ลักษณะของเซลล์รอบข้างตามแนวคิด Neumann และ Moore ที่ใช้ในแบบจำลอง Cellular Automata
ที่มา: (Hassan *et al.*, 2013)

*การจัดเตรียมข้อมูลกำรใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยขับเคลื่อน*

ในการจัดหาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department: LDD) ในปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 โดยทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เมือง เกษตรกรรม ป่าไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด และแปลงข้อมูลเป็นกริดที่มีขนาดความละเอียดจุดภาพ 40 เมตร

สำหรับปัจจัย (Factor) ที่นำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมี 6 ปัจจัย (ตารางที่ 1)

***ตารางที่ 1*** ข้อมูลที่ใช้ (Data)

| ลำดับ | การใช้ประโยชน์ที่ดิน | คำอธิบาย | แหล่งที่มา |
|---|---|---|---|
| 1 | การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 | จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เมือง (U), เกษตรกรรม (A), ป่าไม้ (F), แหล่งน้ำ (W), พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M), | กรมพัฒนาที่ดิน |
| 2 | เส้นทางน้ำ | ระยะห่างจากทางน้ำ (เมตร) | กรมแผนที่ทหาร |
| 3 | ความสูงเชิงเลข | ความสูงเชิงเลข (เมตร) | USGS (SRTM GLOBAL DEM) |
| 4 | ความลาดเท | ความลาดเท (องศา) | สร้างจากความสูงเชิงเลข |
| 5 | ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย | ปริมาณน้ำฝนรายปี มิลลิเมตร/ปี) | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 6 | การคมนาคมขนส่ง | ระยะห่างจากถนน (เมตร) | กรมแผนที่ทหาร |
| 7 | ที่ตั้งตลาด | ระยะห่างจากตลาด (เมตร) | จากการสำรวจ |

การพิจารณาเลือกปัจจัยในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ และบริบทของพื้น ซึ่งเหตุผลในการเลือกปัจจัยดังนี้ เส้นทางน้ำ มีผลต่อการนำมาทำน้ำประปาที่ตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนของเมือง ความสูงเชิงเลขมีผลต่อทิศทางการขยายตัวของเมือง และทิศทางการใช้พื้นที่ ความลาดเท ภูมิประเทศที่สูงชันเกิน จะมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินที่ยากกว่าบริเวณพื้นที่ราบ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย มีผลต่อปริมาณน้ำที่อยู่ในลุ่มน้ำต่าง ๆ ที่ถูกนำไปใช้ในการทำน้ำประปา ในการอุปโภค บริโภค การคมนาคมขนส่ง มีผลต่อการขยายตัวของพื้นที่เมือง และที่ตั้งตลาด มีอัตราการเติบโตทางการค้าขาย และส่งผลให้เกิดการพัฒนาพื้นที่เมือง โดยการจัดทำชั้นข้อมูลปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเป็นข้อมูลราสเตอร์ (Rasterization) จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเป็นแอสกี (American Standard Code Information Interchange: ASCII) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดยข้อมูลระยะห่างจากทางน้ำ (Stream) ระยะห่างจากถนน (Road) และ ระยะห่างจากตลาด (Market) เป็นข้อมูลประเภท Vector ทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance และทำการแปลงเป็นข้อมูล ASCII ด้วยวิธี Raster to ASCII

ความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) จัดเก็บอยู่ในข้อมูลประเภท Raster ใช้สำหรับแสดงค่าความสูงของ ภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล : สำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาสหรัฐ : USGS ASTER-DEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) และทำการแปลงเป็นข้อมูล ASCII ด้วยวิธี Raster to ASCII

ความลาดเท (Slope) สร้างจากข้อมูล DEM ซึ่งข้อมูลประเภท Raster ซึ่งจะใช้สำหรับแสดงค่าความลาดชันของพื้นที่ศึกษา และทำการแปลงเป็นข้อมูล ASCII ด้วยวิธี Raster to ASCII

ปริมาณน้ำฝนรายปี (Annual rainfall) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝน ณ ตำแหน่งของจุดสถานีตรวจวัดที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งถูกจัดเก็บในภาพที่แบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยจะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการประมาณค่าด้วยใช้วิธีการ (Inverse Distance Weighted: IDW) และทำการแปลงเป็นข้อมูล ASCII ด้วยวิธี Raster to ASCII

*การวิเคราะห์ข้อมูล*

ในส่วนของการวิเคราะห์จะประกอบด้วย *ส่วนแรก* คือ การติดตามเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 *ส่วนที่สอง* คือ การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 ด้วยแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic และ *ส่วนที่สาม* คือ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทั้งสองโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงปี 2559 (ภาพที่ 4)

(1) การติดตามเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 โดยจะใช้เทคนิคการรวมกัน (Combination) ระหว่างแผนที่แบบรายตำแหน่ง (Pixel by pixel) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามช่วงเวลาที่ต้องการทำการศึกษา คือระหว่าง ปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยจะแสดงค่าเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากประเภทหนึ่งไปยังอีกประเภทหนึ่ง (From-to)

(2) การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 ด้วยแบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic

การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 ด้วยแบบจำลอง CLUMondo และ CA-Logistic โดยแบบจำลอง CLUMondo จะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงหนึ่งปีในการพยากรณ์ คือ ปี 2550 (ปีฐาน) ส่วนแบบจำลอง CA-Logistic จะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสองปีในการพยากรณ์ คือ ปี 2550 และ ปี 2553 (ปีฐาน) ซึ่งทั้งสองแบบจำลองนั้นจะนำการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 5 ประเภท กับข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยข้างต้น (ตารางที่ 1) มาทำการหาความสัมพันธ์โดยใช้โลจิสติกส์ถดถอย (Logistic regression) รายละเอียดการคำนวณดังสมการที่ 1 (Qi *et al.*, 2006) จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559

$$\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} \ldots \beta_n X_{n,i} \quad (1)$$

โดยค่า $P_i$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของกริดที่พิจารณา, i คือ พื้นที่ที่ทำการศึกษา, X คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง, $\beta$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

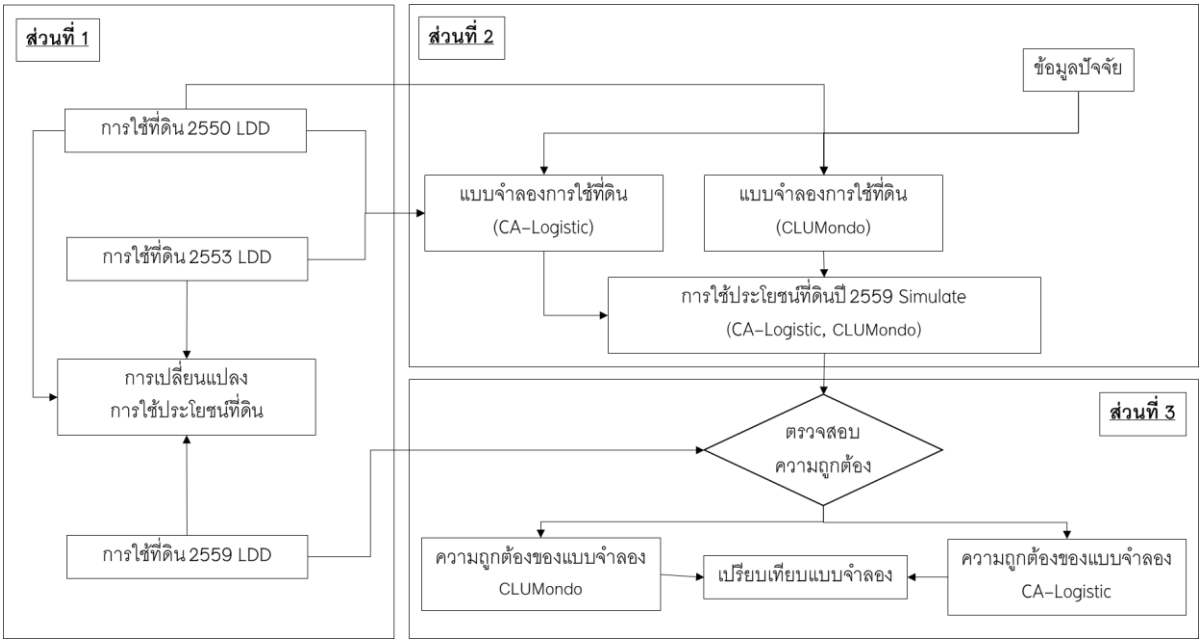
(3) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic (การพยากรณ์) และได้จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างอิง) มาเปรียบเทียบเพื่อหาความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในตารางที่เมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะคำนวณได้จากค่าผลรวมแนวทำแยงหลัก และหารด้วยผลรวมทั้งหมดจุดภาพ โดยจำคำนวณออกมาเป็นค่าร้อยละของความถูกต้อง และสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) แสดงถึงความสอดคล้องของข้อมูล 2 กลุ่ม รายละเอียดการคำนวณดังสมการที่ 2 และ 3 (Jensen, 2005; Story & Congalton, 1986; Russell, 1999)

$$overall\ accuracy = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii}}{N} \quad (2)$$

$$Khat = \frac{N\sum_{i=1}^{k} n_{ii} - \sum_{i=1}^{k}(n_{i+} \times n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{k}(n_{i+} \times n_{+i})} \quad (3)$$

โดยที่ *k* คือ จำนวนแถว (ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน), $n_{ii}$ คือ ผลรวมของแนวทแยงมุมของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, $n_{i+}$ คือ ผลรวมของแถวของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, $n_{+i}$ คือ ผลรวมของคอลัมน์ของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, *N* คือ จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมด




***ภาพที่ 4*** ผังการดำเนินการรวม

**ผลการวิจัย**

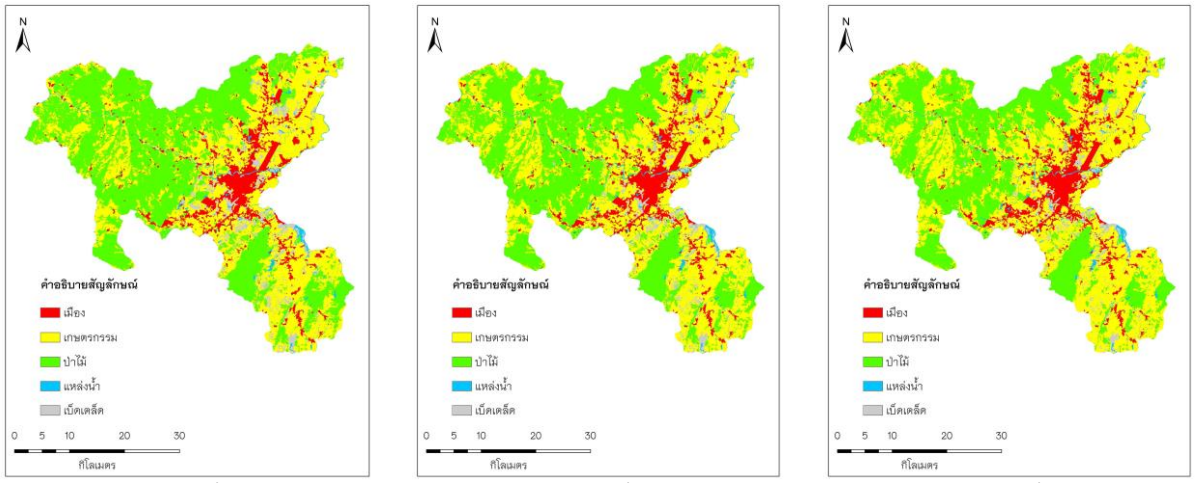
ผลการศึกษาในช่วงแรกจะเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2550 2553 และปี 2559 จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ถัดมาเป็นการทดสอบแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic และตรวจสอบความถูกต้อง ในปี 2559 เพื่อนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

*การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2550 2553 และปี 2559*

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ในปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 ซึ่งจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท ได้แก่ เมือง เกษตรกรรม ป่าไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด แสดงไว้ในภาพที่ 5 ในขณะเดียวกันตารางที่ 2 และภาพที่ 6 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2550, 2553 และ 2559 และตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างปี 2550-2553 ปี 2550-2559 และ ปี 2553-2559 โดยพบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม เมือง และแหล่งน้ำ โดยระหว่าง ปี 2550-2553 เพิ่มขึ้นปีละ17,827 , 1,295 และ 160 ไร่ และป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 16,652 และ 2,630 ไร่ ระหว่างปี 2550-2559 เพิ่มขึ้นปีละ 3,242 , 777 และ 41ไร่ และป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 3,730 และ 330 ไร่ และระหว่างปี 2553-2559 เพิ่มขึ้นปีละ 4,864 , 1,166 และ 61 ไร่ และป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 5,595 และ 496 ไร่ ตามลำดับ

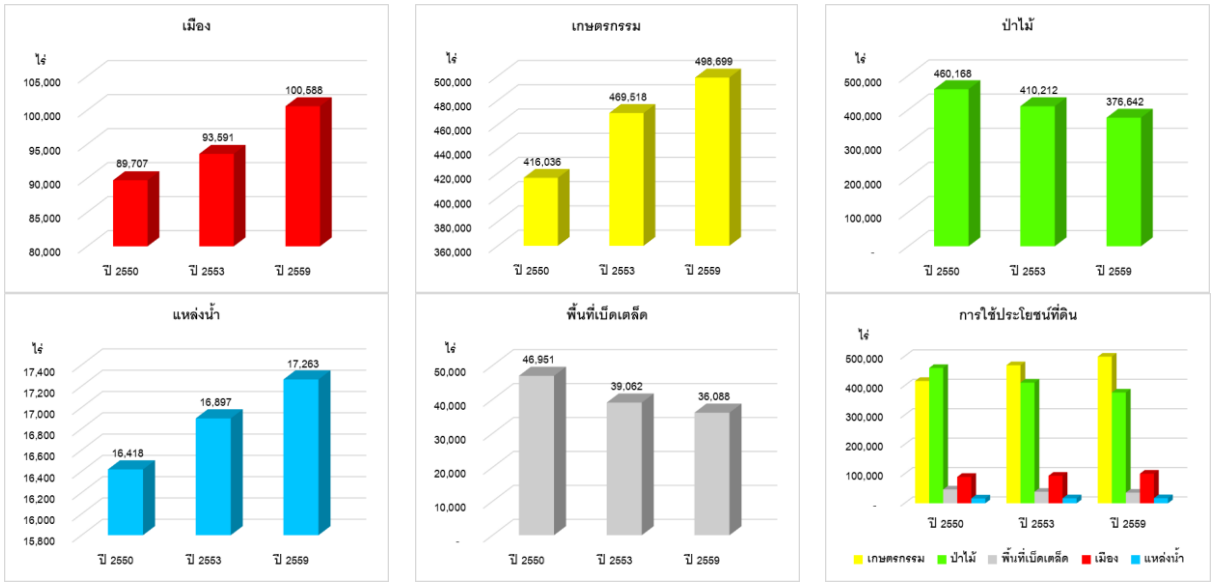
***ตารางที่ 2*** การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2550, ปี 2553 และ ปี 2559

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | ปี 2550 | | ปี 2553 | | ปี 2559 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | พื้นที่ (ไร่) | ร้อยละ | พื้นที่ (ไร่) | ร้อยละ | พื้นที่ (ไร่) | ร้อยละ |
| เมือง (U) | 89,707 | 8.72 | 93,591 | 9.09 | 100,588 | 9.77 |
| เกษตรกรรม (A) | 416,036 | 40.42 | 469,518 | 45.62 | 498,699 | 48.45 |
| ป่าไม้ (F) | 460,168 | 44.71 | 410,212 | 39.85 | 376,642 | 36.59 |
| แหล่งน้ำ (W) | 16,418 | 1.60 | 16,897 | 1.64 | 17,263 | 1.68 |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) | 46,951 | 4.56 | 39,062 | 3.80 | 36,088 | 3.51 |
| **รวม** | 1,029,280 | 100 | 1,029,280 | 100 | 1,029,280 | 100 |




การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2550 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2553 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559

***ภาพที่ 5*** การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2550 ปี 2553 และ ปี 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน)




***ภาพที่ 6*** การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2550, 2553 และปี 2559

***ตารางที่ 3*** การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2550-2553, ปี 2553-2559 และ ปี 2550-2559

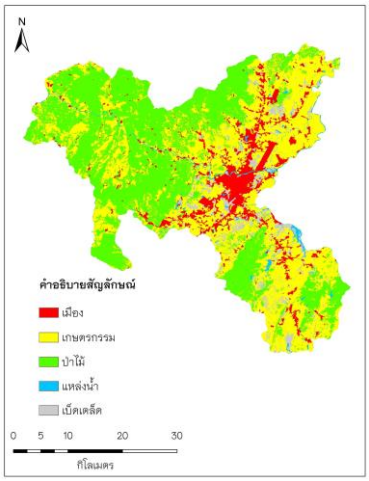
| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | 2550-2553 | | 2553-2559 | | 2550-2559 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | พื้นที่ (ไร่) | พื้นที่ (ไร่/ปี) | พื้นที่ (ไร่) | พื้นที่ (ไร่/ปี) | พื้นที่ (ไร่) | พื้นที่ (ไร่/ปี) |
| เมือง (U) | +3,884 | +1,295 | +6,997 | +1,166 | +3,884 | +777 |
| เกษตรกรรม (A) | +53,482 | +17,827 | +29,181 | +4,864 | +53,482 | +3,242 |
| ป่าไม้ (F) | -49,956 | -16,652 | -33,570 | -5,595 | -49,956 | -3,730 |
| แหล่งน้ำ (W) | +479 | +160 | +366 | +61 | +479 | +41 |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) | -7,889 | -2,630 | -2,974 | -496 | -7,889 | -330 |

*การทดสอบแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic และตรวจสอบความถูกต้อง*

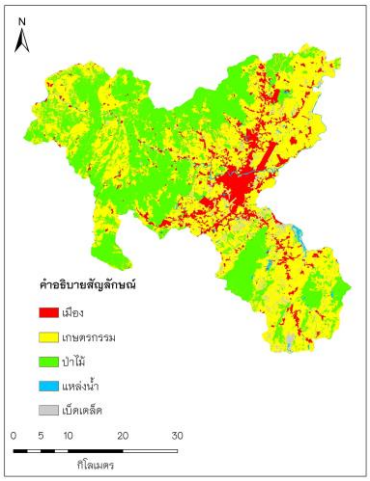
การทดสอบแบบจำลอง CLUMondo และ แบบจำลอง CA-Logistic ทำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการนำข้อมูลการพยากรณ์ปี 2559 (ภาพที่ 7) และนำข้อมูลในปีเดียวกันจากกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 5) มาเปรียบเทียบกันพบว่า ในภาพรวมการตรวจสอบแบบเชิงตำแหน่ง (Pixel by pixel) ด้วยวิธีการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมพบว่าแบบจำลอง CLUMondo มีความถูกต้องร้อยละ 87.71 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.80 และ แบบจำลอง CA-Logistic มีความถูกต้องร้อยละ 92.01 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.87 (ตารางที่ 4) โดยเมื่อพิจารณารายประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า CA-Logistic มีร้อยละของพื้นที่ในแต่ประเภทใกล้เคียงกับข้อมูลอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน เช่น เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และเมืองมีความแตกต่างเพียง 0.47, 0.77, 0.53 และ 0.35 ตามลำดับ ขณะที่ CLUMondo มีความแตกต่างเพียง 4.68, 4.83, 0.99 และ 1.05 ตามลำดับ มีเพียงแหล่งน้ำที่ CLUMondo ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกว่า กล่าวคือ CA-Logistic 0.37 ส่วน CLUMondo มีค่า 0.08 เป็นต้น

***ตารางที่ 4*** ความแตกต่างระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CLUMondo และ CA-Logistic ปี 2559

| ประเภท | LDD | | CLUMondo | | CA-Logistic | | ร้อยละความแตกต่าง (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | พื้นที่(ไร่) | % | พื้นที่(ไร่) | % | พื้นที่(ไร่) | % | LDD vs CLUMondo | LDD vs CA-Logistic |
| เมือง (U) | 100,588 | 9.77 | 89,754 | 8.72 | 97,004 | 9.42 | 1.05 | 0.35 |
| เกษตรกรรม (A) | 498,699 | 48.45 | 450,503 | 43.77 | 503,475 | 48.92 | 4.68 | -0.47 |
| ป่าไม้ (F) | 376,642 | 36.59 | 426,281 | 41.42 | 384,577 | 37.36 | -4.83 | -0.77 |
| แหล่งน้ำ (W) | 17,263 | 1.68 | 16,418 | 1.6 | 13,512 | 1.31 | 0.08 | 0.37 |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) | 36,088 | 3.51 | 46,324 | 4.5 | 30,712 | 2.98 | -0.99 | 0.53 |
| รวม | 1,029,280 | 100 | 1,029,280 | 100 | 1,029,280 | 100 | | |
| Overall Accuracy | | | 87.71 | | 92.01 | | | |
| Kappa Coefficient | | | 0.80 | | 0.87 | | | |




การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2559 (CLUMondo)




การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2559 (CA-Logistic)

***ภาพที่ 7*** การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559 จากแบบจำลอง CLUMondo และ CA-Logistic

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการใช้สมการถดถอยโลจิสติกส์ พบว่า ปัจจัยขับเคลื่อนทั้ง 6 ปัจจัย นั้นมีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภท โดยค่าความสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก (แปรผันตรง) และลบ (แปรผกผัน) ซึ่งจากการพิจารณาสมการเชิงเส้นตรงแบบหลายตัวแปรในตารางที่ 5 ดังนี้ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมืองเมือง พบในบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำ มีพื้นที่ราบใกล้เส้นทางถนน และแหล่งการค้า เนื่องจากเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย และทำการค้า ซึ่งจะมีจำนวนประชากรอยู่เป็นจำานวนมาก จำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นจำนวนมาก เช่น สะดวกต่อการเข้าถึง สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม พบในบริเวณที่ไม่ไกลจะแหล่งน้ำ

มากนัก มีพื้นที่ราบใกล้เส้นทางถนน และไม่ไกลจากแหล่งการค้า เนื่องจากการทำการเกษตรจะเป็นจะต้องมีน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตได้ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางถนน และแหล่งการค้า เพื่อสะดวกต่อการดูแล และการขนส่งไปยังแหล่งนำหน่าย ขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ พบในบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำ มีพื้นที่สูงชัน ซึ่งมีปัจจัยความลาดชันของป่าไม้เป็นตัวเดียวที่มีค่าในทางบวก เนื่องจากความสูงชันนั้นจึงส่งผลให้พื้นที่ป่าไม้ห่างไกลจากเส้นทางถนน และแหล่งการค้า ทำให้ยากต่อการเข้าถึง ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ พบในบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำ พื้นที่ราบไม่ไกลจากเส้นทางถนน และแหล่งการค้ามากนัก เนื่องจากพื้นที่แหล่งน้ำมีความจำเป็นต่อการใช้อุปโภคและบริโภครวมถึงน้ำในภาคการเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ด เนื่องจากพื้นที่เบ็ดเตล็ดอาจเป็นได้หลายแบบ เช่น ทุ่งหญ้าธรรมชาติ พื้นที่ลุ่ม เหมืองแร่ บ่อขุด และอื่น ๆ จึงทำให้พบในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งน้ำมากนัก มีพื้นที่ราบใกล้เส้นทางถนน และแหล่งการค้า (ตารางที่ 5)

***ตารางที่ 5*** สมการเชิงเส้นตรงแบบหลายตัวแปรของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

| การใช้ประโยชน์ที่ดิน | ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยขับเคลื่อน | Area Under Curve: AUC |
|---|---|---|
| เมือง (U) | $\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = -2.777 - 0.026(X_1) - 0.771(X_2) - 0.647(X_3) + 0.700(X_4) - 0.180(X_5) - 0.181(X_6)$ | 0.811405 |
| เกษตรกรรม (A) | $\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = 2.062 + 0.095(X_1) - 0.788(X_2) - 0.001(X_3) - 0.074(X_4) + 0.045(X_5) - 0.548(X_6)$ | 0.836744 |
| ป่าไม้ (F) | $\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = -3.141 - 0.147(X_1) + 1.128(X_2) + 0.168(X_3) - 0.283(X_4) - 0.076(X_5) + 1.088(X_6)$ | 0.921928 |
| แหล่งน้ำ (W) | $\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = -0.529 - 0.317(X_1) - 0.786(X_2) + 0.261(X_3) - 0.018(X_4) - 0.404(X_5) - 1.022(X_6)$ | 0.756796 |
| พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) | $\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = 0.626 + 0.139(X_1) - 0.705(X_2) - 0.697(X_3) - 0.156(X_4) - 0.682(X_5) - 0.162(X_6)$ | 0.770551 |

*หมายเหตุ* : $X_1$ คือ ระยะห่างจากทางน้ำ (Stream), $X_2$ คือ ความลาดเท (Slope), $X_3$ คือ ระยะห่างจากถนน (Road), $X_4$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี (Annual rainfall), $X_5$ คือ ระยะห่างจากตลาด (Market), $X_6$ คือความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM)

## วิจารณ์ผลการวิจัย

การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ปี 2550 ปี 2553 และปี 2559 และข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนทางกายภาพ เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต พบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี 2550-2553 ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ เกษตรกรรม รองลงมาคือ ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด เมือง และแหล่งน้ำ ตามลำดับ ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี 2550-2553 และ ปี 2550-2553 มีพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปี 2550-2553 และ ปี 2550-2553 พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ป่าไม้ รองลงมาคือ เกษตรกรรม เมือง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ ตามลำดับ

ภาพรวมการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2559 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2559 ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน กับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่ได้จากแบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic มีพื้นที่ตรงกันร้อยละ 87.71 และ 92.01 ของพื้นที่ และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.80 และ 0.87 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Iamchuen & Thepwong 2020) ที่ทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUMondo พบว่า มีความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 89.53 และการศึกษาของ (Wiyanont *et al.*, 2020) ทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-ANN และ CA-Logistic โดยการใช้ประเภทการใช้ที่ดิน 5 ประเภท และข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ พบว่า มีความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 97.63, 85.97 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.96, 0.76 ตามลำดับ และเมื่อนำผลของการศึกษามาเปรียบเทียบตามเกณฑ์อ้างอิงจาก (Russell, 1999) ได้แบ่งค่าความถูกต้องไว้มากกว่า 0.80 (>80%) แสดงถึงความถูกต้องสูงทั้งคู่ อย่างไรเมื่อนำค่าความถูกต้องของทั้งสองแบบจำลองมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าแบบจำลอง CA-Logistic ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่แม่นยำกว่า CLUMondo เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์มีการประยุกต์ใช้ทั้ง Cellular Automata (CA) และ Markov Chain ร่วมกับการวิเคราะห์โลจิสติกส์ถดถอยทำให้สามารถวิเคราะห์ผลได้แม่นยำกว่า CLUMondo อีกทั้งแบบจำลอง CLUMondo มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนข้อมูลที่นำมาประมวลผล ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจต้องมีการศึกษาในบริบทหรือสถานการณ์เชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป (เมืองที่มีการเจริญเติบโต ช้าเร็วหรือการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่าง ๆ กันออกไป) เพื่อยืนยันความถูกต้องและผลที่ได้รับ รวมไปถึงการนำปัจจัยทางกายภาพ สังคมและเศรษฐกิจต่าง ๆ มาใช้ในการวิเคราะห์อาจส่งผลที่แตกต่างกันออกไปได้เช่นกัน การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการเสนอแนะแนวทางในการทดสอบและวัดผลการพยากรณ์การใช้ที่ดินจากแบบจำลองให้ผู้ใช้ในอนาคตมีทางเลือกในการใช้งานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ได้นำการใช้ประโยชน์ที่ดินมาวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยทางกายภาพในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 และนำมาเปรียบเทียบผลกับข้อมูลอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดินในปีเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง CA-Logistic มีผลการทำนายถูกต้องสูงกว่าแบบจำลอง CLUMondo เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 92.01 และ 87.71 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่ 0.87 และ 0.80 ตามลำดับ กล่าวโดยรวมแบบจำลองทั้งสองมีความถูกต้องสูง (มีความถูกต้องโดยรวมมากกว่าร้อยละ 80) ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกแบบจำลองในการศึกษาครั้งต่อไปเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีประสิทธิภาพ และตอบสนองต่อความต้องการของประชากรที่จะเพิ่มจำนวนมากยิ่งขึ้นของพื้นที่ดังกล่าวในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ แผนงานวิจัย ระบบการบริหารจัดการน้ำแม่นยำสูง เพื่อรับมือกับภัยพิบัติซ้ำซากในพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิ ลุ่มน้ำโขงเหนือ สัญวช. อว.(อ) 190/2563 และกรมพัฒนาที่ดิน กรมแผนที่ทหาร กรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยงาน USGS ที่อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

Auttarat, S., & Srivanit, M. (2019). A Land Use Plan for A Border Town : Case Study of Chiang Khong Border Town, Wiang Sub-district Municipality, Chiang Khong District, Chiang Rai Province. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 16*(2), 93-111. (in Thai)

Department of Provincial Administration. (2020). *Official Statistics Registration Systems*.The bureau of Registration Administration. (in Thai)

Hassan, G., Aliasghar, A., Mohammad, K., & Alireza, C. (2013). Spatio-Temporal Forest Fire Spread Modeling Using Cellular Automata, Honeybee Foraging and GIS. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, *3*(1), 201-214

Iamchuen, N., & Thepwong, W. (2020). Relationship between Physical Factors and Land Use for the Future Land Use Prediction. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 17*(2), 79-92. (in Thai)

Iamchuen, N., & Thepwong, W. (2020). Land Use Predictions using CLUMondo Model: A Case Study of Muang District, Chiang Mai Province. *Journal of Spatial Innovation Development, 1*(2), 1-13. (in Thai)

Jensen, J.R. (2005), *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, (New Jersey: Prentice Hall), 526.

Kafy, A. A., Khan, M-H H., Islam, M. A. & Sarker, M-H. S., (2020). Simulation of Future Development Pattern and Identify Its Impact on the Degradation of Agricultural Land: A Machine Learning Based Remote Sensing Approach in Rajshahi District. 1st International Student Research Conference 2020. *Dhaka University Research Society (DURS)*, University of Dhaka, Bangladesh.

Limgomonvilas, T. (2014). Prediction of Lamtakong Watershed Land Use in 2024 with CA-MARKOV Model. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University, 17*, 94-113. (in Thai)

Losiri, C. (2016). Land Use Change Model and Urban Area Prediction in the Future. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University, 19*, 340-357. (in Thai)

Ninjun, W. (2017). Comparison of Land Use and Land cover prediction using CA-Markov model and Land change modeler model A Case Study of Uttaradit province. *The 10th Thai Students Symposium on Geography and Geo-informatics*. Buriram Rajabhat University. (in Thai)

Ongsomwang, S., & Iamchuen, N. (2014). Land use prediction using CLUE-S model a case study of Phayao lake, Phayao province. *Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand*, *15*(1), 26-31. (in Thai)

Qi, C., Pramod, K.V., & Manoj K. A. (2006). Logistic Regression for Feature Selection and Soft Classification of Remote Sensing Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 3*(4), 491-494.

Russell, G.C. (1999). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. *International Journal of Wildland Fire*, *10*, 321-328.

Story, M., & Congalton, R., (1986), Accuracy Assessment: A User's Perspective, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 52(*3), 397-399.

Asian Cities Climate Change Resilience Network. (n.d.). *Urbanisation in Thailand*. Thailand Environment Institute. Retrieved november 13, 2021, from http://www.tei.or.th/thaicityclimate/public/research-46.pdf

Tonsiri, S., Arunpraparut, W., & Khunrattanasiri, W. (2018). Application of CA-Markov model to predict land use changes in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi province. *Thai Journal of Forestry. 37*(2), 138-150. (in Thai)

Van, J. V., & Malek. (2015). *The CLUMondo Land Use Change Model Manual And Exercises*. University Amsterdam.

Verburg, P.H. & Overmars, K.P. (2009). Combining Top-Down And Bottom-Up Dynamics In Land Use Modeling: Exploring The Future Of Abandoned Farmlands In Europe With The Dyna-CLUE Model. *Landscape Ecology, 24*, 1167–1181.

Wiyanont, T., Chompuchan, C., & Taesombat, W. (2020). Land use forecasting in Huai Phak subbasin, Phetchaburi province using CA-Markov model. *The 21st Thai Society of Agricultural Engineering*. Suranaree University of Technology. (in Thai)