การคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

The Electricity Consumption Forecast in Upper Northern of Thailand

วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เอี่ยมชื่น*

Wuttipong Ninjun and Niti Iamchuen*

หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

Research Unit of Spatial Innovation Development, Department of Geographic Information Science,

School of Information and Communication Technology, University of Phayao

Received : 30 April 2019

Revised : 28 June 2019

Accepted : 21 August 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาอัตราส่วนของการใช้ไฟฟ้าช่วงปี พ.ศ. 2553, 2556 และ 2559 2) คาดการณ์การขยายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง และ 3) คาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา แม่ฮ่องสอน และอุตรดิตถ์ พ.ศ. 2565 โดยนำข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาคำนวณร่วมกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา และวิเคราะห์การขยายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างจากแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2556 เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2559 และได้ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2559 พบว่าค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 91.65 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 83.54% จากการวิเคราะห์การคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าใน พ.ศ. 2559 โดยแบบจำลอง CA-Markov พบว่ามีปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 10,888.76 จิกะวัตต์/ชั่วโมง เมื่อนำมาทดสอบความสัมพันธ์ กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงของปี พ.ศ. 2559 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999849 ซึ่งกล่าวได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรมีค่าสูงมาก และจากการคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 โดยใช้สมการเชิงเส้นเป็นการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากค่าสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปีตั้งแต่ พ.ศ. 2553 – 2558 มาทำวิเคราะห์ พบว่ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 8,556.44 จิกะวัตต์/ชั่วโมง เมื่อนำมาทดสอบความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงปี พ.ศ. 2559 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999975 ซึ่งกล่าวได้ว่าความสัมพันธ์กันระหว่าง 2 ตัวแปรมีค่าสูงมาก และเมื่อคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของปี พ.ศ. 2565 จากแบบจำลอง CA-Markov พบว่า มีปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวน 18,935.82 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ส่วนการคาดการณ์ด้วยสมการเชิงเส้นในปี พ.ศ. 2565 พบว่ามีปริมาณความต้องการไฟฟ้าจำนวน 10,327.56 จิกะวัตต์/ชั่วโมง

คำสำคัญ: แบบจำลอง CA-Markov, สมการเชิงเส้น, การคาดการณ์ไฟฟ้า, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

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

Abstract

The purposes of this research are to: 1) quantify the ratio of electricity consumption in 2010, 2013, and 2016, 2) forecast the expansion of urban and buildup areas and 3) predict the electricity consumption in 9 provinces of upper northern: Chiang Mai; Chiang Rai; Lamphun; Lampang; Phrae; Nan; Phayao; Mae Hong Son and Uttaradit in 2022. Electricity consumption statistics, existing urban and build up areas are conducted to meet the ratio of electricity consumption in each period. According to urban and build up areas expansion by using CA-Markov model, the land use data during 2010 - 2013 is developed in order to forecast land use in 2016. The overall accuracy of the model and land use from the Land Development Department in 2016 is 91.65% and kappa coefficient is 83.54%. As for the electricity demand forecasting in 2016 by CA-Markov model, it illustrates that the demand is 10,888.76 GW/h. The correlation coefficient between the electricity forecasting and the existing electricity consumption of 2016 is 0.999849. It can be said that the relationship between 2 variables is very high. Concerning electricity consumption prediction in 2016 by using linear equations, which calculates the electricity consumption from the statistics annual report during 2010 – 2015, it demonstrates that the electricity consumption is 8,556.44 GW/h. The correlation coefficient with electricity consumption in 2016 is 0.999975, which the relationship of two variables is very high. Regarding the electricity demand forecasting to 2022 by CA-Markov model, it is 18,935.82 GW/h. Meanwhile, the electricity consumption prediction with linear equations to 2022 is 10,327.56 GW/h.

Keywords: CA-Markov model, Linear equation, Electricity forecast, Land use change

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวันและเป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานต่างๆ มากมาย โดยในแต่ละปีมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในพื้นที่ 9 จังหวัดของภาคเหนือตอนบน มีการขยายตัวของชุมชนเมือง ย่านการค้า ห้างสรรพสินค้าใหญ่ๆ เพื่อรองรับการขยายตัวของนักท่องเที่ยวทั้งในและต่างประเทศ โดยมีการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 6,261.93 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 7,077.81 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 8,375.40 จิกะวัตต์/ชั่วโมง (Provincial Electricity Authority, 2017) โดยภาพรวมพลังงานไทยในเดือนมีนาคมปี พ.ศ. 2562 มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 2.1% ผลจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น และราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นจึงส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ปี (Ministry of Energy, 2019) จากปัญหาดังกล่าวเพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบจัดหาและวางแผนการจัดสรรพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าในอนาคต เพื่อนำไปคาดการณ์ความต้องการในการใช้ไฟฟ้าในระยะยาว เพื่อประเมินความต้องการของการใช้ไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการการใช้ไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคที่สำคัญต่อชุมชนโดยเฉพาะชุมชนเมืองที่มีความจำเป็นในการใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ และถ้าหากชุมชนเมืองมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นของขนาดเมืองที่จะส่งผลต่อการขยายตัวของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตสามารถนำแบบจำลองการคาดการณ์การ

ใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตมาช่วยในการวิเคราะห์และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายจังหวัด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการขยายตัวของเมืองโดยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ แบบจำลอง Cellular Automata ที่เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ (Spatial Pattern) ต่อมามีการพัฒนาเป็นโปรแกรมแบบจำลอง CA-Markov (Cellular Automata – Markov) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบจำลองเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ โดยแบบจำลองนี้มีความสามารถในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ ในประเทศไทยได้มีการศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง CA-Markov อย่างแพร่หลาย เช่น

Orwattana (2012) ได้ศึกษาการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ข้อมูลดาวเทียวสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Landsat 5 ระบบ TM (Thematic Mapper) ที่บันทึก 3 ช่วงเวลา คือปี พ.ศ. 2544, 2549 และ 2554 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่โดยใช้ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่านั้น และนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2544 - 2549, พ.ศ. 2549 - 2554 และ พ.ศ. 2544 - 2554 ทำการเปรียบเทียบตามช่วงเวลาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปผลพื้นที่ชุมชนที่มีพื้นที่เพิ่มมากที่สุด โดยพื้นที่ชุมชุนที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ ร้อยละ 54.37

Wongwiset (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และระบบระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม ประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง Markov Chain และ แบบจำลอง Cellular Automata หรือแบบจำลอง CA-Markov เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2540 – 2545 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอีก 15 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2560) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 73.59

Romsonthi (2008) ได้ศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 – 2540 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ และนำผลที่ได้ไปใช้ในการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ข้อมูลปีตั้งต้นและข้อมูลแต่ละช่วงปี คาบรายปี ราย 2 ปี และราย 3 ปี โดยเลือกพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้ข้อมูลแต่ละช่วงปีมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ข้อมูลปีตั้งต้น โดยคาบรายปี ราย 2 ปี และราย 3 ปี มีค่าความถูกต้องเชิงพื้นที่โดยรวมสูงกว่าร้อยละ 90, 85 และ 80 ตามลำดับเป็นต้น ดังนั้นการใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลการสำรวจระยะไกล จึงเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและเป็นทางเลือกหนึ่งในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่สามารถแสดงผลลัพธ์ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งสามารถบอกได้ทั้งทิศทาง ขนาด ตำแหน่ง และเวลาของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นการใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลการสำรวจระยะไกล จึงเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและเป็นทางเลือกหนึ่งในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่สามารถแสดงผลลัพธ์ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งสามารถบอกได้ทั้งทิศทาง ขนาด ตำแหน่ง และเวลาของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้

ประโยชน์ที่ดินเพื่อนำมาคาดการณ์ทิศทางและปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง และปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่โดยรวมของกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 9 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา แม่ฮ่องสอน และอุตรดิตถ์ ผลการศึกษาครั้งนี้จะช่วยเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนบริหารจัดการไฟฟ้าในอนาคตของภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยใช้แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และเปรียบเทียบกับการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตจากค่าสถิติจากสมการเชิงเส้น โดยในวิธีแรกคือ การหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่ มีขั้นตอนการดำเนินงานคือ การเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อติดตามแนวโน้มและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อจากนั้นพิจารณาส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในส่วนของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อนำมาหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตร ถัดมาพิจารณาปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ในวิธีการที่สองจะหาปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากค่าสถิติโดยสมการเชิงเส้น แล้วนำวิธีการที่หนึ่งและสองนำมาหาค่าความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การเตรียมข้อมูล นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ปี คือ พ.ศ. 2553, 2556 และ 2559 จากกรมพัฒนาที่ดินมาปรับแก้ความถูกต้องการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และมีถูกต้องมากขึ้น โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 (Level1) ตามเกณฑ์การแบ่งของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีทั้งหมด 5 ประเภทได้แก่ พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up land: U) พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land: A) พื้นที่ป่าไม้ (Forest land: F) พื้นที่แหล่งน้ำ (Water body: W) และ พื้นที่อื่นๆ (Miscellaneous land: M) การวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553 - 2556 และ พ.ศ. 2556 – 2559 เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณของพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง

นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553 และ 2556 มาศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและนำมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 โดยแบบจำลอง CA-Markov ซึ่งหลักการทำงานของแบบจำลอง Cellular Automata มีลักษณะเป็นแบบจำลองไม่ต่อเนื่องที่ประกอบด้วย เซลล์ (Cell) และ เวลา (Time Steps) โดยที่มีเซลล์จำนวนมากซึ่งมีลักษณะ คล้ายกับช่องตารางบนกระดานหมากรุก ซึ่งในแต่และเซลล์จะแทนด้วยตัวเลขซึ่งแสดงสถานะของเซลล์นั้นๆ และมีเวลากำกับในแต่ละเซลล์ด้วย โดยที่ในแต่ละเซลล์จะถูกควบคุมการทำงานด้วยกฎการเปลี่ยนแปลง (Transition Rules) แบบจำลอง Cellular Automata จึงถือได้ว่าเป็นแบบจำลองพลวัต (Dynamic) ที่มีลักษณะเชิงพื้นที่และมิติของเวลาเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Singh, 2003) และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในการคาดการณ์โดยนำข้อมูลจากแบบจำลองที่คาดการณ์ใน พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงของปีเดียวกัน (2559) จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 1A) และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2559 มาตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการทดสอบทุกพิกเซล (Pixel by Pixel) ซึ่งค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ต้องมากกว่า 80% ขึ้นไปถึงจะเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ (Lunetta and Lyon, 2004) สมการที่ 1 และ สมการที่2 ตามลำดับ

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^{k} nii}{n} \quad (1)$$

เมื่อ I คือ แถว (Row), J คือแนวตั้ง (Column), nii คือแถวที่ i แนวตั้งที่ i, และ n คือผลรวมทั้งหมด

$$\hat{K} = \frac{N\sum_{i=1}^{k} x_{ii} - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} \times x_{+1})}{N^{2} - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} \times x_{+1})} \quad (2)$$

เมื่อ $\hat{K}$ คือ สัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง

K คือ จำนวนแถว หมายถึงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมตริกซ์

nii คือ จำนวนของการสังเกตการณ์ในแนวแถว i และสดมภ์ j

ni+ คือ ผลรวมนอกแนวทะแยงมุมของแถว i

n+ i คือ ผลรวมนอกแนวทะแยงมุมของแถว j

เมื่อความถูกต้องของแบบจำลองมากกว่า 80 % จากนั้นนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553 และ 2559 ทำการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและนำมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตคือปี พ.ศ. 2565 โดยแบบจำลอง CA-Markov

ในส่วนของการหาปริมาณการความต้องการการใช้ไฟฟ้า วิธีแรกเริ่มจากการอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ (หน่วยตารางกิโลเมตร) โดยนำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร มาหารกับพื้นที่โดยการนำพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างมาหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (สมการที่ 3) ของทั้งปี พ.ศ. 2553 และ 2556 ต่อจากนั้นนำ อัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ของทั้งสองช่วงเวลามาหาค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตร โดยการนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตรรายจังหวัดปี พ.ศ. 2553 และพ.ศ. 2556 มาคำนวณหาค่า (สมการที่ 4) ถัดมานำค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปคูณกับพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov เพื่อหาปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (สมการที่ 5 และภาพที่ 1A) ส่วนวิธีที่สองจะเป็นการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตจากค่าสถิติ (สมการเชิงเส้น) โดยนำค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี พ.ศ. 2553 – 2558 มาวิเคราะห์ด้วยสมการเชิงเส้น เพื่อคาดการณ์การใช้ไฟฟ้ารายปี พ.ศ. 2559 (สมการที่ 6) ต่อจากนั้นนำปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 จริงมาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากวิธีที่หนึ่ง (แบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2559) และวิธีที่สอง (สมการเชิงเส้น) เพื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์กันของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยระดับของความสัมพันธ์จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หากค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมี

ความสัมพันธ์กันในระดับต่ำหรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้ (Hinkle, William and Stephen, 1998) (สมการที่ 7 และภาพที่ 1B)

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

$$R = \frac{Q}{\text{Urban Area}} \tag{3}$$

เมื่อ R หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร ในปีที่ n, Q หมายถึง พลังงานการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงในพื้นที่ ในปีที่ n, Urban Area หมายถึง ขนาดพื้นที่เมือง ในปีที่ n

$$AR = \frac{R1 + R2}{Y} \tag{4}$$

เมื่อ AR หมายถึง ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตร, R หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตร ปีที่ 1 และปีที่ 2, Y หมายถึง จำนวนปีที่ใช้ในการคำนวณ

$$Q = AR \times \text{Urban Area} \tag{5}$$

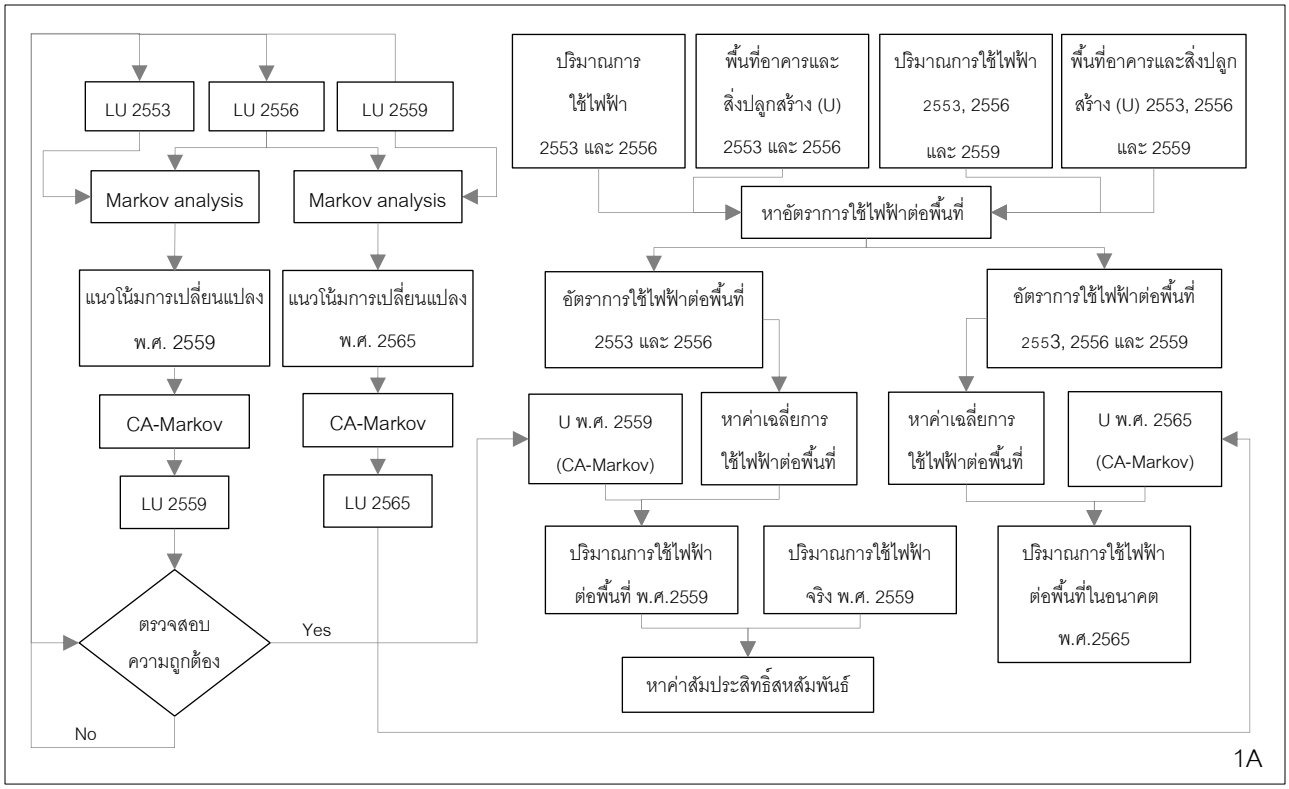
เมื่อ Q หมายถึง พลังงานการใช้ไฟฟ้าต่อปีในพื้นที่ ในปีที่ n, AR หมายถึง ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตร , Urban Area หมายถึง ขนาดพื้นที่เมืองในปีที่ n

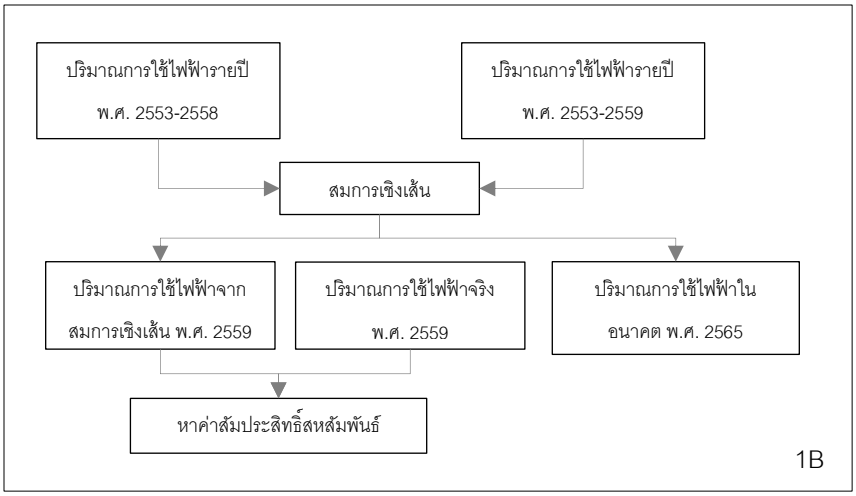
$$y = 319.59x + 5{,}815 \tag{6}$$

เมื่อ X หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี, Y หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x2 - (\sum x2)][n\sum y2 - (\sum y2)]}} \tag{7}$$

เมื่อ X หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง, Y หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

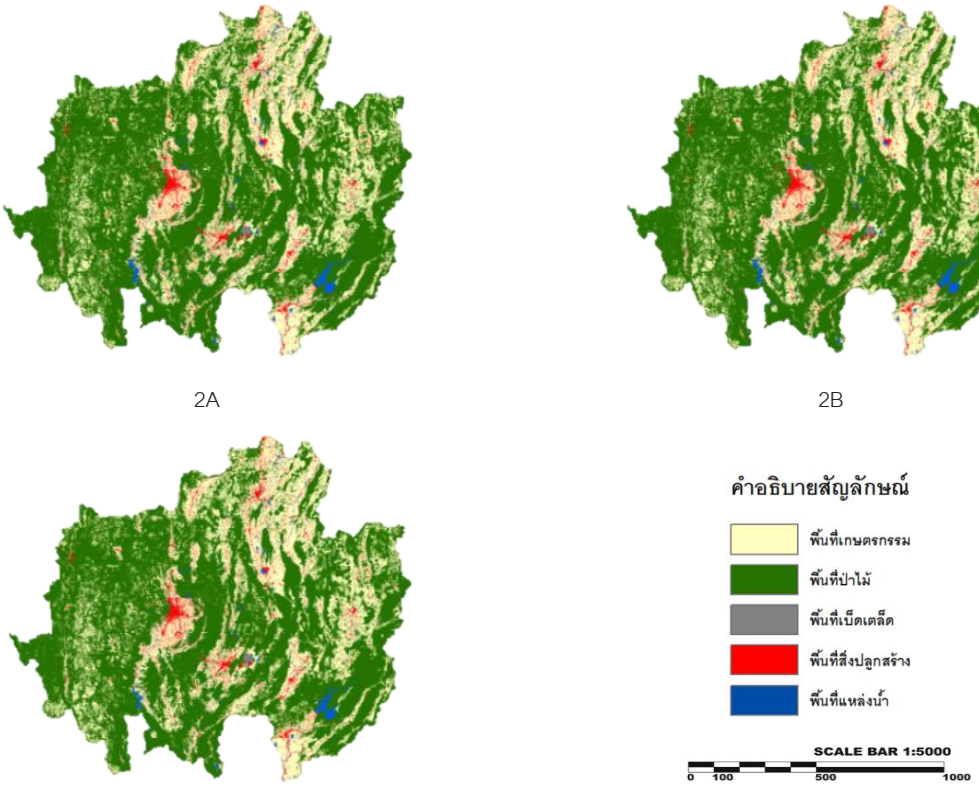




ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานการคาดการณ์ปริมาณไฟฟ้า วิธี 1A โดยแบบจำลอง CA-Markov และวิธี 1B โดยแบบสมการเชิงเส้น

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าในภาพรวมกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบนในช่วง 3 คาบเวลาที่ต่อเนื่อง พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมด เกษตรกรรมร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมด กลุ่มอาคารและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 3 ของพื้นที่ทั้งหมด (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) เมื่อพิจารณาร่วมกับการใช้ไฟฟ้าพบว่า ในปี พ.ศ. 2553, 2556 และ 2559 มีพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง 2,835.45 3,019.03 และ 3,148.50 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 2A-2C) และปริมาณการใช้ไฟฟ้า 6,261.93 7,077.81 และ 8,375.40 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยในช่วงระยะเวลา 3 ปี (2 คาบเวลา) คือ ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2556 มีพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 183.8 ตารางกิโลเมตร หรือเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 61 ตารางกิโลเมตร ขณะที่ พ.ศ. 2556-2559 มีพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 129.46 ตารางกิโลเมตร หรือเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 43 ตารางกิโลเมตร โดยเมื่อพิจารณาในช่วงระยะเวลา 6 ปี คือปี พ.ศ. 2553-2559 มีพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 313.26 ตารางกิโลเมตร หรือเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 52 ตารางกิโลเมตร (ตารางที่ 2) ในภาพรวมจะพบว่ามีการลดลงของป่าไม้ สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างรวมไปถึงพื้นที่เกษตรกรรม



ภาพที่ 2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553 (2A), พ.ศ. 2556 (2B), และพ.ศ. 2559 (2C) ตามลำดับ

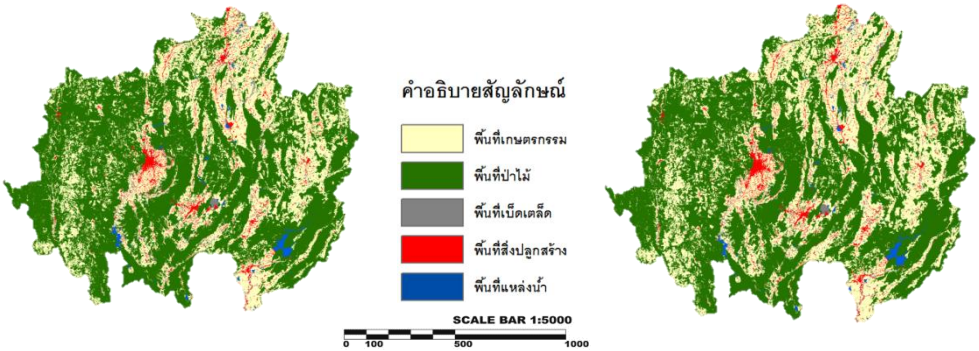
ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2553 2556 2559 และ 2565 (หน่วย : ตารางกิโลเมตร)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2565
อาคารและสิ่งปลูกสร้าง	2,835.43	3,019.23	3,148.69	3,443.53
เกษตรกรรม	22,415.38	27,609.53	29,153.03	34,678.80
ป่าไม้	67,985.72	62,714.79	61,175.28	55,480.40
แหล่งน้ำ	948.47	1,014.81	1,046.76	1,087.00
เบ็ดเตล็ด	1,524.05	1,350.69	1,185.29	1,019.32
รวม	95,709.05	95,709.05	95,709.05	95,709.05

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท (หน่วย: ตารางกิโลเมตร)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พ.ศ. 2553 - 2556		พ.ศ. 2556 - 2559		พ.ศ. 2553 - 2559	
	รวม 3 ปี	เฉลี่ยรายปี	รวม 3 ปี	เฉลี่ยรายปี	รวม 6 ปี	เฉลี่ยรายปี
อาคารและสิ่งปลูกสร้าง	183.80	61.27	129.46	43.15	313.26	52.21
เกษตรกรรม	5,194.15	1,731.38	1,543.50	514.50	6,737.65	1,122.94
ป่าไม้	-5,270.93	-1,756.98	-1,539.51	-513.17	-6,810.44	-1,135.07
แหล่งน้ำ	66.34	22.11	31.95	10.65	98.29	16.38
เบ็ดเตล็ด	-173.36	-57.79	-165.40	-55.13	-338.76	-56.46

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ปีฐานในปี พ.ศ. 2553-2556 (ภาพที่ 3A) พบว่ามีพื้นที่ประกอบด้วย อาคารและสิ่งปลูกสร้าง 3,184.66 ตารางกิโลเมตร, เกษตรกรรม 31,319.24 ตารางกิโลเมตร, ป่าไม้ 58,343.68 ตารางกิโลเมตร, แหล่งน้ำ 1,005.62 ตารางกิโลเมตร, และเบ็ดเตล็ด 1,255.65 ตารางกิโลเมตร เมื่อพิจารณาความถูกต้องของการคาดการณ์ของแบบจำลองโดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจริงปี พ.ศ. 2559 มาเปรียบเทียบกับผลจากการคาดการณ์ โดยใช้การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) พบว่ามีความถูกต้องถึงร้อยละ 91.65% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 83.54% เมื่อค่าความถูกต้องผ่านเกณฑ์การยอมรับแล้ว จึงคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2565 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ปีฐาน 2553-2559 (ภาพที่ 3B) พบว่ามีพื้นที่ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง 3,443.53 ตารางกิโลเมตร, เกษตรกรรม 34,678.80 ตารางกิโลเมตร, ป่าไม้ 55,480.40 ตารางกิโลเมตร, แหล่งน้ำ 1,087.00 ตารางกิโลเมตร, และเบ็ดเตล็ด 1,019.32 ตารางกิโลเมตร

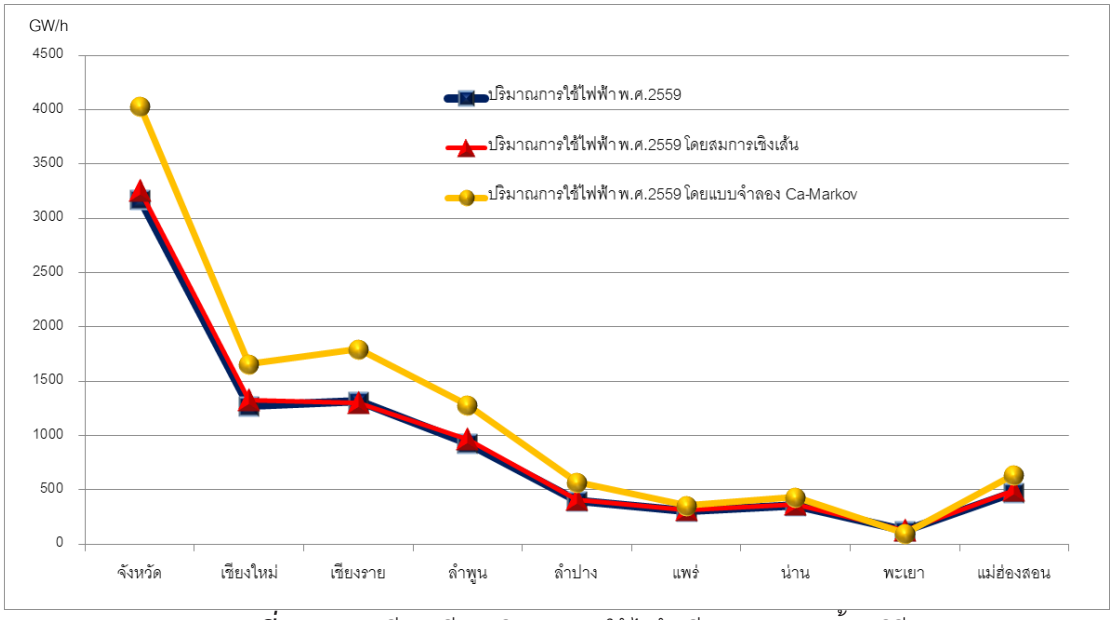


ภาพที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2559 (3A) และ ปี พ.ศ. 2565 (3B)

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ พ.ศ. 2559 โดยพิจารณาจากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ (สมการที่ 3) เมื่อได้อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่แล้ว จึงหาค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า (สมการที่ 4) และนำค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้ามาคำนวนหาปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ (สมการที่ 5) พ.ศ. 2559 พบว่า มีปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้า 10,888.76 จิกะวัตต์/ชั่วโมง และวิธีที่สองเป็นการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 โดยสมการเชิงเส้น มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 8,556.44 จิกะวัตต์/ชั่วโมง เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่จากการคาดการณ์แบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.999849 ซึ่งกล่าวได้ว่ามีความพันธ์กันระหว่าง 2 ตัวแปรสูงมาก และทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์จากสมการเชิงเส้นปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าเท่ากับ 0.999975 ซึ่งกล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่าง 2 ตัวแปรสูงมาก โดยมีกราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 ทั้ง 3 วิธี (ตารางที่3 และภาพที่ 4)

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและความต่างปี พ.ศ. 2559 (หน่วย : จิกะวัตต์/ชั่วโมง)

จังหวัด	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (1)	แบบจำลอง Ca-Markov (2)	แบบสมการเชิงเส้น (3)	ความต่างระหว่าง (1-2)	ความต่างระหว่าง (1-3)
เชียงใหม่	3,175.40	4,037.36	3,253.12	861.96	77.72
เชียงราย	1,276.89	1,662.49	1,324.13	385.61	47.24
ลำพูน	1,317.13	1,795.45	1,298.14	478.31	19.00
ลำปาง	935.84	1,283.08	966.84	347.24	31.00
แพร่	397.46	569.62	406.66	172.16	9.20
น่าน	310.75	361.94	315.37	51.19	4.62
พะเยา	359.30	435.02	368.43	75.72	9.13
แม่ฮ่องสอน	124.64	101.66	124.88	22.98	0.24
อุตรดิตถ์	477.99	642.14	498.87	164.15	20.88
รวม	8,375.40	10,888.76	8,556.44	2,513.36	181.03



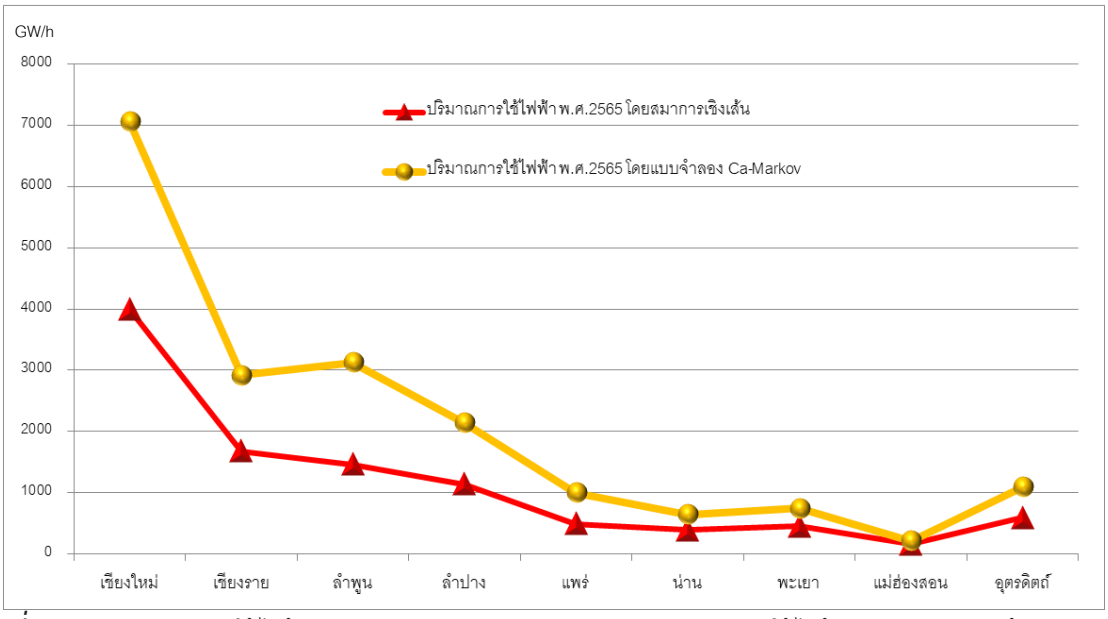
ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 ทั้ง 3 วิธี

การคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ในอนาคตปี พ.ศ. 2565 โดยนำค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละปีมาคำนวนหาปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ (สมการที่ 5) และนำปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกัน (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5) พบว่า มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ในอนาคต 18,935.82 จิกะวัตต์/ชั่วโมง จากนั้นคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตโดยสมการเชิงเส้นปี พ.ศ. 2565 พบว่า มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต 10,327.56 จิกะวัตต์/ชั่วโมง

ตารางที่ 4 ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในอนาคต พ.ศ. 2565 จากแบบจำลอง CA-Markov และ แบบสมการเชิงเส้น

(หน่วย : จิกะวัตต์/ชั่วโมง)

จังหวัด	แบบจำลอง CA-Markov	สมการเชิงเส้น	ความแตกต่าง
เชียงใหม่	7,064.25	3,996.74	3,067.51
เชียงราย	2,920.01	1,677.45	1,242.56
ลำพูน	3,127.08	1,457.83	1,669.25
ลำปาง	2,137.59	1,131.19	1,006.40
แพร่	996.50	486.82	509.68
น่าน	644.33	388.18	256.15
พะเยา	743.33	446.71	296.62
แม่ฮ่องสอน	212.758	153.87	58.89
อุตรดิตถ์	1,089.98	588.77	501.21
รวม	18,935.82	10,327.56	8,608.26



ภาพที่ 5 กราฟปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก CA-Markov พ.ศ. 2565 และปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากสมการเชิงเส้น พ.ศ. 2565

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่ 2,835.43 ตารางกิโลเมตร ปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ 3,019.23 ตารางกิโลเมตร และ ปีพ.ศ. 2559 มีพื้นที่ 3,148.69 ตารางกิโลเมตร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้จากกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Provincial Electricity Authority, 2017) พบว่าแนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยที่ปี พ.ศ. 2553 มีการใช้ไฟฟ้า 6,261.93 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ปี พ.ศ. 2556 มีการใช้ไฟฟ้า 7,077.81 จิกะวัตต์/ชั่วโมง และปี พ.ศ. 2559 มีการใช้ไฟฟ้า 8,375.40 จิกะวัตต์/ชั่วโมง เมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร มาคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (สมการที่ 5) กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 พบว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง ปี พ.ศ. 2559 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999849 กล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์กันสูงมาก และนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 ที่ได้จากสมการเชิงเส้นกับข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงปี พ.ศ. 2559 พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999975 มีความสัมพันธ์กันสูงมากเช่นเดียวกัน สามารถนำวิธีดังกล่าวไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคต ได้จากการคาดการณ์ของแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการทดสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างอิง) และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง พบมาตรวจสอบพบว่ามีความถูกต้องโดยรวม 91.65% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 83.54% เมื่อความถูกต้องเป็นที่ยอมรับได้ จึงทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตปี พ.ศ. 2565 โดยมีปริมาณสิ่งปลูกสร้าง 3,443.32 ตารางกิโลเมตร นำพื้นที่สิ่งปลูกสร้างปี พ.ศ. 2565 มาคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคต พบว่าปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้า 18,935.82 จิกะวัตต์/ชั่วโมง และนำข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2553 – 2559 มาคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยสมการเชิงเส้น พบว่า พ.ศ. 2565 ที่ได้จากสมการเชิงเส้น มีปริมาณความต้องการไฟฟ้า 10,327.56 จิกะวัตต์/ชั่วโมง

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ภาคเหนือตอนบนปี พ.ศ. 2565 พบว่าค่าเฉลี่ยการขยายตัวของเมืองส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดที่มีกิจกรรมที่รองรับผู้อยู่อาศัยที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวที่เพิ่มสูงขึ้นรวมไปถึงย่านการค้าที่มีความหลากหลาย โดยมีสัดส่วนพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างต่อพื้นที่ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในแต่ละจังหวัดดังนี้ 26.12% (เชียงใหม่), 20.31% (เชียงราย), 14.83% (ลำปาง), 8.59% (อุตรดิตถ์), 7.02% (แพร่), 6.85% (พะเยา), 6.47% (น่าน), 6.15% (ลำพูน) และ 3.65% (แม่ฮ่องสอน) ในด้านปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559 พบว่าแต่ละจังหวัดมีความต้องการการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากประชากรที่เพิ่มขึ้นและพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มขึ้นทุกปี จึงมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปี พ.ศ. 2559 มีสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง 8,375.4 จิกะวัตต์, ปี พ.ศ. 2559 จากสมการเชิงเส้นมีความต้องการการใช้ไฟฟ้า 8,556.44 จิกะวัตต์, และปี พ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CA-Markov มีความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ 10,888.76 จิกะวัตต์/ชั่วโมง

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี วิธีคาดการณ์แบบสมการเชิงเส้น มีความใกล้เคียงกับความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงมากกว่าความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov เนื่องจากความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแบบจำลอง CA-Markov เป็นการคำนวณและคาดการณ์ตามพื้นที่เมืองในช่วงที่อาจมีการเพิ่มขึ้นของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในส่วนของอาคารและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี โดยไม่ได้นำบริบท ปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ และการเมือง เป็นต้น มาใช้พิจารณาร่วมในการวิเคราะห์ โดยเน้นไปที่ความน่าจะเป็น (Probability) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในสองช่วงเวลาเท่านั้น จึงอาจทำให้ได้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มากเกินความเป็นจริงค่อนข้างสูง การคาดการณ์ความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบสมการเชิงเส้นใช้ข้อมูลรายปี (ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553, 2554, 2555, 2556, 2557 และ2558) มาใช้ในการทำเส้นการคาดการณ์ (Trend Line) ซึ่งมีช่วงความถี่ที่มากกว่าความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่จากแบบจำลอง CA-Markov ที่ใช้ข้อมูลราย 3 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 และ 2556) ในขณะเดียวกันข้อเสียของการคาดการณ์โดยสมการเชิงเส้นคือ ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าพื้นที่เมืองที่ต้องการไฟฟ้านั้นมีพื้นที่เท่าไร และตั้งอยู่บริเวณใดหรือขยายตัวไปในทิศทางใด (Location and Direction) เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 แล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีสมการเชิงเส้นกับวิธีจากแบบจำลอง CA-Markov มีค่าต่างกันไม่มากนัก ซึ่งจะเห็นได้ว่าในจังหวัดที่มีการขยายตัวพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างไม่มาก (ขยายตัวช้า) ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแบบจำลอง CA-Markov จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าใกล้เคียงกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง เช่นเดียวกับปริมาณการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าด้วยสมการเชิงเส้น และในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแบบจำลอง CA-Markov ในจังหวัดที่มีการขยายตัวพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างอย่างรวดเร็ว จะพบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากกว่าปกติเนื่องจากผู้วิจัยได้นำการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้างในระดับที่ 1 (Level1) ที่ยังไม่ได้มีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ประเภทของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ตัวอย่างเช่น สถานที่ราชการ (ค่ายทหาร) ชุมชนเขตนอกเมืองหรือกลุ่มชุมชนบนพื้นที่สูง มีพื้นที่มากแต่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำเมื่อเทียบกับชุมชนในเขตเมือง เมื่อนำมาคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จึงทำให้พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเกินความเป็นจริง (Over Estimation) ส่งผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากเกินความเป็นจริง โดยเฉพาะในจังหวัดที่มีการขยายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ ดังนั้นในบางบริบทควรพิจารณาเพิ่มเติมในการประยุกต์ใช้วิธีการคาดการณ์ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน กล่าวคือ วิธีแบบสมการเชิงเส้น และวิธีแบบจำลอง CA-Markov มาช่วยในการตัดสินใจวางแผนรวมกัน ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรปรับระดับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความสอดคล้องกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แท้จริงให้มากยิ่งขึ้น รวมทั้งทดสอบกับแบบจำลองในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบอื่นๆ ที่นำปัจจัยมา

ช่วยในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบเพื่อทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อการวางแผนการบริหารและจัดการไฟฟ้าในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ในอนาคต พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2553, 2556 และ 2559 ส่งผลให้เกิดความต้องการการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะเดียวกันจากการคาดการณ์โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ในปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างในเขตภาคเหนือตอนบนรวม 3,443.32 ตารางกิโลเมตร มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ในอนาคต 18,935.82 จิกะวัตต์/ชั่วโมง ส่วนการคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตโดยสมการเชิงเส้น พ.ศ. 2565 มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต 10,327.56 จิกะวัตต์/ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา สัญญาเลขที่ RD62004 ปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

Hinkle, D.E, William, W. and Stephen G. J. (1998). Applied Statistics for the Behavior Sciences. 4th ed. New York: Houghton Mifflin.

Lunetta, R. S. and Lyon, J. G. (2004). Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment. Boca Raton : Corporate Blvd.

Ministry of Energy. (2019). Power Development Plan (2018-2037). Energy Policy and Planning Office. Bangkok. (in Thai)

Orwattana, W. (2012). Prediction of Land use Change in Changwat Phuket. M.S. thesis, Graduate School, Srinakharinwirot University. (in Thai)

Provincial Electricity Authority (2017). Retrieved May 26, 2019, From http: // https://www.pea.co.th. (in Thai)

Romsonthi, C. (2008). Prediction of Land Use and Cover Changes Using CA-MARKOV Model Mae Chaem River Basin Chiangmai Province. Thesis. (in Thai)

Singh, A. K. (2003). Modelling Land Use Land Cover Changes Using Cellular Automata in A Geo-Spatial Environment. M.S. thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.

Wongwiset, T. (2005). Model to Study And Anticipate Changes in Land Use in Coastal Areas. Ban Laem District Phetchaburi Province. Thesis. (in Thai)