



การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน
AN ESTIMATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION
BY USING NIGHTTIME LIGHT IMAGERY



ณัฐธิดา จันทร์คณา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน



ณัฐธิดา จันทร์คณา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

AN ESTIMATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION
BY USING NIGHTTIME LIGHT IMAGERY



NATTITA CHANKHANA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Geoinformatics)

Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญาานิพนธ์
เรื่อง
การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน
ของ
ณัฐธิดา จันทร์คณา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ เมฆแสงสวย)

ชื่อเรื่อง	การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน
ผู้วิจัย	ณัฐธิดา จันทรคณา
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. อีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน โดยความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีการขยายตัวของตัวเมืองและย่านการค้า ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น จากปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องศึกษาการใช้ไฟฟ้าในอนาคต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน พื้นที่ศึกษากทม. โดยใช้อุปกรณ์ภาพถ่ายดาวเทียมแสงไฟ ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) โดยจำแนก ข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟเป็นแผนที่ระดับความเป็นเมือง ได้แก่ 1.ความเป็นเมืองต่ำ 2.ความเป็นเมืองปานกลาง 3.ความเป็นเมืองสูง และ 4.ความเป็นเมืองสูงมาก ศึกษาการขยายตัวของเมืองจากข้อมูลที่จำแนกจากภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2559 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายแสงไฟเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปีจากการไฟฟ้านครหลวง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากภาพถ่ายแสงไฟกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี โดยผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์แคปามีค่าเท่ากับ 0.9795 และศึกษาการเติบโตของเมืองและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายแสงไฟด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) โดยกำหนดปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเมืองในอนาคตหลายประการ โดยใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์รูปแบบการขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ซึ่งปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยทางระยะทาง เช่น เส้นทางการคมนาคม การเข้าถึงรถสาธารณะ การขนส่งหลัก และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ระยะทาง พื้นที่สีเขียว สวนสาธารณะ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำลอง Cellular Automata Markov Chain (CA-Markov) ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินร่วมกับแบบจำลอง Land Use Change (LCM) เพื่อคาดการณ์การขยายตัวของเมือง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องผลลัพธ์แบบจำลองที่ได้จากการคาดการณ์และแผนที่จริงเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง พ.ศ.2562 ผลลัพธ์ความแม่นยำของแบบจำลองเท่ากับ 0.8091 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยแรงขับเคลื่อนที่กำหนดส่งผลต่อการทำนายที่แม่นยำยิ่งขึ้น และจากการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 พบว่า อัตราปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทุกเขต เท่ากับ 71,859.76 ล้านหน่วย

คำสำคัญ : ภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืน, แบบจำลองCA-Markov, การจำแนก

Title	AN ESTIMATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION BY USING NIGHTTIME LIGHT IMAGERY
Author	NATTITA CHANKHANA
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Dr. Teerawate Limgomonvilas

Electrical energy is essential to daily life and the demand for electricity has increased considerably, especially in Bangkok with the expansion of the city and commercial district. As a result, the cost of generating electricity increases and it is necessary to study the use of electricity in the future. The objective of this research was to find the relationship between electricity consumption with night light photographic data. The Bangkok study area using light satellite imagery data with the Geographic Information System (GIS) from Suomi National Polar-Orbiting Partnership satellite classified the light data as land use: (1) low urbanization; (2) medium urbanization; (3) high urbanization; and (4) very high urbanization. The study of urban expansion in the city was based on data classified from light photography in 2016. The data obtained from light photo analysis were compared with annual electricity consumption from the Metropolitan Electricity Authority to determine the relationship between land-use types, obtained from photographs of light and annual electricity consumption, and the results showed that the Kappa coefficient was 0.9795. A study of urban growth and land-use changed from light imaging with the LCM model (MLP) identified several drivers of future political change. The model was used to predict urban expansion patterns using a multilayer neural network model. The factors included distance factors, such as transportation routes, public transport access, key transport, and environmental factors, including distance, green spaces, and parks, which are intended to enhance the cellular automation Markov Chain model simulation capability in predicting land-use changes in conjunction with the expected LCM (MLP) model. The expansion of the city to validate model results were obtained from forecasts and actual maps to compare accuracy. The 2019 model accuracy results were 0.8091 and showed that a given driving factor resulting in more accurate predictions. And from the projection of electric power using light photographs in 2022, it was found that the total electricity consumption rate in all districts was 71,859.76 million units.

Keyword : Nighttime Light Satellite Image, CA-Markov, Classification

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความอนุเคราะห์และเมตตาจากหลายท่านผู้มีพระคุณ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณครอบครัวทุกท่านที่ให้อำลัใจตลอดการทำงานจนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยสนับสนุนทุนการศึกษา ระดับมหาบัณฑิตและการเข้าร่วมประชุมและเสนอผลงานของนิสิต

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ ที่ให้ความเมตตาและกรุณาคำปรึกษา แนะนำการดำเนินงาน ตรวจสอบการทำงาน อีกทั้งช่วยเหลือข้อบกพร่องตลอดจนให้อำลัใจการทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2562

ขอขอบพระคุณการไฟฟ้านครหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ถึงพ.ศ.2563

ขอขอบพระอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่ให้ความรู้ประสบการณ์ในการทำงาน และคำแนะนำ รวมถึงบุคลากรภาควิชาภูมิศาสตร์ คุณรัชนี ศรีวรรณะ และ คุณเอมอร น้อยประดิษฐ์ ดำเนินการติดต่อประสานงานต่าง ๆ และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่สนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี

ณัฐธิตา จันทร์คณา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่1 บทนำ.....	1
1. ที่มาและความสำคัญ	1
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
3. ขอบเขตของการศึกษา	3
4. ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
5. นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
6. กรอบแนวคิดในการศึกษา	5
บทที่2 เอกสารงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	6
1.1 สภาพภูมิประเทศ	7
1.2 สภาพภูมิอากาศ	7
2. แนวความคิดภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน (Nighttime Light: NTL)	15
2.1 ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership.....	16
3. แนวคิดและทฤษฎีภูมิสารสนเทศและเครื่องมือ	17

3.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS).....	17
3.2 กระบวนการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม (Remote Sensing: RS)	18
4. ประเภทแบบจำลองการคาดการณ์การขยายตัวของเมือง	21
4.1 แบบจำลอง Markov Chain	21
4.2 แบบจำลอง Cellular Automata.....	22
4.3 แบบจำลอง CA - Markov Guan et al. (2011) ได้อธิบายว่าแบบจำลอง CA- Markov คือการนำทั้งสองหลักการของ 1. เซลลูลาร์ออโตมาตาและ 2. Markov (สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงที่ดินในรูปแบบเมทริกซ์) ร่วมประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การ คาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรมประมวลผล ข้อมูลระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ การระบุนการทำงานรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละ กริดจะ พิจารณาจากโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (The transition areas) ที่ได้จากการ วิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Markov ร่วมกับ CA Filter ของพื้นที่ข้างเคียงที่อยู่ติดกัน หลักการทำงานของ CA - Markov มีดังนี้.....	23
4.4 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)	24
5. แผนแม่บทและแผนปฏิบัติการเสริมสร้างความยั่งยืนการไฟฟ้านครหลวง.....	26
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
6.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องปัจจัยการเติบโตเมือง	27
6.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบบจำลองการเติบโตเมือง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	42
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	43
3. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
4. สรุปผลและนำเสนอข้อมูลการศึกษาการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย ภาพถ่ายแสงไฟ.....	48
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	35

1. ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายแสงไฟ.....	35
2. ความสัมพันธ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟ	46
3. แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์ระดับความเป็นเมือง	50
4. แบบจำลอง LCM (MLP)	56
5. แผนที่มีการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP).....	62
6. สรุปผลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 ด้วย แบบจำลอง LCM (MLP)	65
บทที่5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	69
1. สรุปผลการศึกษา.....	69
2. อภิปรายผล	71
3. ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ประวัติผู้เขียน.....	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 หน่วยจำหน่ายไฟฟ้าพื้นที่กรุงเทพมหานครราย พ.ศ.2559 – 2563	11
ตาราง 2 สถิติการใช้ไฟฟ้ารายเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556-2559	12
ตาราง 3 สถิติการใช้ไฟฟ้ารายเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2560-2563	13
ตาราง 4 ข้อเด่น-ข้อด้อยของดาวเทียม Suomi-NPP	16
ตาราง 5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง	28
ตาราง 6 การแบ่งกลุ่มข้อมูลความเข้มของแสงสว่างแสงไฟกลางคืน	37
ตาราง 7 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556	39
ตาราง 8 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559	42
ตาราง 9 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562	44
ตาราง 10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร	48
ตาราง 11 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท แบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2562	51
ตาราง 12 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov	54
ตาราง 13 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง	57
ตาราง 14 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง LCM (MLP)	60
ตาราง 15 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2565 ที่ได้จากแบบจำลอง LCM (MLP)	64
ตาราง 16 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2559 ..	65
ตาราง 17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2565 ...	67

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	5
ภาพประกอบ 2 แผนที่ใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2562	9
ภาพประกอบ 3 แผนที่แสดงขอบเขตสถานีบริการไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร	14
ภาพประกอบ 4 วิธีการดำเนินงานการ.....	46
ภาพประกอบ 5 การเน้นข้อมูลภาพ	36
ภาพประกอบ 6 การจำแนกข้อมูล (Data Classification).....	37
ภาพประกอบ 7 การจำแนกข้อมูล	38
ภาพประกอบ 8 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556	40
ภาพประกอบ 9 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559	43
ภาพประกอบ 10 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562	45
ภาพประกอบ 11 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2559 จากการใช้ไฟฟ้านครหลวง	49
ภาพประกอบ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ากับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559.....	49
ภาพประกอบ 13 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทแบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2562	52
ภาพประกอบ 14 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562	53
ภาพประกอบ 15 การตรวจสอบความถูกต้องแผนที่คาดการณ์ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562.....	55
ภาพประกอบ 16 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN)	56
ภาพประกอบ 17 โครงสร้างโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้น	57

ภาพประกอบ 18 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.256259

ภาพประกอบ 19 การตรวจสอบความถูกต้องแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562..... 61

ภาพประกอบ 20 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2565 63

ภาพประกอบ 21 การคาดการณ์การใช้ปริมาณไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมืองพ.ศ.2559. 66

ภาพประกอบ 22 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP)..... 67

ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2565 68



บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวันและเป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานต่าง ๆ มากมาย โดยความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีการขยายตัวของตัวเมืองและย่านการค้า ห้างสรรพสินค้าและอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ที่รองรับการขยายตัวของเศรษฐกิจเป็นหลัก จากสถิติการใช้ไฟฟ้าใน พ.ศ.2557 มีปริมาณประมาณ 5,841 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง พ.ศ.2562 ประมาณ 9,526 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง โดยภาพรวมปี พ.ศ.2562 มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.1 เมื่อเทียบกับ พ.ศ.2562 (การไฟฟ้านครหลวง, 2562) การใช้ปริมาณไฟฟ้าของประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น จากปัญหาดังกล่าวเพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ จัดหาและวางแผนการจัดสรรพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมตามทิศทางการเติบโตของเมืองในอนาคต จึงจำเป็นต้องศึกษาการใช้ไฟฟ้าในอนาคต ทั้งในรูปแบบเชิงปริมาณ (ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า) และเชิงคุณภาพ (ทิศทางการขยายตัวของเมือง)

กรุงเทพมหานครมีปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวอย่างต่อเนื่องของเมืองหลวง เพื่อรองรับเศรษฐกิจ ย่านการค้า อาคารสำนักงานสูง จากการศึกษาการขยายตัวการใช้ไฟฟ้า พ.ศ. 2562 พบว่า การใช้ไฟฟ้าขยายตัวมากขึ้นในกลุ่มบ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และ สถานที่ราชการ เมื่อเปรียบเทียบช่วงเดียวกันของปีที่แล้วโดยกลุ่มบ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า ขยายตัวในอัตราร้อยละ 17.58 และ ร้อยละ 6.61 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ อพาร์ทเมนต์ อาคารสำนักงานสูงและการขยายตัว การใช้ไฟฟ้าที่สำคัญ มาจากผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ โดยเฉพาะ ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น ไอคอนสยาม เกตเวย์บางซื่อ เดอะมาร์เก็ตแบงคอก เป็นต้น

การขยายตัวของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในการวิเคราะห์ข้อมูล แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อคาดการณ์เติบโตของเมือง คือ แบบจำลอง Cellular Automata ที่สามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ (Spatial Pattern) มีการพัฒนาแบบจำลอง Cellular Automata ร่วมกับ แบบจำลอง Markov ให้มีความสามารถในการคาดการณ์การ

เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ (สุพิชชา ภมรจันทรมัส, 2559) แต่มีข้อจำกัดของการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถอธิบายปัจจัยขับเคลื่อนการขยายตัวของเมืองอื่น ๆ ได้ เช่น เส้นทางการคมนาคม และราคาที่ดิน เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับ แบบจำลอง Artificial Neural Network (ANN) จำลองรูปแบบการทำงานของสมองมนุษย์ในการเรียนรู้ความซับซ้อนและความหลากหลายของวิธีการตัดสินใจ จึงมีประโยชน์เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามทิศทางการเติบโตของเมืองที่ถูกต้อง

การใช้แบบจำลอง Land Use Change Modeler (LCM) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืน (Nighttime Light Satellite Image : NTL) ซึ่งเป็นที่นิยมในการติดตามการขยายตัวของเมืองและความสัมพันธ์ของการขยายตัวของเมืองจากภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืน ในปัจจุบัน สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของกิจกรรมมนุษย์ในเขตเมือง (เยาวรัตน์ เกกนิชะ, 2559) จึงเป็นเครื่องมือที่มีสำคัญและเป็นทางเลือกหนึ่งในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาค้นคว้าวิจัยมีความสนใจเพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืนร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูล CA-Markov ร่วมกับ ปัจจัย การขยายตัวของเมือง โดย แบบจำลอง Artificial Neural Network แบบ Multilayer perceptron เพื่อนำมาคาดการณ์ทิศทางและปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่ และปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่ โดยรวมของกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยนี้จะช่วยเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนบริหารจัดการไฟฟ้าในอนาคตอย่างถูกต้องและเหมาะสมตอบสนองนโยบายการใช้พลังงานที่มั่นคงและยั่งยืนของประเทศต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน
2. เพื่อคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนร่วมกับแบบจำลองระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปริมาณไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟช่วงเวลากลางคืน
2. คาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาได้กำหนดขอบเขตวิจัยไว้ ดังนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานครโดยมีพื้นที่ 1,569 ตารางกิโลเมตร
2. ขอบเขตด้านเนื้อหา มีการดำเนินการศึกษา ดังนี้
 - 2.1 จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการสำรวจระยะไกล ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับความเป็นเมืองต่ำ 2. ระดับความเป็นเมืองปานกลาง 3. ระดับความเป็นเมืองสูง 4. ระดับความเป็นเมืองสูงมาก โดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟช่วงเวลากลางคืน จากดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ในระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) บันทึก 3 ช่วงเวลา พ.ศ. 2556, 2559, 2562 ด้วยวิธีการศึกษาค่าแสงไฟ (DN)
 - 2.2 หาความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟเวลากลางคืน พ.ศ. 2559
 - 2.3 วิเคราะห์ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม, ด้านสังคมและเศรษฐกิจ, ด้านระยะทางเพื่อหาความสัมพันธ์การเติบโตของเมือง
 - 2.4 คัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมระหว่างแบบจำลอง CA-Markov และ Land Change Modeler (LCM) โดยเทคนิคการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) มาคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องของแบบจำลองมากที่สุดเทียบกับภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ. 2562
 - 2.5 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและระดับการใช้ไฟฟ้าจากแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม (จากข้อ 2.4) ใน พ.ศ. 2565

4. ข้อตกลงเบื้องต้น

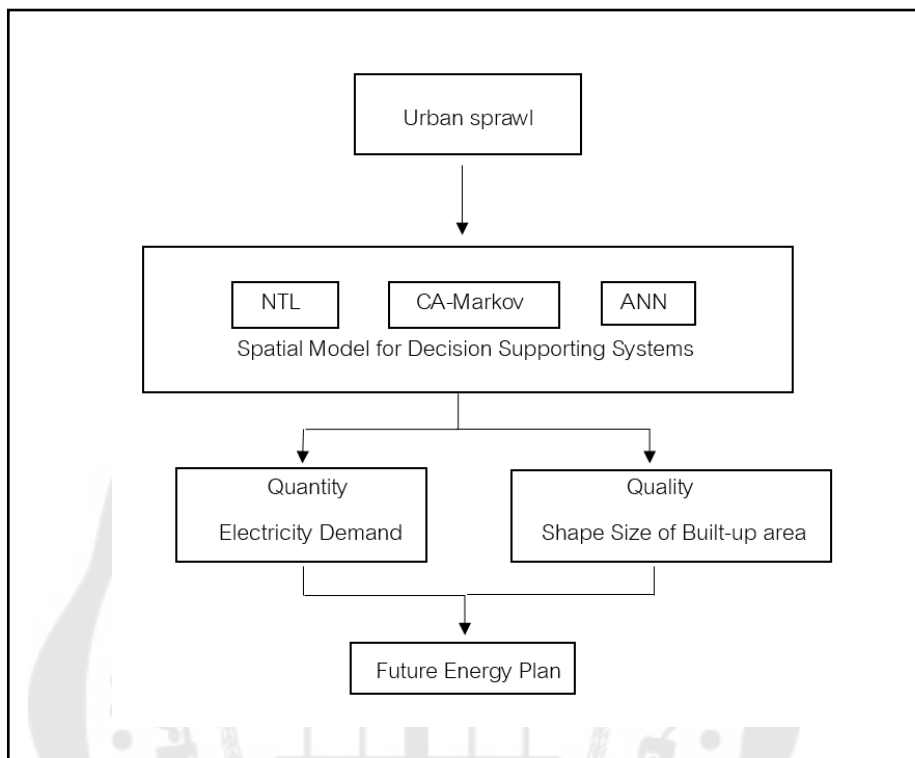
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะที่ได้กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมาย สมมุติฐาน และขอบเขตของการศึกษา ข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟช่วงเวลากลางคืนจะไม่นำแสงสว่างจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า แสงเหนือ-แสงใต้มาร่วมพิจารณาด้วยถือว่าที่นำมาใช้ในการศึกษาถือว่าถูกต้องและเชื่อถือได้

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

ภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืน (Nighttime Light Satellite Image : NTL) หมายถึง ข้อมูลแสงไฟกลางคืนที่ตรวจจับโดยดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ใช้ระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) หรือที่เรียกว่า SNPP/VIIRS ซึ่งมีรายละเอียดภาพถ่ายที่มีคุณภาพสูง

แบบจำลอง Cellular Automata and Markov chain modeling (CA-Markov) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกริดหรือเซลล์ที่อยู่อย่างอิสระ สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้โดยใช้ ทฤษฎีเกมชีวิต (game of life theory) มีกระบวนการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ ความน่าจะเป็นรวมเข้ากับข้อมูลสภาวะแวดล้อมที่สามารถแสดงผลได้ในลักษณะเชิงพื้นที่โดยทำการกำหนดพื้นที่เมืองพื้นที่ชนหรือพื้นที่ใกล้เคียง (neighborhood) เพื่อกำหนดเซลล์แวดล้อมเพื่อเข้าสู่การจำลอง

6. กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

บทที่ 2

เอกสารงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งแบ่งหัวข้อในการในการศึกษาไว้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. แนวความคิดภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน (Nighttime Light: NTL)
3. แนวคิดและทฤษฎีภูมิสารสนเทศและเครื่องมือ
4. ประเภทแบบจำลองการคาดการณ์แนวโน้มการขยายตัวของเมือง
5. แผนแม่บทและแผนปฏิบัติการเสริมสร้างความยั่งยืนการไฟฟ้านครหลวง
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

กรมพัฒนาที่ดิน (2562) ได้อธิบายว่า กรุงเทพมหานคร มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในเขตภาคกลางของประเทศไทย โดยการแบ่งภูมิภาคประเทศไทยใช้เกณฑ์ด้านภูมิศาสตร์ของราชบัณฑิตยสถาน ซึ่งจากการ คำนวณเนื้อที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า กรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ 1,569 ตารางกิโลเมตร หรือ 981,631 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่าง พิกัดเหนือ 1,492,000 เมตร ถึง 1,543,260 เมตร หรือ ละติจูด 13 องศา 29 ลิปดา 32 พิลิปดา ถึง 13 องศา 57 ลิปดา 16 พิลิปดา และ พิกัดตะวันออก 643,530 เมตร ถึง 709,550 เมตร หรือ ลองจิจูด 100 องศา 19 ลิปดา 40 พิลิปดา ถึง 100 องศา 56 ลิปดา 19 พิลิปดา

อาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ อำเภอบางกรวย อำเภอเมือง และอำเภอปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี อำเภอเมือง และ อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี
ทิศใต้	ติดต่อกับ อำเภอไทย อำเภอพระสมุทรเจดีย์ อำเภอพระประแดง อำเภอเมือง อำเภอบางพลี อำเภอบางเสาธง และอำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ

ทิศตะวันออก ติดต่อ อำเภอบางน้ำเปรี้ยว และอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ทิศตะวันตก ติดต่อ อำเภอพุทธมณฑล และอำเภอสามปราณ จังหวัดนครปฐม

อำเภอกระทุ่มแบน และอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

1.1 สภาพภูมิประเทศ

กรุงเทพมหานครมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มหรือที่เรียกว่า “ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ” ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพัดพาสะสม มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 1.50-2 เมตร มีความลาดเอียงจากทิศเหนือสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ โดยเฉพาะ บริเวณที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างระดับความสูงจากน้ำทะเลไม่เกิน 1.50 เมตร

ลักษณะทางธรณีวิทยา จากการศึกษาข้อมูลด้านธรณีวิทยาพบว่า “กรุงเทพมหานคร” ตั้งอยู่บริเวณตอนล่างที่ลุ่มเจ้าพระยา ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ซึ่งเกิดจากดินตะกอนพัดพาจากแม่น้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง ซึ่งแม่น้ำ ดังกล่าว เมื่อน้ำไหลผ่านบริเวณที่ราบมีพื้นที่ ต้นเนินความเร็วของกระแสน้ำจะลดลง วัตถุต่าง ๆ ประปนมากับน้ำ ประกอบด้วยทราย ตะกอน ดินเหนียว และดินตะกอนจะทับถมพอกพูนมากขึ้นกลายเป็นดินตะกอนใหม่ที่ เรียกว่า “ดินตะกอนน้ำพัดพา” และบางส่วนจะถูกน้ำพัดพาไปตกตะกอนบริเวณปากของ แม่น้ำ โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทย ตะกอนบางส่วนอาจไปตกชายฝั่ง ห่างจากบริเวณปากน้ำ ใกล้ปากอ่าว ทำให้เกิดเป็นดินตะกอนปากน้ำดินตะกอนบางส่วนที่ แม่น้ำพัดพามาและเกิดสะสมบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเป็นดินตะกอน ที่ละเอียด

1.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ 1.ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดเข้ามาปกคลุมในช่วงฤดูหนาว ทำให้อากาศหนาวเย็น และแห้งแล้ง 2.ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดเข้ามาปกคลุมในช่วงฤดูฝน ทำให้อากาศชุ่มชื้น และมีฝนทั่วไป ดังนี้

ฤดูกาล พิจารณาตามลักษณะของลมฟ้าอากาศของประเทศไทยพื้นที่ กรุงเทพมหานคร แบ่งฤดูกาล ออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้

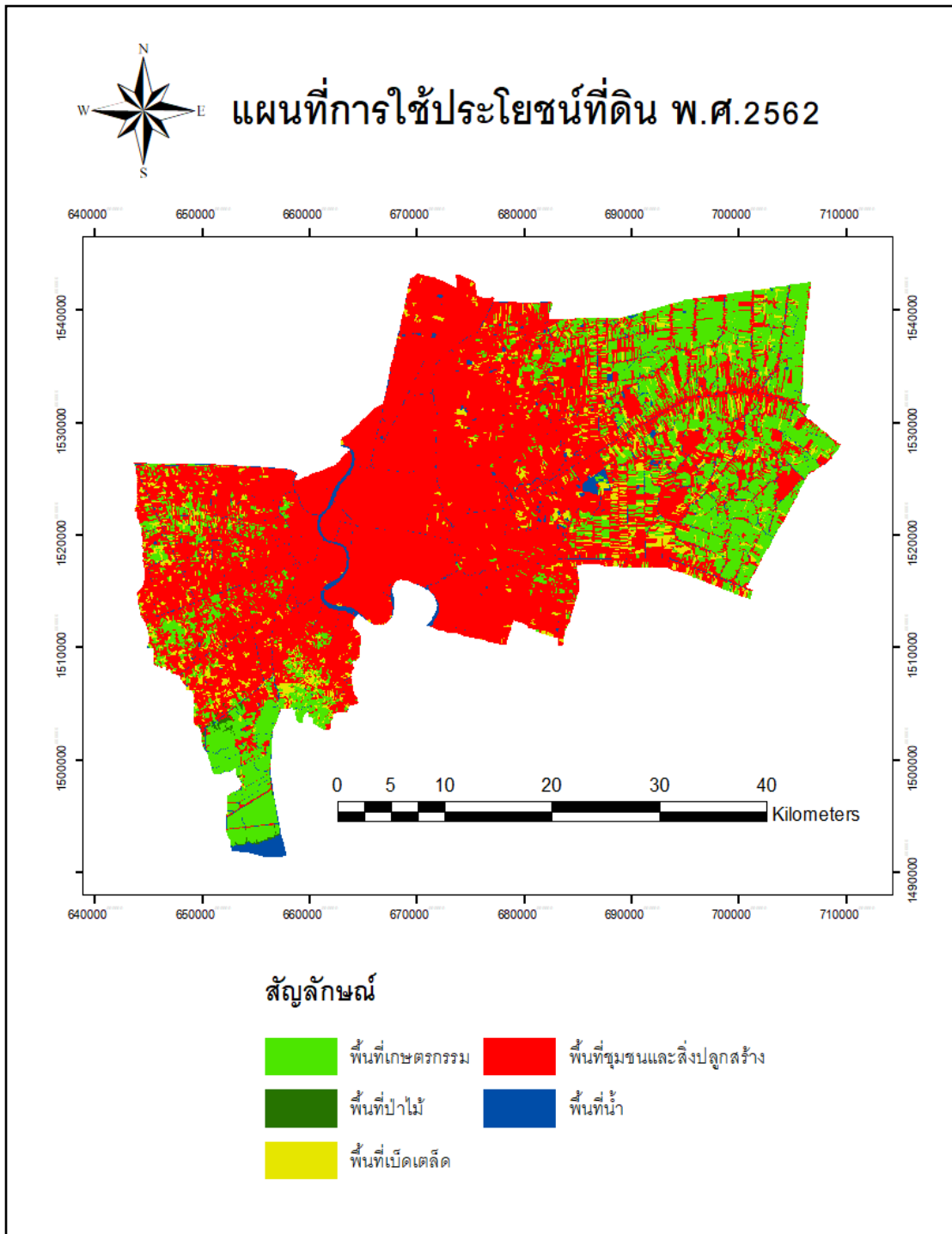
ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้เป็นช่วงสว่างของฤดูลมมรสุม จะมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนปกคลุมประเทศไทยตอนบน และลมที่พัดปกคลุมบริเวณดังกล่าว เป็นลมใต้และลมตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าว โดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนที่สุดในเดือนเมษายน

ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลมที่พัดจากมหาสมุทรอินเดียนำฝนและความชุ่มชื้นเข้ามาประกอปกับร่องความกดอากาศต่ำที่พาดผ่าน ทำให้มีฝนตกชุกมากเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป โดยเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด คือเดือนกันยายน ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะหนาวเย็นและแห้ง แต่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคกลาง ฤดูหนาวจึงช้ากว่าภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเริ่มมีอากาศหนาวประมาณกลางเดือนพฤศจิกายน เป็นต้นไป

กรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่อยู่บริเวณภาคกลางตอนล่าง มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง พืชพรรณปกคลุมดินมีไม่มากนัก เนื่องจากปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เปลี่ยนไป เป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่แทนพื้นที่เกษตรกรรม จึงมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงและอากาศร้อนอบอ้าวมากในฤดูร้อน ส่วนในฤดูหนาวไม่หนาวมาก มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ 40.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดที่เคยตรวจวัดได้ 9.9 องศาเซลเซียส

1.3 สภาพการใช้ที่ดินจังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2562

กรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ทั้งหมด 978,253 ไร่ สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินได้ออกเป็น 5 ประเภท คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) มีเนื้อที่ 659,114 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67.36 ของเนื้อที่กรุงเทพมหานคร พื้นที่เกษตรกรรม (A) มีเนื้อที่ 231,441 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.67 ของเนื้อที่กรุงเทพมหานคร พื้นที่ป่าไม้ (F) มีเนื้อที่ 1,582 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของเนื้อที่กรุงเทพมหานคร พื้นที่น้ำ (W) มีเนื้อที่ 28,821 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.96 ของเนื้อที่กรุงเทพมหานคร และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) มีเนื้อที่ 57,305 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.85 ของเนื้อที่กรุงเทพมหานคร



ภาพประกอบ 2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2562

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2562)

1.4 สถานการณ์การจำหน่ายไฟฟ้าที่กรุงเทพมหานคร

การไฟฟ้านครหลวงเป็นรัฐวิสาหกิจ ภายใต้การกำกับกระทรวงมหาดไทย มีหน้าที่รับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับประชาชน พื้นที่บริการพลังงานไฟฟ้าได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ โดยมีสถานบริการไฟฟ้าทั้ง 18 สถานบริการ ในพื้นที่บริการกรุงเทพมหานครมีสถานบริการทั้งหมด 12 เขต ได้แก่ เขตคลองเตย เขตธนบุรี เขตบางกะปิ เขตบางขุนเทียน เขตบางเขน เขตมีนบุรี เขตยานนาวา เขตราชบุรีบูรณะ เขตลาดกระบัง เขตลาดพร้าว เขตวัดเลียบ และ เขตสามเสน

ภาพรวมสถานการณ์ไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร มีการขยายตัวในกลุ่มบ้านที่อยู่อาศัย ธุรกิจ สถานที่ราชการ ห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงาน องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร และกลุ่มอุตสาหกรรม โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัวจากผู้บริโภคไฟฟ้ารายใหม่โดยเฉพาะห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ และอาคารสำนักงาน เช่น สยามพารากอน ไอคอนสยาม บางซื่อ เดอะมาร์เก็ตแบงคอก เป็นต้น ประกอบกับอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติย้อนหลัง ทำให้เป็นปัจจัยสำคัญอีกหนึ่งประการ เนื่องจากมีปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศมากยิ่งขึ้น ประกอบกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่อชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกลไกการทำงาน เช่น เตารีดไฟฟ้าเครื่องเป่าผม เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น

ปัจจุบันสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID -19) พื้นที่กรุงเทพมหานคร ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าและบริการ การค้า การลงทุน และการท่องเที่ยว ส่งผลให้เกิดมาตรการ Lockdown ในพื้นที่ ทำให้เกิดมาตรการ Work From Home ทำให้ข้าราชการ พนักงานและลูกจ้างสำนักงานบางส่วนต้องปฏิบัติงานที่บ้าน จึงเป็นสาเหตุความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นจากการใช้คอมพิวเตอร์ เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มมากยิ่งขึ้น

จากสถิติการใช้ไฟฟ้ารายเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเขตบริการที่มีผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคือ 1. สถานบริการไฟฟ้าคลองเตย 2. สถานบริการไฟฟ้าราชบุรีบูรณะ 3. สถานบริการไฟฟ้าสามเสน ตามลำดับ

ตาราง 1 หน่วยจำหน่ายไฟฟ้าพื้นที่กรุงเทพมหานครราย พ.ศ.2559 – 2563

เดือน	พ.ศ.2559	พ.ศ.2560	พ.ศ.2561	พ.ศ.2562	พ.ศ.2563
หน่วยขายจำแนกรายปี (ล้านบาท)					
มกราคม	2,764.73	2,503.64	2,503.64	2,857.53	3,037.37
กุมภาพันธ์	2,665.66	2,688.89	2,688.89	2,924.99	2,928.14
มีนาคม	3,136.48	3,115.89	3,155.83	3,247.83	3,122.16
เมษายน	3,180.10	2,966.09	2,966.09	3,338.72	2,820.22
พฤษภาคม	3,406.89	3,191.21	3,191.21	3,494.29	3,121.90
มิถุนายน	3,146.60	3,196.79	3,196.79	3,238.30	2,977.44
กรกฎาคม	3,046.97	3,072.87	3,072.87	3,144.97	3,003.02
สิงหาคม	3,169.30	3,096.05	3,096.05	3,153.94	2,976.67
กันยายน	3,017.36	3,016.11	3,016.11	2,989.79	2,969.77
ตุลาคม	2,963.82	3,076.90	3,076.90	3,126.81	2,727.69
พฤศจิกายน	2,966.71	3,038.51	3,038.51	2,980.52	2,710.43
ธันวาคม	2,746.20	2,871.23	2,871.23	2,718.79	2,467.13

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2563)

ตาราง 2 สถิติการใช้ไฟฟ้ารายเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556-2559

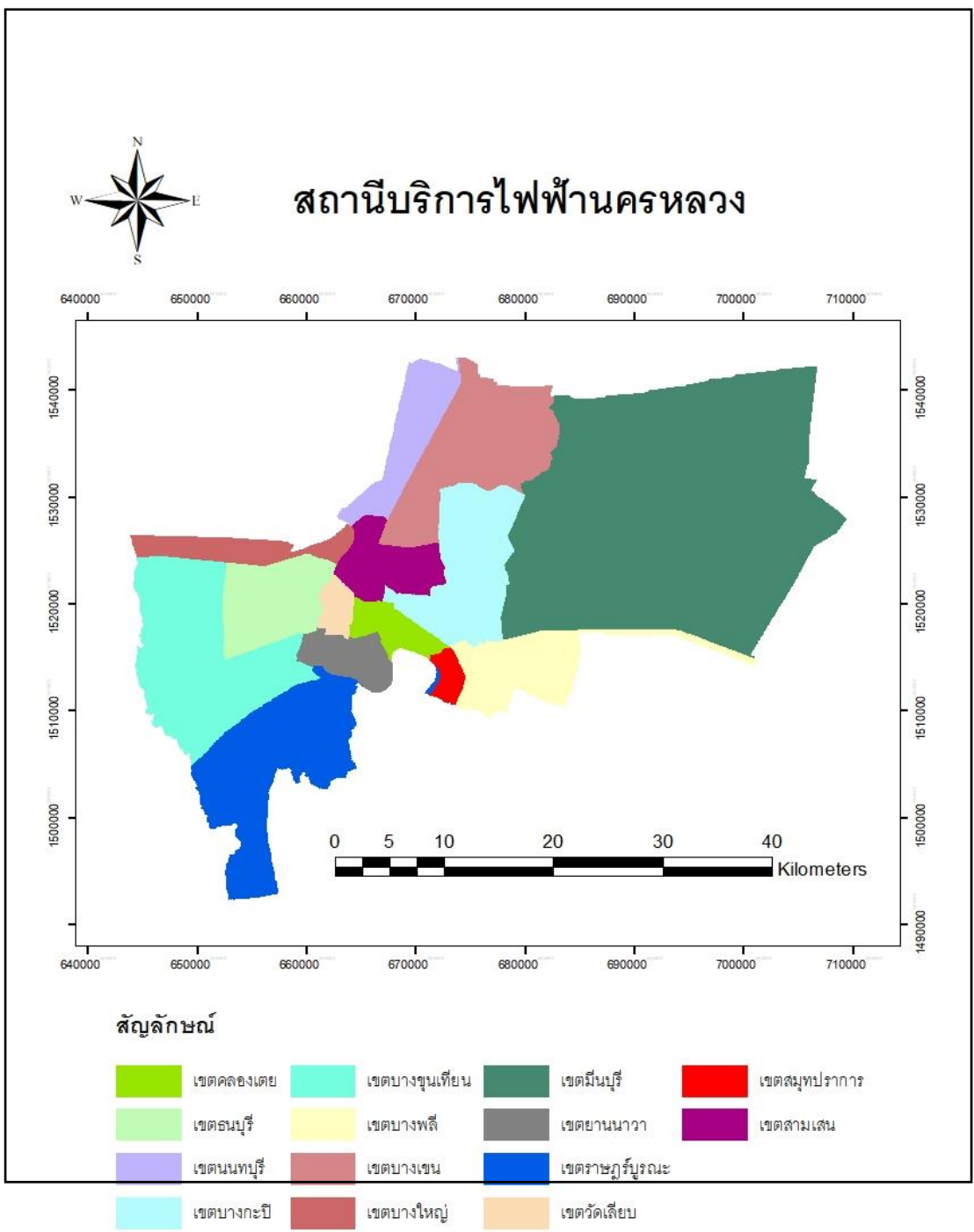
เขตการไฟฟ้า	2556	2557	2558	2559
นครหลวง				
หน่วยจำหน่ายไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	34,315.08	34,295.72	35,353.47	36,210.82
คลองเตย	4,481.65	4,415.42	4,554.78	4,628.69
ธนบุรี	1,791.51	1,821.39	1,886.61	1,938.78
บางกะปิ	2,675.84	2,708.38	2,848.04	2,936.82
บางขุนเทียน	2,421.37	2,410.42	2,459.16	2,518.07
บางเขน	2,841.31	2,865.97	2,957.97	3,053.57
มีนบุรี	1,658.59	1,691.70	1,792.04	1,880.96
ยานนาวา	1,846.96	1,837.57	1,897.45	1,938.07
ราชบุรีบูรณะ	3,932.89	3,849.48	3,818.35	3,955.21
ลาดกระบัง	1,841.70	1,875.44	1,990.19	2,017.64
ลาดพร้าว	1,760.08	1,765.77	1,832.82	1,910.19
วัดเลียบ	1,105.69	1,077.97	1,106.99	1,108.22
สามเสน	3,460.97	3,463.46	3,564.79	3,646.77

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2559)

ตาราง 3 สถิติการใช้ไฟฟ้ารายเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2560-2563

เขตการไฟฟ้า	2560	2561	2562	2563
นครหลวง				
หน่วยจำหน่ายไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	34,315.08	34,295.72	35,353.47	36,210.82
คลองเตย	31197.83	31296.09	31296.09	4,006.64
ธนบุรี	4,606.03	4,625.70	4,742.40	1,985.94
บางกะปิ	1,918.26	1,898.27	2,009.56	2,967.34
บางขุนเทียน	2,953.07	2,974.03	2,974.03	2,519.47
บางเขน	2,481.57	2,473.17	2,473.17	3,082.53
มีนบุรี	3,006.26	3,012.18	3,012.18	2,026.69
ยานนาวา	1,881.75	1,931.41	1,931.41	1,855.64
ราชบุรีบูรณะ	1,905.46	1,902.24	1,902.24	3,826.17
ลาดกระบัง	1,892.41	1,919.57	1,960.53	1,968.41
นวลจันทร์	1,883.28	1,884.99	1,884.99	1,888.21
วัดเลียบ	1,088.55	1,081.21	1,106.99	1,036.70
สามเสน	3,595.75	3,591.95	3,564.79	3,495.56

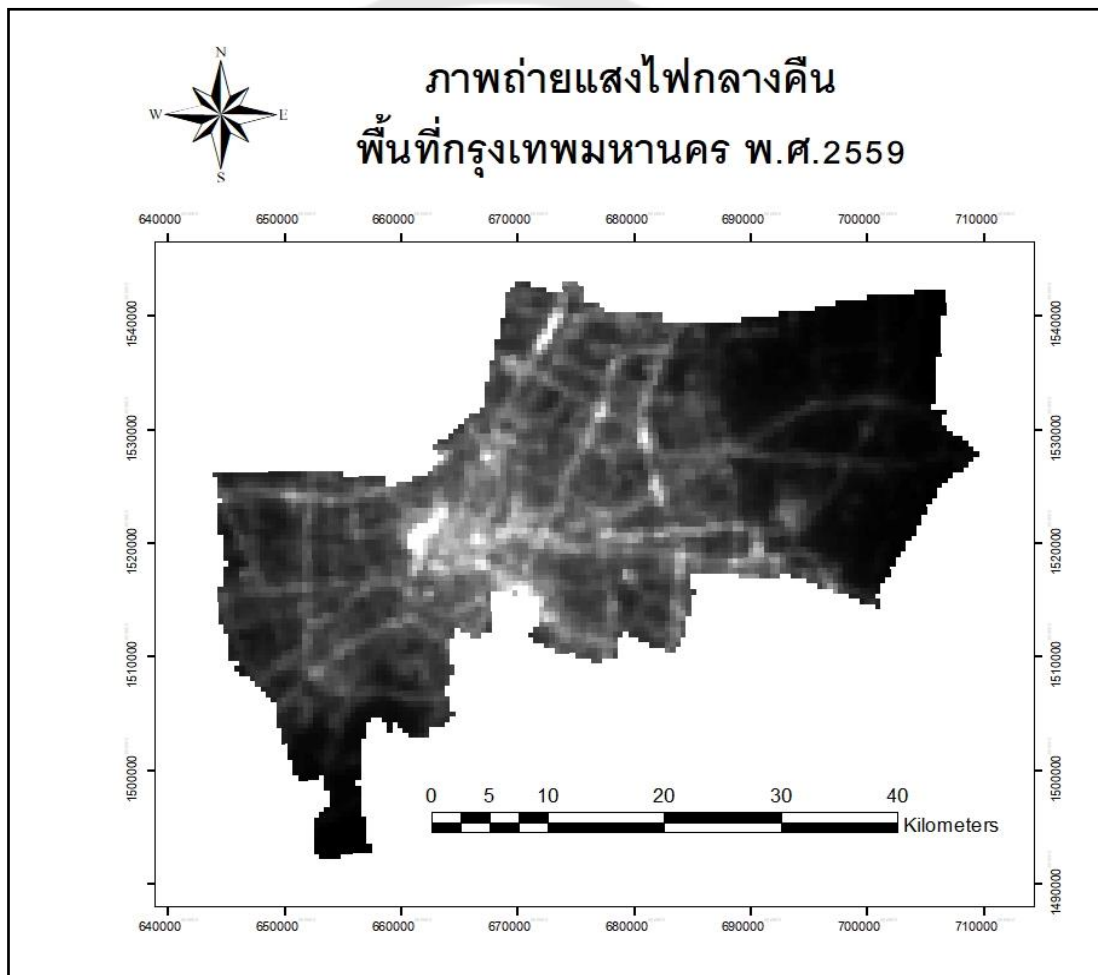
ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2563)



ภาพประกอบ 3 แผนที่แสดงขอบเขตสถานีบริการไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร

2. แนวความคิดภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน (Nighttime Light: NTL)

นิยามและความหมายของภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน หมายถึง พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจกรรมของมนุษย์บน พื้นผิวโลกช่วงเวลากลางคืน เช่น ภาคอุตสาหกรรม คมนาคม กิจกรรมยามค่ำคืน โดยสามารถตรวจจับได้โดยดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) และไม่นำแสงสว่างที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น ดาวตก แสงเหนือ-แสงใต้ ไฟป่า มาร่วมพิจารณาประกอบ



ภาพประกอบ 4 ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนประเทศไทย ปี พ.ศ.2559

2.1 ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership

Suomi National Polar – orbiting Partnership เป็นภารกิจหลักหนึ่งขององค์การ NASA National Polar-orbiting Partnership เป็นภารกิจหลักหนึ่งขององค์การ NASA มีเป้าหมายสำรวจโลก ภายใต้พันธกิจชื่อ Joint Polar Satellite System (JPSS ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง NOAA และ NASA) โดยใช้เทคโนโลยีทันสมัยแสดงถึงความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ระบบเซ็นเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer ซึ่งติดตามพยากรณ์ สภาพอากาศ สิ่งแวดล้อมของโลก และจุดความร้อนบนผิวโลกแบบรายวัน เมื่อปี ค.ศ. 2012 มีเครื่องมือชื่อว่า Visible Infrared Imaging Radiometer Suite เป็นระบบเซ็นเซอร์ดาวเทียม ทำหน้าที่ตรวจจับจุดความร้อนได้ดีบนผิวโลกจึงเป็นที่นิยม

ตาราง 4 ข้อเด่น-ข้อด้อยของดาวเทียม Suomi-NPP

ข้อเด่นของดาวเทียม Suomi NPP	ข้อด้อยของดาวเทียม Suomi NPP
1. โคจรผ่านประเทศไทย เวลา 13.00 นาฬิกา เวลา 00.00 นาฬิกา	1. ข้อมูลพิกัด hotspot ยังไม่มีการสรุป ความถูกต้องจากการตรวจสอบ ภาคพื้นดิน
2. ถ่ายภาพกว้าง 3,040 กิโลเมตร	2. หากเมฆบังคั่นหนามากหรือใต้เรือน ยอดที่มีใบไม้มากจะไม่สามารถตรวจจับ
3. ถ่ายทั้งโลกภายใน 12 ชั่วโมง	
4. ความคมชัด 375 เมตร 5 แบนด์ High resolution Imagery (I bands) 750 เมตร 16 moderate resolution channels	
5. ขนาด pixels จะเท่า ๆ กันทั่วภาพ	
6. ลบข้อมูลส่วนเกินเวลาบันทึกเป็นผลให้ ข้อมูลซ้ำซ้อนน้อยลง	

3. แนวคิดและทฤษฎีภูมิสารสนเทศและเครื่องมือ

3.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

อมร เพ็ชรสว่าง (2560) ได้อธิบายว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อสนับสนุนการนำเข้าข้อมูล (Capture) การจัดการข้อมูล (Management) การเปลี่ยนแปลงข้อมูล (Manipulation) การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis Modeling) และการแสดงผล (Display) ของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเชื่อมข้อมูลตำแหน่งกับฐานข้อมูลเพื่อใช้แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบที่สำคัญคือฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และบุคลากร (Peopleware) จัดการระบบฐานข้อมูลรวบรวมจัดเก็บสืบค้นและทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้นำมาใช้สำหรับการวางแผนในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ขั้นตอนการทำงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์การดำเนินงานของระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การนำเข้าข้อมูล (Data input) เป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital format) ขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญมากสำหรับการสร้างฐานข้อมูลในระบบ GIS เพราะคุณภาพของสารสนเทศที่จัดเก็บเข้าไว้ในระบบจะส่งผลถึงการวิเคราะห์ข้อมูล

2. การจัดการข้อมูล (Data management) ประกอบด้วยการจัดเก็บข้อมูล (Storage) การตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อมูล (Data update) นอกจากนี้ยังรวมถึงการนำระบบการจัดการฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมาช่วยในการจัดการฐานข้อมูลระบบที่ได้รับการเชื่อถือ

3. การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data manipulation and Analysis) เป็นการจัดการข้อมูลให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้โดยใช้หลักการและวิธีการต่าง ๆ ประกอบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการการวิเคราะห์ข้อมูลนี้อาจใช้การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay analysis) เป็นต้น

4. การแสดงผลและการนำเสนอข้อมูล (Data output and Analysis) เป็นการนำเสนอข้อมูลแสดงผลข้อมูลซึ่งสามารถแสดงได้หลายแบบตามที่ต้องการในการนำไปใช้ เช่นการเสนอข้อมูลเชิงบรรยาย ได้แก่ ตารางรายงานและการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบที่เป็นกราฟิกแสดงชาร์ต (Chart) แผนที่หรือการนำระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ มาใช้ในการนำเสนอข้อมูล

3.2 กระบวนการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม (Remote Sensing: RS)

ภาคภูมิ เหล่าตระกูล (2558) อธิบายว่ากระบวนการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม กระบวนการสำรวจระยะไกล (Liping, Yujun, & Saeed) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ คือ การรับและบันทึกข้อมูล (Data Acquisition) เป็นกระบวนการบันทึกพลังงานที่สะท้อนหรือส่งผ่านของสิ่งปกคลุมดิน (Ground Cover) โดยเครื่องบันทึกบนยานสำรวจ แล้วส่ง ข้อมูลเหล่านั้นไปยังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน (Ground Receiving Station) เพื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตเป็นข้อมูล ทั้งในรูปแบบภาพถ่ายและข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) การวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูล (analysis) ประกอบด้วย การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ก่อนผู้ใช้จะนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ ประเภทของการสำรวจข้อมูลระยะไกล

การสำรวจระยะไกลสามารถจำแนกการบันทึกข้อมูลตามแหล่งกำเนิดพลังงาน ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การบันทึกข้อมูลที่ใช้พลังงานตามธรรมชาติ (Passive Remote Sensing) เป็นระบบการสำรวจระยะไกลที่ใช้ตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน โดยมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติ ระบบนี้จึงรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลได้ในช่วงเวลากลางวัน เป็นส่วนใหญ่ ด้วยการอาศัยการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนพื้นโลกด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้นระบบนี้จึงมีข้อจำกัด ด้านสภาวะอากาศ ทำให้ไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้ดีในช่วงฤดูฝนหรือในช่วงเวลาที่มีเมฆ หมอก ปกคลุมอย่างหนาแน่น อย่างไรก็ตามระบบนี้ สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ซึ่งเป็นการแผ่พลังงานความร้อน (Emission) จากวัตถุบนพื้นผิวโลกในเวลากลางคืนได้ การบันทึกข้อมูลที่ใช้พลังงานที่ประดิษฐ์ขึ้น (Active Remote Sensing) เป็นระบบการสำรวจระยะไกลที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานจากการสร้างขึ้นของอุปกรณ์สำรวจในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ที่นำมาใช้ในระบบเรดาร์ (Radio Detector and Ranging) โดยส่งผ่านพลังงานนั้นไปยัง พื้นที่เป้าหมายและบันทึกสัญญาณการกระจัดกระจายกลับ (Backscatter) จากพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้สามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสภาพภูมิอากาศ ทั้งยังสามารถ ส่งสัญญาณทะลุ ผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝนทำให้สามารถบันทึกสัญญาณได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนในทุกฤดูกาล

กระบวนการเริ่มต้นประมวลผลข้อมูลจากระยะไกล คือ การจัดเตรียมข้อมูล (Pre-Processing) ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย การปรับแก้เรขาคณิต (Geometric correction) การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต (Geometric distortion) การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) เป็นต้น

1. การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction) การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต (Geometric distortion) คือ ความผิดพลาดซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากพิกัดของภาพไม่เป็นไปตามระบบพิกัดแผนที่ ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิต มี 2 ประเภท คือ 1. ความบิดเบี้ยวภายใน (Internal distortion) มีสาเหตุเนื่องจากความบกพร่องของอุปกรณ์ในเครื่องวัดสัญญาณ เช่น ความบิดเบี้ยวในรัศมีของเลนส์ ทำให้บริเวณที่ห่างจากจุดศูนย์กลางภาพมีความบิดเบี้ยวมากขึ้น ความบิดเบี้ยวในแนวสัมผัสของเลนส์ ความผิดพลาดของความยาวโฟกัส การเอียงของระนาบภาพ ความไม่คงที่ของระนาบภาพ ความผิดพลาดในการจัดแนวของแผงรับสำหรับเครื่องวัดแบบแผงเชิงเส้น (Linear array sensor) ความไม่คงที่ของอัตราสุ่มตัวอย่าง ความผิดพลาดของเวลาสุ่มตัวอย่าง ความไม่คงที่ของความเร็วของกระจกกวาด เป็นต้น 2. ความบิดเบี้ยวภายนอก (External distortion) เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น จากการทรงตัวของเครื่องวัด ความไม่คงที่ของการทรงตัว ความโค้งและการเคลื่อนที่ของโลก การหมุนของโลก บรรยากาศและการหักเหของชั้นบรรยากาศ ความผิดพลาดเชิงระนาบของยาน ความผิดพลาดทางระดับความสูงของยาน การเคลื่อนที่ทางตำแหน่งวงโคจร ความโค้งของผิวโลก ความสูงของพื้นผิว และรูปร่างวัตถุ เป็นต้น

2. การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) กระบวนการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา เพื่อเพิ่มรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ หรือการเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุ ทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนมากขึ้น หรือสามารถที่จะเน้นความคมชัดเฉพาะในส่วนที่ต้องการศึกษาช่วยให้การตีความประเภทวัตถุได้ง่ายมากขึ้นแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการแปลตีความ โดยทำการศึกษาแปลตีความด้วยสายตา (Visual interpretation) เพื่อกำหนดประเภทข้อมูล ก่อนที่นำไปใช้เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูล เทคนิคต่าง ๆ ที่จะใช้ในการเน้นข้อมูลภาพ

3. การจำแนกข้อมูล (Data Classification) กระบวนการสร้างโมเดลจะจัดการข้อมูลในรูปแบบกลุ่มที่กำหนด เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มของข้อมูล เพื่อทำนายข้อมูลและจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามกำหนด โดยกลุ่มข้อมูลถูกกำกับกับการวิเคราะห์เซตของข้อมูลทดลอง (Training data) ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ คือ โมเดลจัดประเภทข้อมูล (Classifier model) และจะนำข้อมูลส่วนที่เหลือจาก Training data เป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (Testing data) ซึ่งเป็นกลุ่มที่แท้จริงของข้อมูลที่ใช้ทดสอบนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มที่หามาได้จากโมเดลเพื่อทดสอบความถูกต้อง โดยจะปรับปรุงโมเดลจนกว่าจะได้ค่าความถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา

สามารถข้อมูลผ่านโมเดล โดยโมเดลจะสามารถทำนายกลุ่มของข้อมูลนี้

4. การตรวจจับขอบภาพ (Edge detection) ขอบ (Edge) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของพิกเซลระหว่างสองบริเวณในรูปภาพ ซึ่งเป็นลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของรูปภาพ การตรวจจับขอบ (Edge detection) จึงเป็นพื้นฐานของการประมวลผลภาพในหลายๆ ด้าน เช่น การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) การกำหนดตำแหน่งภาพ (Image registration) และการรู้จำแบบรูป (Pattern recognition)

Gonzalez, Melin, Castro, Mendoza, & Castillo (2016) ได้อธิบายว่าวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Gonzalez et al.) การหาขอบภาพแบบโซเบลใช้ขนาดของฟิลเตอร์แบบ 3×3 จำนวนสองฟิลเตอร์ที่เหมือนกัน แสดงดังสมการที่ (1) และ (2)

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

4. ประเภทแบบจำลองการคาดการณ์การขยายตัวของเมือง

4.1 แบบจำลอง Markov Chain

Myint and Wang (2006) ได้อธิบายว่าแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov Chain) เป็นแบบจำลองที่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของกระบวนการ Markov (Markovian process) กระบวนการ Markov ได้กำหนดการเปลี่ยนแปลงสถานะของพื้นที่หนึ่ง ๆ ในอนาคต (ช่วงเวลา $t+1$) ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่นั้น ๆ ในช่วงเวลาปัจจุบัน (ช่วงเวลา t) โดยใช้ตารางความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่ง (Transition probability matrix) ดังนั้น กระบวนการ Markov จึงสามารถนำมาใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน

กระบวนการทำงานแบบจำลองมาร์คอฟ คือการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่ง เป็นสถานะอื่น ๆ ในช่วงเวลาหนึ่งและในระยะยาว โดยต้องทราบสัดส่วนของการใช้ที่ดิน ใน 2 ช่วงที่มีระยะห่างเท่ากันแล้วนำมาพิจารณาความน่าจะเป็นของสถานะ (State probability) การเปลี่ยนแปลง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Matrix คูณกับสัดส่วน (V) ของเนื้อที่การใช้ที่ดินในระยะที่ 2 จะได้การใช้ที่ดินในระยะปีที่ 3 ซึ่งมีความห่างจากระยะปีที่ 2 ต้องเท่ากับระยะปีที่ 2 และห่างจากระยะปีที่ 1 จึงทำการคูณต่อไปก็จะได้ผลลัพธ์ระยะที่ 4 และ 5 ต่อไป สัดส่วนของการใช้ที่ดินในเวลาที่ถัดไป $= (V_{jx}) \times (P_{jx})$

$$(V_{jx}) \times (P_{jk}) = [V_1 \ V_2 \ V_3 \dots V_m]_2 \times \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & P_{1,3} \dots P_{1,m} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & P_{2,3} \dots P_{2,m} \\ P_{3,1} & P_{3,2} & P_{3,3} \dots P_{3,m} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{m,1} & P_{m,2} & P_{m,3} \dots P_{m,m} \end{bmatrix} = [V_1 \ V_2 \ V_3 \dots V_m]_1$$

- เมื่อ $(P_{jx}) \times (V_{jx})$ หมายถึง สัดส่วนของการใช้ที่ดินในเวลาที่ถัดไป
- P_{jx} หมายถึง ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระยะที่ 1 เป็นระยะที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปเมทริกซ์
- V_{jx} หมายถึง สัดส่วนของการใช้ที่ดินในระยะที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปเวกเตอร์
- j หมายถึง ชนิดของการใช้ที่ดินระยะที่ 1
- k หมายถึง ชนิดของการใช้ที่ดินระยะที่ 2

4.2 แบบจำลอง Cellular Automata

แบบจำลอง Cellular Automata เป็นแบบจำลอง ที่มีลักษณะเป็นกริดหรือเซลล์ (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) โดยสามารถเปลี่ยนรูปแบบสถานะของเซลล์ตามทฤษฎี เกมส์ชีวิต (game of life theory) กระบวนการวิเคราะห์การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยให้ความน่าจะเป็นร่วมกับข้อมูลสถานะแวดล้อมที่สามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ โดยทำการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียง (Neighborhood) ในการกำหนดเซลล์แวดล้อมเพื่อเข้าสู่การจำลอง

การทำงานของแบบจำลอง Cellular Automata เป็นแบบจำลองพลวัตที่มีลักษณะ เชิงพื้นที่และมีมิติของเวลา โดยมีองค์ประกอบของการทำงาน 5 ส่วน ดังนี้

1. พื้นที่เซลล์ (Cell space) ประกอบด้วยด้านสองด้านเป็นรูปเซลล์สี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยที่ความละเอียด (resolution) ของเซลล์นั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับแบบจำลองและข้อมูลที่มีอยู่รวมไปถึงความต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี

2. สถานะเซลล์ (Cell states) สถานะของเซลล์จะแสดงถึงสถานะภาพของแต่ละพื้นที่ในแต่ละเซลล์ เช่น ความหลากหลายของพื้นที่การใช้ที่ดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ซึ่งจะแทนด้วยรหัสในแต่ละเซลล์ว่าจะแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทใด

3. ช่วงเวลา (Time steps) จะแสดงถึงช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละสมัยที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ซึ่งการกำหนดช่วงเวลานั้นอยู่ที่ผู้ใช้งานจะกำหนดและจะทำงานไปพร้อมกับกฎการเปลี่ยนแปลง

4. กฎการเปลี่ยนแปลง (A transition rule) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงเพื่อที่กำหนดลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นพลวัต กฎการเปลี่ยนแปลงนี้โดยปกติจะรู้ถึงสถานะของเซลล์ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากเซลล์รอบข้าง

5. เซลล์รอบข้าง (Neighborhood) แบบจำลองเซลล์ลูตาอโตมาตามี 2 แนวคิดที่ได้กล่าวถึงเซลล์รอบข้าง 4 เซลล์รอบข้างและ 8 เซลล์รอบข้างล้อมรอบ

4.3 แบบจำลอง CA - Markov

Guan et al. (2011) ได้อธิบายว่าแบบจำลอง CA-Markov คือการนำทั้งสองหลักการของ 1. เซลลูลาร์ออโตมาตาและ 2. Markov (สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงที่ดินในรูปแบบเมทริกซ์) ร่วมประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การระบุนการทำงานรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละกริดจะพิจารณาจากโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (The transition areas) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Markov ร่วมกับ CA Filter ของพื้นที่ข้างเคียงที่อยู่ติดกันหลักการทำงานของ CA - Markov มีดังนี้

1. กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ CA - Markov ใช้ข้อมูลโอกาสของการเปลี่ยนแปลง ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยลูกโซ่มาร์คอฟร่วมกับ CA Filter เพื่อหาความน่าจะเป็นของประเภท สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา
2. CA Filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับกับข้อมูลของปีที่เริ่มทำการศึกษาไปที่ละกริดจนครบ ทั้งพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับที่ละกริดอีกครั้ง และจะเคลื่อนที่วนซ้ำไปเรื่อย ๆ เป็นจำนวนรอบเท่ากับช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา เช่น ต้องการคาดการณ์ในระยะเวลา 10 ปี ข้างหน้า กระบวนการพิจารณาจะเริ่มและทำการวนซ้ำจนครบ 10 รอบ
3. การวนซ้ำแต่ละครั้ง ประเภทของสิ่งปกคลุมดินจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพ เดิม นั้น ขึ้นอยู่กับประเภทสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี "The Game of Life" และ โอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยลูกโซ่มาร์คอฟ
4. เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลลัพธ์ที่ได้ คือ แผนที่สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงและพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งสามารถบอกลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้สามารถวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตได้

4.4 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)

Misra and He (2020) ได้อธิบายโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) คือ ระบบการทำงานที่สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบมีระบบสมองมนุษย์ โดยสร้างระบบการเรียนรู้กลไกการทำงานของเซลล์ประสาทมนุษย์ ที่เรียกว่านิวรอน (neuron) โดยประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมากจะจัดเรียงตัวกันเป็นและเชื่อมโยงเซลล์ประสาทเข้าด้วยกัน เรียกรวมกันว่าแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อทำหน้าที่เรียนรู้รูปแบบและการจดจำ (pattern) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ชุดข้อมูลต่าง ๆ (relationship) โดยอาศัยการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ ซึ่งไม่ใช่การเรียนรู้เพื่อจดจำและปฏิบัติตามคำสั่ง

กระบวนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เกิดจากหน่วยประมวลผลย่อย (processing elements) หรือ เพอร์เซปตรอน (perceptron) เสมือนกับเซลล์ประสาท (soma) จำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยค่าสัมประสิทธิ์หรือน้ำหนัก (weights) เทียบได้กับส่วนเชื่อมต่อกับกับเซลล์ประสาทอื่น (synapses) จัดโครงสร้างเป็นชั้นเชื่อมต่อกัน ข้อมูลนำเข้า (inputs) เทียบได้กับ ส่วนนำกระแสประสาทเข้า (dendrites) ผลลัพธ์ (outputs) เทียบได้กับ ส่วนที่ส่งกระแสประสาทออก (axons)

1. หน่วยประมวลผลย่อย คือ น้ำหนัก (weights) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยน มีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับหน่วยประมวลผลย่อยหนึ่งไปยังหน่วยประมวลผลย่อยถัดไป ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกันแสดงถึงระดับความสำคัญของข้อมูลนำเข้าสามารถปรับเปลี่ยนตามกฎการเรียนรู้ (learning rule)

2. ฟังก์ชันการรวม (summation function) ขั้นตอนแรกในการประมวลผลของหน่วย ประมวลผลย่อยคำนวณรวมผลคูณของข้อมูลนำเข้าและน้ำหนักเพื่อใช้สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดก่อนส่งต่อให้ฟังก์ชันการแปลง

3. ฟังก์ชันการแปลง (transfer function) นำผลที่ได้จากฟังก์ชันการรวม แปลง โดยคำนวณทาง คณิตศาสตร์ให้สามารถสื่อความหมายได้เพื่อนำไปใช้สำหรับการแสดงผลลัพธ์ต่อไป ฟังก์ชันการแปลง เรียกอีกชื่อว่า activation function ฟังก์ชันที่นิยมใช้เช่น linear, threshold และ sigmoid

4. ฟังก์ชันผลลัพธ์ (output function) เกิดจากการประมวลข้อมูลผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ได้ผลลัพธ์ที่แสดงแก่ผู้ใช้ต่อไป หน่วยประมวลผลย่อยแต่ละหน่วยรับข้อมูลนำเข้าหลายข้อมูล แต่แสดงผลเพียงหนึ่งเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้อาจเป็นผลลัพธ์ที่ยังไม่สมบูรณ์ตามต้องการ เนื่องจากต้องนำไปใช้เป็น ข้อมูลนำเข้าของหน่วยประมวลผลย่อยหน่วยต่อไปก่อนที่จะได้ผลลัพธ์ที่แท้จริง

4.4.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม คือระบบการทำงานที่เชื่อมต่อกันตามลักษณะของระบบประสาทของ มนุษย์หน่วยประมวลผลย่อยแต่ละหน่วยเทียบได้กับหนึ่งหน่วยของเซลล์ประสาท เชื่อมโยงกันจัดเรียงชั้น (layer) แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

- ชั้นนำเข้า (Input layer) เป็นชั้นที่นำข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่โครงข่าย ชั้นนี้ไม่มีการ ประมวลผลใด ๆ ขณะเดียวกันอาจไม่นับเป็นชั้นของโครงข่ายแต่ละหน่วยของชั้นนี้ที่ทำงานเชื่อมโยงกับทุกหน่วยประมวลผลย่อยของชั้นถัดไป

- ชั้นซ่อนหรือชั้นแฝง (Hidden layer) ชั้นที่หน่วยประมวลผลย่อยเรียงตัวกันหนึ่งชั้นหรือมากกว่าหนึ่งชั้น เรียงตัวอยู่ระหว่างชั้นนำเข้าและชั้นนำออก รับข้อมูลจากชั้นนำเข้า เชื่อมต่อกันระหว่างชั้นด้วยค่าน้ำหนัก จำนวนชั้นเพิ่มขึ้นสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีแต่จำนวนชั้นที่ซับซ้อนมากเกินไปอาจทำให้การประมวลผลย่อยในชั้นซ่อนส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องลดลง

- ชั้นนำออก (Output layer) คือชั้นส่งผลลัพธ์ออกแสดงสู่ภายนอก โดยจำนวนของหน่วยประมวลผลย่อยในชั้นนี้เท่ากับจำนวนตัวแปรของผลลัพธ์ที่ต้องการทำนายค่า สามารถ ซึ่งแบ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบ่งตามจำนวนการจัดเรียงตัวของชั้นได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ 1.โครงข่ายแบบชั้นเดียวเป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่าย (Simple Perceptron) ที่มีเพียงชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเท่านั้นโหนดในชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าแล้วส่งข้อมูลผ่านเส้นเชื่อมโยงต่าง ๆ ไปให้โหนดในชั้นส่งข้อมูลออกความเข้มของสัญญาณหรือปริมาณข้อมูลที่นำเข้าสู่โหนดในชั้นส่งข้อมูลออกจะขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักที่อยู่บนเส้นเชื่อมโยง โหนด ในชั้นส่งข้อมูลออกจะนำข้อมูลที่รับมามีค่านวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการแปลงที่เหมาะสมกับปัญหาแล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลส่งออก เช่นโครงข่ายแบบชั้นเดียวแบบเพอเซปตรอนอย่างง่ายและ 2. โครงข่ายแบบหลายชั้น (Multilayer Perceptron : MLP) เป็นโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป โครงข่ายแบบหลายชั้นจะใช้ในกรณีที่มีปัญหา

มีความซับซ้อนซึ่งโครงข่ายแบบชั้นเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาได้จึงเพิ่มจำนวนโหนดที่มีการคำนวณหรือชั้นซ่อนให้กับโครงข่ายชุดข้อมูลเอาต์พุต (output) ที่ได้จากชั้นหนึ่งจะถูกส่งให้เป็นข้อมูลอินพุต (input) สำหรับชั้นต่อไปโดยค่าเอาต์พุตในชั้นสุดท้ายคือเอาต์พุตของโครงข่าย ถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดกับค่าเอาต์พุตที่ต้องการค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ จะนำไปใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายให้เปลี่ยนไปในทางที่ถูกต้องมากขึ้น เช่น โครงข่ายแบบหลายชั้นเช่นการแพร่ย้อนกลับ (Black Propagation)

5. แผนแม่บทและแผนปฏิบัติเสริมสร้างความยั่งยืนการไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวงในฐานะเป็นผู้ให้บริการจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้มีคุณภาพและเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า ตลอดจนเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายและพื้นที่เป้าหมายในพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง ไม่ว่าจะเป็นแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ย่านการค้าและท่องเที่ยว โรงพยาบาล สถานศึกษาต่าง ๆ รวมถึงพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ตลอดจนสถานที่ท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เข้ามาประกอบอาชีพหรืออาศัยในประเทศไทย เพื่อให้ผู้บริโภคใช้ไฟฟ้าอย่างมีคุณภาพน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัย การไฟฟ้านครหลวงจึงต้องการพัฒนาระบบการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามา ปรับปรุงระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความมั่นคงและเสถียรภาพสูงสุด เพื่อรองรับการเป็นมหานครแห่งอาเซียน ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวมีส่วนสนับสนุนตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการพัฒนาระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณภาพเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าในอนาคต โดยครอบคลุมพื้นที่ความรับผิดชอบ และวางแผนการเพิ่มกำลังไฟฟ้าตามความต้องการ และเพิ่มสายส่งไฟฟ้าตามความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพรองรับการเป็นมหานครแห่งอาเซียน

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อคาดการณ์ตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคตซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ ดังต่อไปนี้

6.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องปัจจัยการเติบโตเมือง

จิตชัย เผ่าอินจันทร์ (2531) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมืองมีปัจจัยหลักการขยายเมือง มีดังนี้ ราคาที่ดินต่ำจะมีการขยายตัวของเมืองในแนวราบ หากราคาที่ดินสูงจะขยายตัวตามแนวตั้ง ระบบโครงสร้างบริการขนส่งและการคมนาคม การเติบโตเมืองจะต้องมีทางเส้นเชื่อมโยงติดต่อกันระหว่างเมืองเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งหากระบบการคมนาคมขนส่งพัฒนาขึ้น จะมีผลต่อการขยายตัวของเมือง

วิโรจน์ อยู่วนิชชานนท์ (2531) ได้ศึกษาการวิเคราะห์รูปแบบการขยายตัวของเมืองกรณีศึกษาเทศบาลเมืองนครราชสีมาผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการใช้ที่ดินมีลักษณะเปลี่ยนแปลงขยายตัว เพื่ออยู่อาศัยและอุตสาหกรรมเป็นการขยายตัวตามแนวถนนทั้งสองด้านรอบนอกเป็นผู้อาศัยที่มีรายได้สูงซึ่งอยู่ห่างจากเมืองออกไป

พาริก เวาะแซ (2551) ได้ศึกษารูปแบบการขยายตัวพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย เขตหนองจอก เขตมีนบุรี เขตลาดกระบัง และเขตคลองสามวา เป็นที่ดินประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม (ก1) และที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (ก3) เป็นพื้นที่เพาะปลูกและบรรเทาปัญหา น้ำ และการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมและการขนส่งสูง ทำให้เกิดความเจริญการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมขนส่ง ส่งผลการจ้างงานและการอพยพคนต่างถิ่นเข้ามาตั้งถิ่น จากเหตุการณ์ย้ายถิ่นฐานส่งผลทำให้เกิดความต้องการที่ดินที่เพิ่มขึ้น

ยิ่งใหญ่ สามารถ (2555) ได้ศึกษารูปแบบการขยายตัวของโครงการที่อยู่อาศัยในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวที่อยู่อาศัย วิเคราะห์รูปแบบการขยายตัวของเมืองผลการศึกษาพบว่า สำคัญ คือ 1. การกำหนดเส้นทางคมนาคม จากเส้นหลังและเส้นรอง 2. ด้านสาธารณูปโภคการเข้าถึงโครงการบริโภคได้ง่าย 3. ตำแหน่งสถานที่สำคัญทางราชการ เช่น โรงพยาบาล สถานศึกษา

อัมพิกา ชุมมัตถยา และ ณวิทย์ อ่องแสงวิชัย (2561) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมืองกับการเปลี่ยนแปลงบริบทของย่านเมืองเก่า ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ เนื่องจากปัจจัยด้าน

สภาพแวดล้อม และปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อการค้ามากขึ้น ความหนาแน่นอาคารที่เพิ่มขึ้น การจราจรที่หนาแน่น และการประกอบอาชีพ หรือศึกษาเล่าเรียน เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง สามารถรวบรวม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ตาราง 5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง

ปัจจัย	จิตชัย ผ่อง อินจันทร์	วิโรจน์ อยู่วนิชชา นนท์	สถิตย์ วัชรกิตติ	ยิ่งใหญ่ สามารถ	พาริก เวาะแซ	ผลรวม ค่าคะแนน
พื้นที่สีเขียว			✓	✓	✓	3
สวนสาธารณะ ที่ดิน	✓		✓		✓	3
การศึกษา	✓		✓		✓	2
ศูนย์การค้า			✓			1
อุตสาหกรรม		✓		✓		2
สาธารณสุข	✓			✓		2
คมนาคม	✓	✓	✓	✓	✓	5
รถบริการ	✓	✓	✓	✓	✓	5
สาธารณสุข การขนส่ง	✓	✓	✓	✓	✓	5

6.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบบจำลองการเติบโตเมือง

อริวัชร สังข์จันทร์พร และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร (2561) ได้อธิบายว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของเมืองจากภาพถ่ายดาวเทียมแสงไฟช่วงเวลากลางคืน โดยการใช้ที่ดินประเภทเมืองและความหนาแน่นประชากรมีวัตถุประสงค์การศึกษาคือ 1. เพื่อติดตามการขยายตัวของเมืองเชียงใหม่จากภาพถ่ายแสงไฟช่วงเวลากลางคืนและ 2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของเมืองการใช้ที่ดินประเภทเมืองและความหนาแน่นประชากรโดยเลือกศึกษาบริเวณเมืองเชียงใหม่และอำเภอโดยรอบใน ปี พ.ศ. 2543, 2548, 2553 และ 2556 วิธีการศึกษาเป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแสงไฟในเวลากลางคืนจาก Operational Linescan System เป็นตัวแทนค่าแสงไฟของแต่ละปีมาจำแนกช่วงค่าการสะท้อน(Digital Numbers) ตามระดับความเป็นเมืองข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ใช้วิเคราะห์จำแนกการใช้ที่ดินประเภทเมืองและข้อมูลความหนาแน่นประชากรจัดทำแผนที่แสดงความหนาแน่นประชากรรายอำเภอ และใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันศึกษาความสัมพันธ์ โดยผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองสูงหรือเมืองศูนย์กลางจากภาพถ่ายดาวเทียมแสงไฟช่วงเวลากลางคืนมีค่าแสงไฟ ดังนี้ ระดับความเป็นเมืองต่ำ ระดับความเข้มของแสง 0 – 10 DNs ระดับความเป็นปานกลาง ระดับความเข้มของแสง 11 – 24 DNs ระดับความเป็นเมืองสูง ระดับความเข้มของแสง 25 – 53 DNs ระดับความเป็นเมืองสูงมาก ระดับความเข้มของแสง 54 – 63 DNs โดยมีทิศทางการขยายตัวออกจากเมืองเชียงใหม่ไปทางทิศใต้และนำผลการศึกษาดังกล่าวไปหาความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินและความหนาแน่นประชากรรายอำเภอทั้ง 4 ปี ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าการขยายตัวของเมืองจากภาพถ่ายแสงไฟช่วงเวลากลางคืนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการใช้ที่ดินประเภทเมืองและความหนาแน่นประชากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าระดับการตัดสินใจ (R) เท่ากับ 0.894 และ 0.615 ตามลำดับ

ธัญชัช วิทยานนท์ (2563) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จ.เพชรบุรี ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550, 2554 และ 2559 สอบเทียบแบบจำลองโดยคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2558 จากข้อมูลพ.ศ. 2550-2554 ด้วยวิธี Artificial Neural Network (ANN) และ Logistic Regression (RL) โดย ตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูล พ.ศ. 2559 จากผลลัพธ์พบว่า วิธี ANN และ วิธี LR ให้ผลจำลองที่แม่นยำสูงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa 0.96 และ 0.76 ตามลำดับ และใช้แบบจำลองคาดการณ์วิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2564 และ พ.ศ. 2569 จากข้อมูล พ.ศ. 2554-2559 และข้อมูล พ.ศ. 2559-2564 ตามลำดับ

ผลที่ได้พบว่าพื้นที่เกษตรและที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ป่าไม้และพื้นที่ เบ็ดเตล็ดมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม วิธี ANN ประเมินว่าพื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนวิธี LR ประเมินว่ามีแนวโน้มลดลง ผลจากงานวิจัยสามารถเป็นแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

Rodriguez, Perez, and Lozano (2010) ได้อธิบายว่ากระบวนการ K-Fold Cross Validation การจำแนกข้อมูลออกเป็นการสังเกตแบบ $n-1$ โดยการสังเกต 1 ครั้งเป็นชุดการฝึกอบรมและการตรวจสอบความถูกต้องตามลำดับ จะสุ่มแยกชุดข้อมูลออกเป็นกลุ่ม K ต่อขนาดกลุ่มข้อมูลที่มีขนาดเท่ากัน โดยการแบ่งครั้งแรกใช้เป็นชุดการตรวจสอบความถูกต้อง ในขณะที่แบ่ง $K-1$ ที่เหลือเป็นชุดฝึก จากนั้นกระบวนการนี้จะวนซ้ำ K ครั้งและข้อผิดพลาดในการทดสอบคือค่าเฉลี่ยของโมเดล K เหล่านี้ ค่า K ทั่วไปคือ 5 หรือ 10

Abdullahi and Pradhan (2018) ได้อธิบายว่า แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตโดยพิจารณากระบวนการเป็นเมืองกะทัดรัดจากปัจจัยต่างๆ โดยวิเคราะห์ดังนี้ 1. เซลลูลาร์ออโตมาตาวิเคราะห์การคำนวณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 2. ตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง CA-Markov ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยการพัฒนาเมืองกะทัดรัด เพื่อคาดการณ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของประเภทการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ และการเข้าถึงได้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมือง

Liping et al. (2018) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลดินถล่ม การกัดเซาะ และการวางแผนการใช้ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CA-Markov วัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์รูปแบบเชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินใน ค.ศ. 2025 และ ค.ศ. 2036 จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้การสำรวจระยะไกลและระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov เพื่อทำนายแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยนำข้อมูลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ค.ศ. 1992 และ ค.ศ. 2003 และภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ค.ศ. 2014 ผลการศึกษาพบว่า แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีโดยใช้โปรแกรม IDRISI คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค.ศ. 1992 – ค.ศ. 2003 จากแบบจำลอง CA-Markov ได้แผนที่คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ค.ศ. 2014 และได้รับการตรวจสอบผลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยดัชนีแคปปาที่ 0.8128

Ma (2018) ได้ศึกษาภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน(Nighttime light) จากดาวเทียม Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) และ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) day/night band (DNB) วัดขนาดเชิงพื้นที่ของกิจกรรมบนผิวโลกของมนุษย์ เพื่อศึกษากิจกรรมด้านประชากรศาสตร์และเศรษฐกิจและสังคม เช่น พลวัตของประชากรมนุษย์ การเติบโตทางเศรษฐกิจ และกระบวนการกลายเป็นเมือง โดยวิเคราะห์ข้อมูลแสงตอนกลางคืน (NTL) และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประเมินความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณต่อที่ดินที่มนุษย์สร้างขึ้นระหว่างปี 1995 ถึง 2010 ผลลัพธ์พบว่า มากกว่า 70% ของระดับฟลักซ์ความสว่างในเวลากลางคืนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Roose and Hietala (2018) ได้อธิบายว่า การปฏิรูปนโยบายเกษตรร่วมของสหภาพยุโรป (CAP) การปรับปรุงพื้นที่สีเขียวผ่านทางนิเวศวิทยา การกระจายพันธุ์พืชที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก และการบำรุงรักษาทุ่งหญ้าถาวร โดยศึกษากระบวนการเป็นพื้นที่สีเขียวประเทศฟินแลนด์ตะวันตกเฉียงใต้โดยคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov ระหว่างปี พ.ศ.2548 ถึง พ.ศ.2560 ผลลัพธ์คือ แนวโน้มพื้นที่สีเขียวตามนโยบาย CAP ทุ่งหญ้ามีพื้นที่มากกว่ากับพื้นที่ และพื้นที่เกษตรกรรมลดลง

Tajbakhsh, Memarian, Moradi, and Aghakhani Afshar (2018) ได้ศึกษาการเพื่อประเมินความถูกต้องของเทคนิคการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงที่ดินสองประเภทคือ 1. Markov 2. Multilayer Neural Network ศึกษาลุ่มน้ำเมือง Birjand ประเทศอิหร่าน Markovian ตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่ ค.ศ.2018 โดยแบบจำลอง Markov มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 18.5% และแบบจำลอง Multilayer Neural Network มีค่าความผิดพลาดที่ 3.25% แบบจำลอง Multilayer Neural Network เหมาะสมกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่ดินในอนาคต

Wu, Liu, and Ma (2018) ได้อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ผลลัพธ์คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทระหว่างปี พ.ศ.2538 ถึง พ.ศ.2553 พื้นที่พุ่มไม้ ป่าโปร่ง ทุ่งหญ้า เพิ่มมากขึ้น และทุ่งหญ้ามีพื้นที่ลดลง ที่การตั้งถิ่นฐานในชนบท มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่พื้นที่ป่าอื่น ๆ ทุ่งหญ้าที่มีพื้นที่น้อย และอ่างเก็บน้ำหรือบ่อน้ำอาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2593 พื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ป่าไม้ลดลง 8.17% และเพิ่มขึ้น 46.3% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2523 พื้นที่ทุ่งหญ้ามีแนวโน้มลดลง พื้นที่น้ำเพิ่มขึ้นก่อนแล้วจึงลดลง การตั้งถิ่นฐานในชนบทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตราการ

เติบโต 88.8% จากปี พ.ศ.2523 ถึงพ.ศ.2593 สาเหตุนโยบายพื้นที่เพาะปลูกที่กลับมาและการลดลงของประชากรทางการเกษตรอาจเป็นแรงผลักดันหลักและส่งผลดีต่อการถ่ายโอนที่ดินแห้งไปยังพื้นที่ป่าไม้

Aliani, Malmir, Sourodi, and Kafaky (2019) ได้อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมสามารถตรวจจับติดตาม และจำลองการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามและศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov คาดการณ์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์แคปทาเท่ากับ 0.89 และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง พ.ศ.2571 พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และพื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ และพื้นที่รกร้าง ลดลงตามลำดับ

Shawul and Chakma (2019) ได้อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมีความสำคัญต่อการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ จึงวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง LULC ในอดีตและในอนาคตโดยใช้ภาพ Landsat ในประเทศเอธิโอเปีย แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงที่ดิน (LCM) วิเคราะห์การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของ LULC แสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในขอบเขตพื้นที่ของพื้นที่เพาะปลูกและเขตเมือง และแนวโน้มที่ลดลงในทุ่งหญ้า ป่าไม้ และพื้นที่ป่าพุ่ม โดยหลักแล้ว เมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง LULC ระบุว่าอัตราการแปลงจากพื้นที่พุ่มเป็นพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เขตเมืองเพิ่มขึ้น 606.2% จากปี พ.ศ.2515 ถึง พ.ศ. 2557 และพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น 47.3% ในขณะที่ป่ามีแนวโน้มลดลง 25.1% ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 87.4% ไม้พุ่ม 28.8% และน้ำ 21.0% ในช่วงเวลาเดียวกัน แบบจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลง LULC ในอนาคตของปี พ.ศ.2568 ได้แสดงให้เห็นการขยายตัวที่สำคัญของพื้นที่เพาะปลูกและเขตเมือง

Luo and Peng (2020) ได้ศึกษาการเติบโตของเมืองและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและกำหนดปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเมืองในอนาคต โดยใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์รูปแบบการขยายตัวของเมืองโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำลองแบบจำลอง Cellular Automata Markov Chain (CA-MC) ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม เข้ากับ CA-MC เพื่อนำปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดิน ซึ่งปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยทางเชิงพื้นที่ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ความลาดชัน ระยะทางสู่ถนน ระยะทางไปยังใจกลางเมือง ระยะทางสู่การค้า ความหนาแน่น ระดับความสูง และความ

อุดมสมบูรณ์ของที่ดิน เพื่อสร้างแผนที่การเปลี่ยนแปลงโดยใช้แบบจำลองที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ANN และตรวจสอบความถูกต้องผลลัพธ์แบบจำลองที่ได้จากการคาดการณ์และแผนที่จริงเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง ผลลัพธ์ความแม่นยำของแบบจำลองเท่ากับ 90.04% มีประสิทธิภาพเหนือกว่ารุ่น CA-MC 86.29% อย่างมาก การปรับปรุงที่เราได้รับจากการผสม ANN กับ CA-MC แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่กำหนดโดยแรงขับเคลื่อนนำมาพิจารณาเพื่อการทำนายที่แม่นยำยิ่งขึ้น

Rafael Ch, Diego A. Martin, and Juan F. Vargas (2020) ได้ศึกษาความส่องสว่างในเวลากลางคืนเพื่อประมาณการวัดขนาดของพื้นที่มหานครทั่วโลกที่เทียบเคียงกันได้ทั่วโลก สำหรับปี พ.ศ.2543 และ พ.ศ.2553 วิเคราะห์ภาพแสงกลางคืนในดาวเทียม ร่วมกับชุดข้อมูลประชากรอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ที่มีอยู่การวัดขนาดของพื้นที่ที่สามารถใช้ในการคำนวณอัตราการขยายตัวของเมือง ความหนาแน่นของเมืองและศึกษาการกระจายตัว

Shahi, Karimi, and Jafari (2020) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปกคลุมและเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลง พ.ศ.2578 พื้นที่แอ่งแม่ น้ำทาเปโรอาซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม จำแนกประเภทของการปกคลุมที่ดิน พ.ศ.2533, พ.ศ.2542 และ พ.ศ.2545 เพื่อตรวจสอบการคาดการณ์การครอบคลุมที่ดิน จากการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ 1. แหล่งน้ำ 2. พืชไม้พุ่มต้นไม้ 3. พืชไม้พุ่ม 4. พืชไม้พุ่ม-ไม้ล้มลุก และ 5. ไม้ล้มลุก ผลวิเคราะห์การจำแนกประเภทและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ 1. แหล่งน้ำ 2. พืชไม้พุ่มต้นไม้ 3. พืชไม้พุ่ม 4. พืชไม้พุ่ม-ไม้ล้มลุก และ 5. ไม้ล้มลุก ผลวิเคราะห์การจำแนกประเภทและการคาดการณ์ การใช้ประโยชน์ดินโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (MLP) ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก โดยมีความแม่นยำ ร้อยละ 89.69 หลังจากการทำซ้ำ 10,000 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ ร้อยละ 0.61 และ ค่าความถูกต้อง ร้อยละ 0.67 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าชั้นไม้พุ่มลดลงและชั้นไม้พุ่มเพิ่มขึ้นระหว่างปีที่วิเคราะห์ แผนที่ได้จากการคาดการณ์ ค.ศ.2035 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของประเภทไม้พุ่มไม้ล้มลุก และพื้นที่ที่พืชไม้พุ่มต้นไม้ครอบคลุมลดลง

Xie, Han, Sun, and Ping (2020) ได้อธิบายว่า การวิเคราะห์พื้นที่ปกคลุมดินจากข้อมูลแสงในเวลากลางคืนและข้อมูล Landsat พื้นที่เมืองเฉิงหยาง ฉางชุน และฮาร์บินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีนเป็นพื้นที่ทดลอง ผลลัพธ์แสดงพื้นที่เมืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่เส้น

หยางฮาร์ปิ่น และ ฉางซุน มีค่าความแม่นยำ สัมประสิทธิ์แคปอาอย่างน้อย 3%, 1%, 1% และ 0.04

Wang, Munkhnasan, and Lee (2021) ได้อธิบายว่า การขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของบริการในระบบนิเวศและคุณภาพชีวิตในเมือง จึงต้องการทำนายนการเปลี่ยนแปลง (LCM) ในเมืองทิมพู ผลลัพธ์ของเมืองทิมพูได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาดว่าจะดำเนินต่อไปใน พ.ศ.2593 จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 12.77 ในพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ร้อยละ 52.88 ถึง พ.ศ.2561 ร้อยละ 65.5 ตามด้วยการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในที่ปกคลุมของพื้นดินเปล่า ในทางตรงกันข้าม พื้นที่ป่าลดลงอย่างมาก ร้อยละ 15.25 รองลงมาคือ เกษตรกรรม ร้อยละ 1.01 การเติบโตของประชากรอย่างรวดเร็วซึ่งเกิดจากการอพยพในเมืองในชนบทควบคู่ไปกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่ พ.ศ.2593 มีพื้นที่เมืองถึง ร้อยละ 73.21 โดยป่าไม้ลดลงอย่างมากจนเหลือพื้นที่เพียง ร้อยละ 16 ของพื้นที่เมือง

Mathanraj, Rusli, and Ling (2021) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยแบบจำลอง CA-Markov ในการพยากรณ์การใช้ที่ดินการเปลี่ยนแปลงที่ปกคลุมที่ดิน พื้นที่เมืองปัตติคาไลอา ประเทศศรีลังกา มีโดยใช้ข้อมูลภาพ Landsat พ.ศ.2533, พ.ศ.2543, พ.ศ.2553 และ พ.ศ.2563 การจำแนกประเภทด้วยวิธี Supervised Maximum Likelihood ผลการวิจัยพบว่าแผนที่ที่มีอยู่และแผนที่จากแบบจำลอง CA-Markov พ.ศ.2543, พ.ศ.2553 และ พ.ศ.2563 แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงที่ดินใกล้เคียงกัน และการทำนายแนวโน้มจากการคาดการณ์ พ.ศ.2573 มีความน่าเชื่อถือในการทำนายในอนาคตระดับดีมาก ดังนั้น แบบจำลอง CA-Markov จึงเหมาะสำหรับการคาดการณ์การใช้ที่ดินและการคาดการณ์ที่ดินในอนาคต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการศึกษาการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน
วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ระบบ VIIRS
(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)

- ภาพที่ 1 ตำแหน่ง 60E75N พ.ศ.2556
- ภาพที่ 2 ตำแหน่ง 60E75N พ.ศ.2559
- ภาพที่ 3 ตำแหน่ง 60E75N พ.ศ.2562

1.2 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองกรมเทพมหานคร มาตรฐาน 1: 50,000
จากกรมโยธาธิการและผังเมือง

1.3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่กรุงเทพมหานคร ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2559
และ พ.ศ.2562

1.4 รายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2563 จากการใช้ไฟฟ้า
นครหลวง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษากาการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

2.1 อุปกรณ์

เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)

เครื่องพิมพ์ (printer)

2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชุดโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGis Version10.5) เพื่อปรับแก้ภาพถ่ายแสงไฟ และจัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ชุดโปรแกรมวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน (IDRISI Selva) วิเคราะห์แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ด้วยแบบจำลอง Markov Chain, แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง LCM

ชุดโปรแกรม Microsoft เพื่อรวบรวมข้อมูลรายงานผล

3. การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

3.1 รวบรวมข้อมูลจากตำรา เอกสารบทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากภาครัฐและภาคเอกชน

3.2 รวบรวมข้อมูลรายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า จากการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2563

3.3 รวบรวมข้อมูลทางด้านปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น ด้านระยะทาง คมนาคม การขนส่ง ด้านสิ่งแวดล้อม พื้นที่สีเขียว รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน จาก กรมพัฒนาที่ดิน งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

3.4 ดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน พ.ศ.2556, พ.ศ.2559, พ.ศ.2562 จาก Google Earth Engine เป็นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) หรือ SNPP/VIIRS) ตำแหน่ง Tile 3 (60E75N) มีรายละเอียดภาพคุณภาพสูงเท่ากับ 375 เมตร ประกอบด้วยข้อมูลค่า

ดัชนีไฟในเวลากลางคืน (NTL) ซึ่งดำเนินการปรับแต่งโดยหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ข้อมูลภาพแสงไฟเป็นข้อมูลภาพ

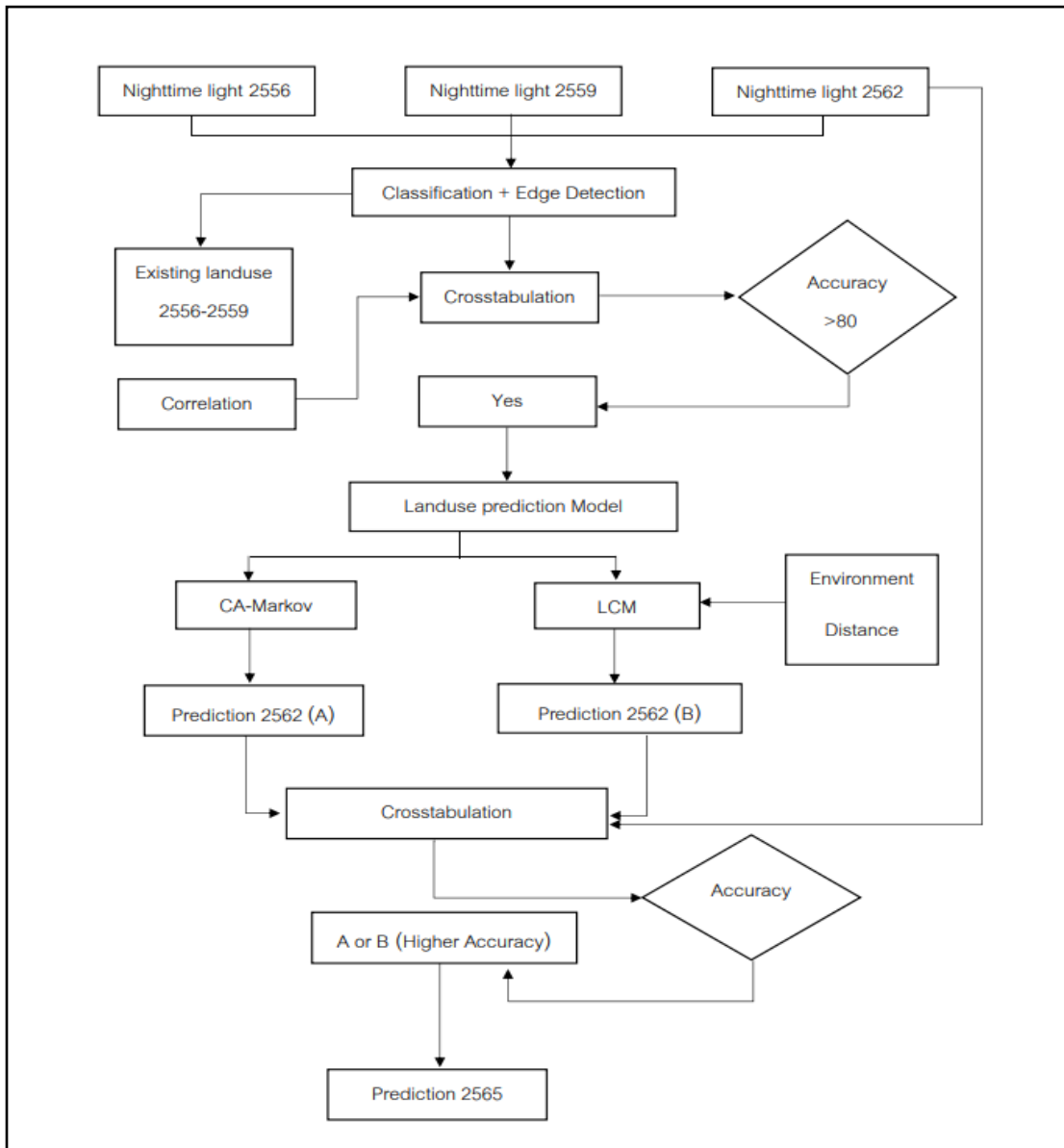
3.5 การปรับแก้ข้อมูลก่อนการจำแนก (Pre-processing) ซึ่งประกอบด้วยเตรียมภาพถ่ายแสงไฟบริเวณ Tile 3 (60E75N) ในช่วงเวลาไม่มีเมฆหรือแสงไฟธรรมชาติบริเวณในช่วงคลื่นต่าง ๆ นำภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต (Geometric distortion) คือ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากพิกัดของภาพไม่เป็นไปตามระบบพิกัดแผนที่ ความบิดเบี้ยวภายใน (Internal distortion) และ ความบิดเบี้ยวภายนอก (External distortion) เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องกับพื้นที่จริง และเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงกับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์

3.6 การปรับแก้ข้อมูลก่อนการจำแนก (Pre-processing) ซึ่งประกอบด้วยเตรียมภาพถ่ายแสงไฟบริเวณ Tile 3 (60E75N) ในช่วงเวลาไม่มีเมฆหรือแสงไฟธรรมชาติบริเวณในช่วงคลื่นต่าง ๆ นำภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนปรับแก้ภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต (Geometric distortion) คือ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากพิกัดของภาพไม่เป็นไปตามระบบพิกัดแผนที่ ความบิดเบี้ยวภายใน (Internal distortion) และ ความบิดเบี้ยวภายนอก (External distortion) เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องกับพื้นที่จริง และเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงกับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์

3.7 นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนที่ได้จากการปรับแก้เชิงเรขาคณิต นำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) โดยใช้วิธีการตัดขอบเขต (Clip) ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร จากนั้นวิเคราะห์ Dark and Bright NTL (Digital Number) และเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) เพื่อปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา เพื่อเพิ่มรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel edge detection) การหาขอบภาพแบบโซเบลใช้ขนาดของฟิลเตอร์แบบ 3x3 จำนวนสองฟิลเตอร์ที่เหมือนกัน จึงจัดหมวดหมู่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Reclassify) จำแนกข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟแบบมีการกำกับการดูแล (Supervised Classification) โดยกำหนดค่าความสว่าง (Digital Number) 0-63 DN's อย่ าง เป็น ระบบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปริมาณไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน และการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต โดยกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิสารสนเทศ ร่วมกับแบบจำลองคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยการเติบโตเมือง



ภาพประกอบ 4 วิธีการดำเนินการ

3.1 การวิเคราะห์จำแนกระดับความเป็นเมืองภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน พ.ศ.2556, พ.ศ. 2559 และ พ.ศ.2562 ด้วย วิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) จำแนกข้อมูลด้วยเทคนิค Maximum Likelihood โดยแบ่งหมวดหมู่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน อย่างเป็นระบบ ข้อมูลค่าแสงไฟ (DN) ที่มีค่าใกล้เคียงกันจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Reclassify) ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งกลุ่มข้อมูลความเข้มชั้นของแสงสว่างแสงไฟกลางคืน

3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน

3.2.1 การวิเคราะห์แผนที่ระดับความเป็นเมืองเพื่อตรวจสอบ (overlay) กับข้อมูล พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างแผนที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน

3.2.2 การคำนวณปริมาณการความต้องการการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่อาคารและสิ่ง ปลูกสร้าง เพื่อคำนวณอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ (หน่วยตารางกิโลเมตร) จากแผนที่ ระดับความเป็นเมือง (สมการที่ 3)

3.2.3 การคำนวณปริมาณการความต้องการการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่อาคารและสิ่ง ปลูกสร้าง เพื่อคำนวณอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ (หน่วยตารางกิโลเมตร) จาก รายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า จากการไฟฟ้านครหลวง (สมการที่ 4)

3.2.4 การคำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็น เมือง กับค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (การใช้ไฟฟ้าจริง) (สมการที่ 5)

3.2.5 การคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า จากแผนที่ระดับความเป็นเมือง กับค่าเฉลี่ยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (การใช้ไฟฟ้าจริง) (สมการ ที่ 4)

$$R = \frac{Q}{\text{Urban Area}} \dots\dots (3)$$

เมื่อ	R	หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
	Q	หมายถึง พลังงานการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงในพื้นที่
	Urban Area	หมายถึง ขนาดพื้นที่เมือง

$$y = 1.3296x - 1871.2 \dots\dots(4)$$

เมื่อ	X	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
	Y	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

.....(5)

X	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง
Y	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

3.3 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยจำลอง CA-Markov วิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (probability) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณโดยใช้แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov) เพื่อหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็น และสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3.4 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ร่วมวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง จากการเติบโตของตัวเมืองมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นแรงผลักดันที่ใหญ่ที่สุดของเติบโตเมือง

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างแผนที่คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินกับแผนที่ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อใช้คำนวณความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy)

3.6 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2565 อีก 4 ปี ข้างหน้า คือ พ.ศ.2565 ด้วยแบบจำลองที่ผ่านการคัดเลือก

4. สรุปผลและนำเสนอข้อมูลการศึกษาการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ

การสรุปผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อนำมาคาดการณ์ทิศทางและปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนบริหารจัดการไฟฟ้าในอนาคตอย่างถูกต้องและเหมาะสม ตอบสนองนโยบายการใช้พลังงานที่มั่นคงและยั่งยืนของประเทศต่อไป



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ
พื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร โดยการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสง
ไฟ กำหนดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อศึกษาการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่าย
แสงไฟร่วมปัจจัยสิ่งแวดล้อมและปัจจัยระยะทาง วิเคราะห์และสรุปความต้องการพลังงานไฟฟ้าใน
อนาคต ผลการวิจัยสามารถดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายแสงไฟ
2. ความสัมพันธ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟ
3. แบบจำลอง CA-MARKOV
4. แบบจำลอง LCM (MLP)
5. การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565

1. ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายแสงไฟ

ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน (Nighttime Light) ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting
Partnership ระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) Tile 3 (60E75N) ก
เป็นภาพระดับภูมิภาค จำนวน 3 ช่วงเวลาดังนี้

- ภาพที่ 1 ตำแหน่ง 60E75N ข้อมูลรายปี พ.ศ.2556
- ภาพที่ 2 ตำแหน่ง 60E75N ข้อมูลรายปี พ.ศ.2559
- ภาพที่ 3 ตำแหน่ง 60E75N ข้อมูลรายปี พ.ศ.2562

การนำข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงเรขาคณิต
(Geometric correction) การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต (Geometric distortion) คือ ความผิดพลาด
ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากพิกัดของภาพไม่เป็นไปตามระบบพิกัดแผนที่ ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิต คือ
ความบิดเบี้ยวภายใน (Internal distortion) และ ความบิดเบี้ยวภายนอก (External distortion)

เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องกับพื้นที่จริง และเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงกับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์

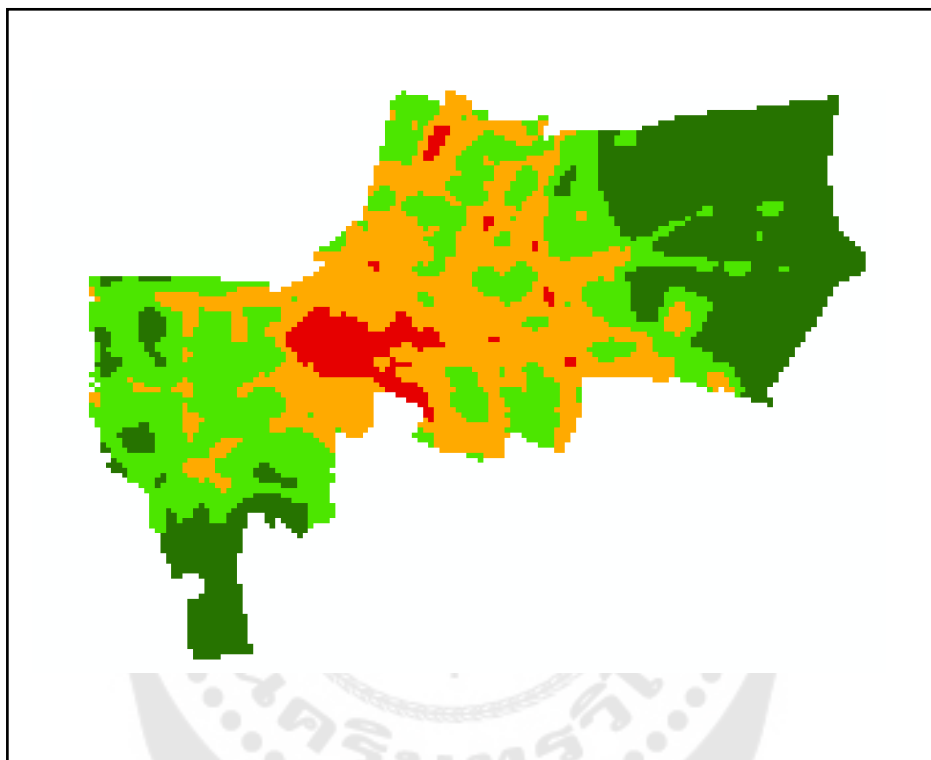
การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนที่ได้จากการปรับแก้เชิงเรขาคณิต นำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) โดยใช้วิธีการตัดขอบเขต (Clip) ภาพถ่ายแสงไฟกลางคืนพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานคร จากนั้นวิเคราะห์ Dark and Bright NTL (Digital Number) แบ่งหมวดหมู่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Reclassify) อย่างเป็นระบบ

การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) เพื่อปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา เพื่อเพิ่มรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel edge detection) การหาขอบภาพแบบโซเบลใช้ขนาดของฟิลเตอร์แบบ 3×3 จำนวนสองฟิลเตอร์ที่เหมือนกัน



ภาพประกอบ 5 การเน้นข้อมูลภาพ

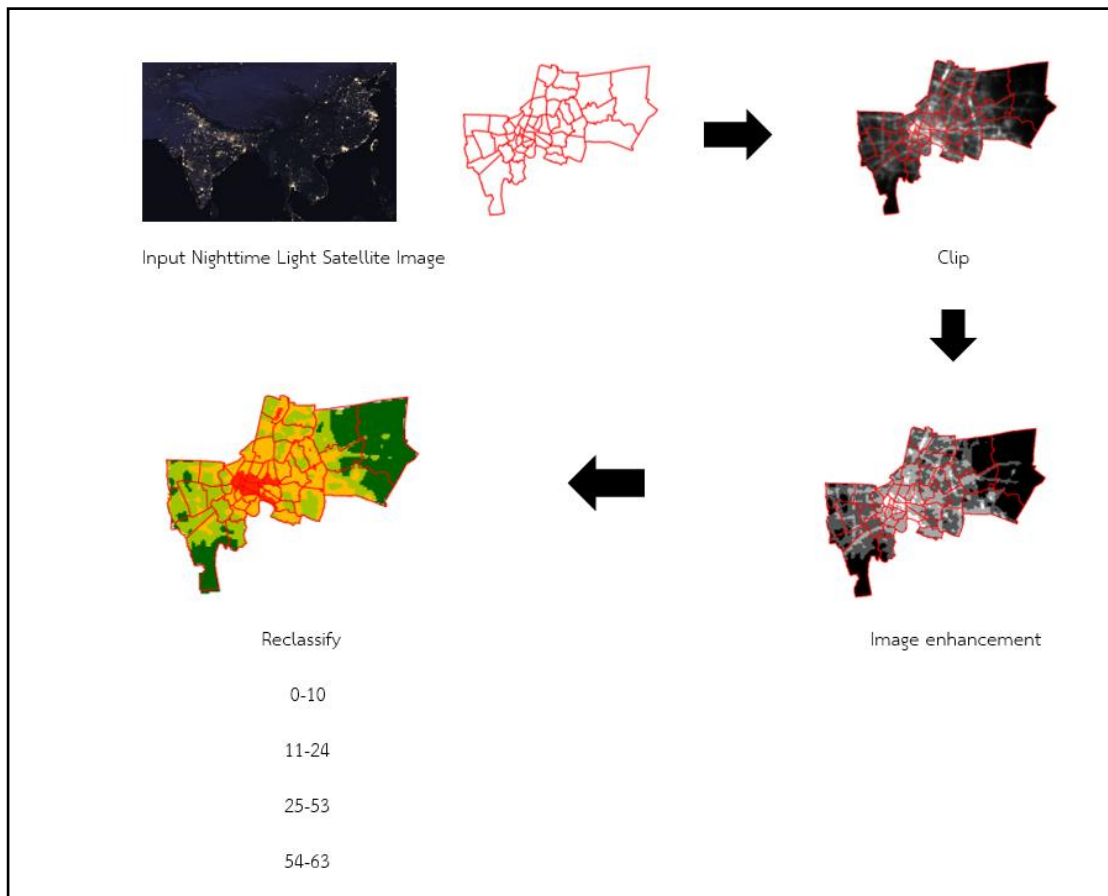
การจำแนกข้อมูล (Data Classification) โดยปรับข้อมูลจากภาพแรสเตอร์ (Raster) เป็นข้อมูลกริด (grid) และวิเคราะห์การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟแบบการกำกับดูแล (Supervised classification) เพื่อคำนวณค่าสถิติและแยกประเภทของข้อมูลตามที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดค่าความสว่าง (Digital Number) 0-63 DNs โดยค่าความสว่าง 0 DNs คือ ความสว่างน้อยที่สุด และค่าความสว่าง 63 DNs คือ ค่าความสว่างมากที่สุด ดังรูป



ภาพประกอบ 6 การจำแนกข้อมูล (Data Classification)

ตาราง 6 การแบ่งกลุ่มข้อมูลความเข้มของแสงสว่างแสงไฟกลางคืน

ระดับความเป็นเมือง	ความหมาย
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	ระดับความเป็นเมืองต่ำ
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	ระดับความเป็นเมืองปานกลาง
ระดับความเป็นเมืองสูง	ระดับความเป็นเมืองสูง
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	ระดับความเป็นเมืองสูงมาก



ภาพประกอบ 7 การจำแนกข้อมูล

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายแสงไฟสามารถจำแนก (Classification) ค่าแสงไฟ (Digital Numbers : DN) ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556,พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2562 ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ครอบคลุม 50 เขต จากข้อมูลดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership ระบบ VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer ดังนี้

1. ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 926.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 50.61 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตรัฐบุรณะ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,932.89 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางขุนเทียน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,421.37 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตธนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,791.51 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตมีนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,658.59 ล้านหน่วย เป็นต้น

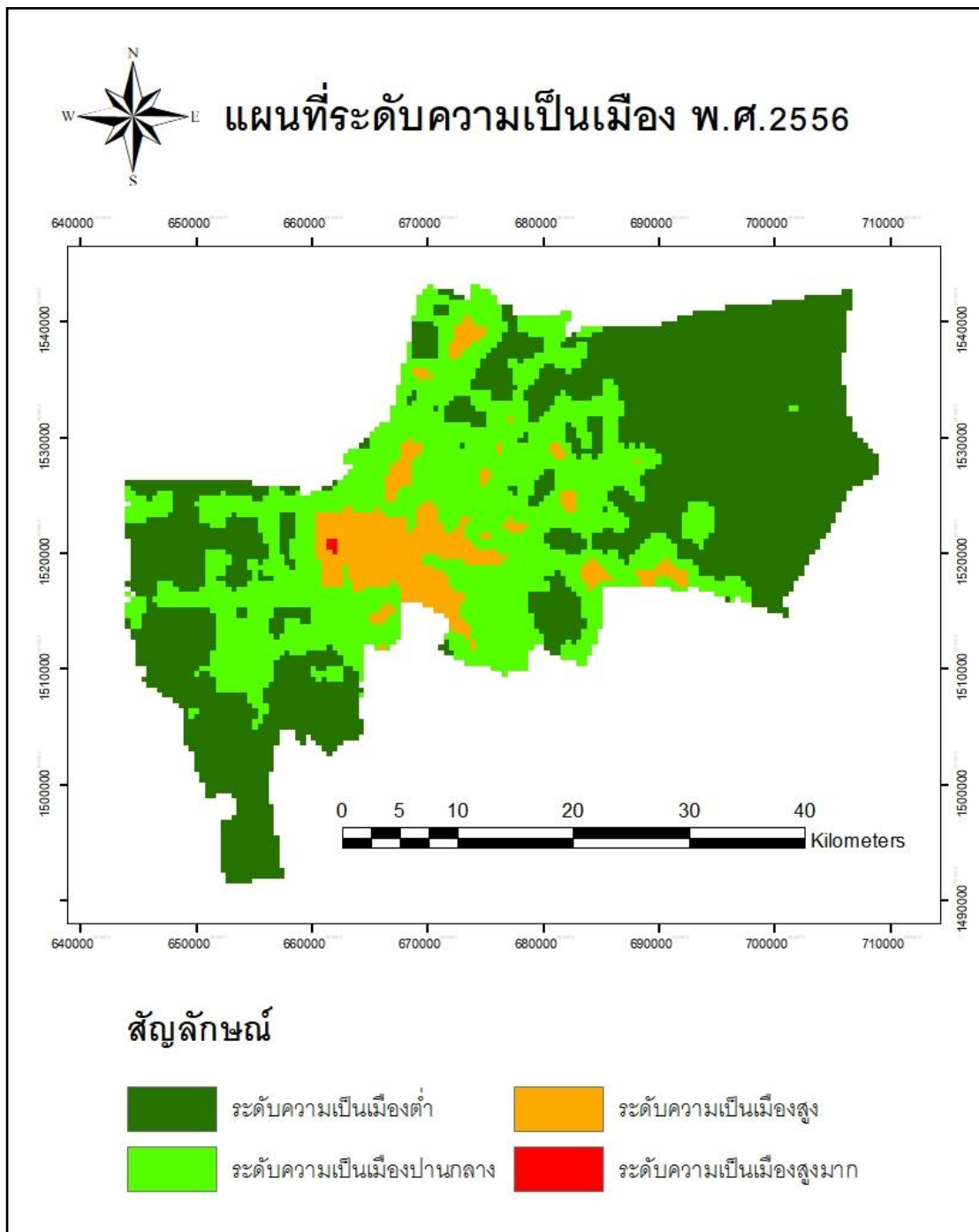
พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 663.4 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 50.61 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตธนบุรี พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตนนทบุรี พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตสมุทรปราการ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางพลี เป็นต้น

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 129.72 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.02 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตคลองเตย ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 4,481.65 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตสามเสน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 3,460.97 ล้านหน่วย

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก พ.ศ.2556 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 2.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตวัดเลียบ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,105.69 ล้านหน่วย

ตาราง 7 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556

ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2556 (ตร.กม.)	ร้อยละ
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	926.50	50.16
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	663.40	35.91
ระดับความเป็นเมืองสูง	129.72	7.02
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	2.08	0.11



ภาพประกอบ 8 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2556

2. ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 647.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 35.07 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตราษฎร์บูรณะ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,955.21 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตมีนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,880.96 ล้านหน่วย เป็นต้น

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 734.46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.77 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตธนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,938.78 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางขุนเทียน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,518.07 ล้านหน่วย เป็นต้น

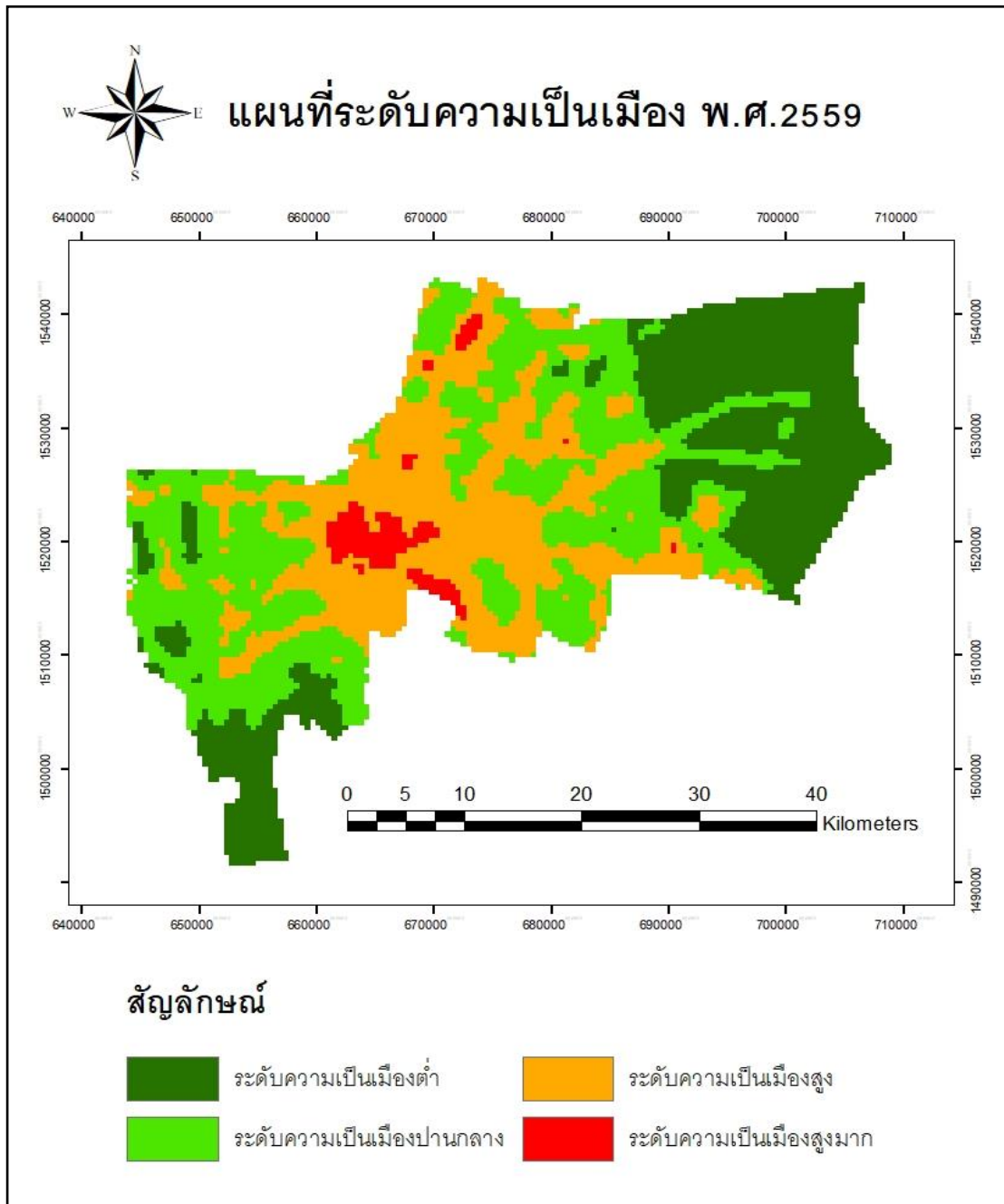
พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 323.92 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.54 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตสามเสน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,646.77 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตยานนาวา ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,938.07 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางเขน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,053.57 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางกะปิ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,936.82 ล้านหน่วย เป็นต้น

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก พ.ศ.2559 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 15.56 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.84 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตวัดเลียบ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,108.22 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตคลองเตย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 4,628.69 ล้านหน่วย เป็นต้น

ตาราง 8 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559

ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2559 (ตร. กม.)	ร้อยละ
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	647.75	35.07
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	734.46	39.77
ระดับความเป็นเมืองสูง	323.92	17.54
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	15.56	0.84





ภาพประกอบ 9 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559

3.ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ พ.ศ.2562 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 539.92 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 35.91 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตราษฎร์บูรณะ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 4,024.68 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้า เขตมีนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,042.10 ล้านหน่วย เป็นต้น

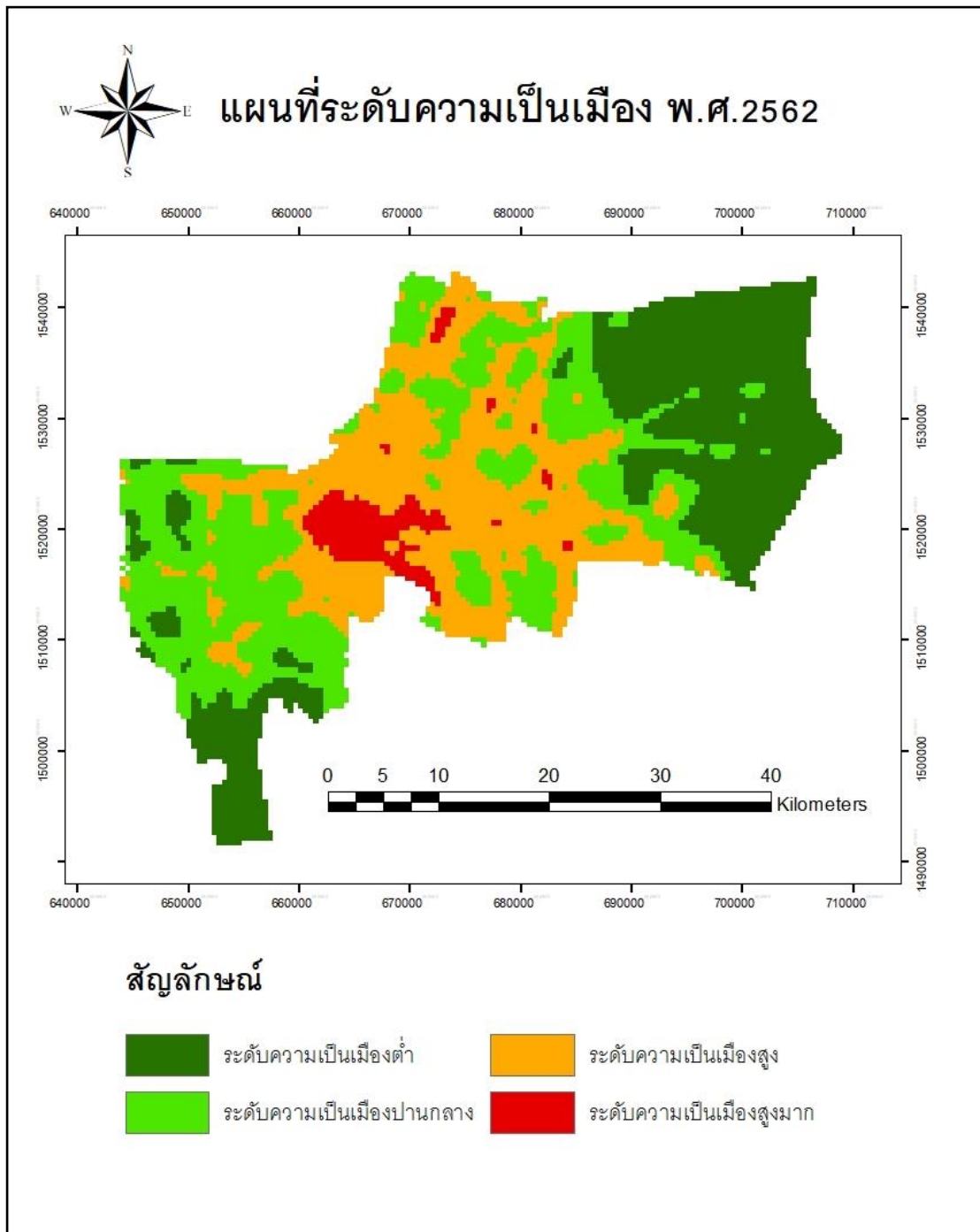
พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง พ.ศ.2562 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 581.15 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 31.46 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตธนบุรี ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2,009.56 ล้านหน่วย เป็นต้น

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง พ.ศ.2562 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 530.83 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.74 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางเขน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,178.17 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตบางกะปิ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,181.77 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตยานนาวา ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,966.770 ล้านหน่วย เป็นต้น

พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก พ.ศ.2562 ผลจากการจำแนกภาพถ่ายแสงไฟจากดาวเทียม มีพื้นที่ทั้งหมด 69.78 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.78 ของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตวัดเลียบ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,173.92 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตคลองเตยปริมาณ การใช้ไฟฟ้า 4,742.40 ล้านหน่วย พื้นที่ให้บริการไฟฟ้าเขตสามเสน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 3,762.35 ล้านหน่วย เป็นต้น

ตาราง 9 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562

ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2562 (ตร. กม.)	ร้อยละ
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	539.92	29.23
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	581.15	31.46
ระดับความเป็นเมืองสูง	530.83	28.74
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	69.78	3.78



ภาพประกอบ 10 แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562

2. ความสัมพันธ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟ

การศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟกลางคืน โดยใช้วิธีการทางสมการคณิตศาสตร์ ระหว่างแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 กับรายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า จากการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พร้อมและคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละพื้นที่เขตบริการไฟฟ้า ได้ผลการศึกษา ดังนี้

การวิเคราะห์แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 เพื่อตรวจสอบ (overlay) กับข้อมูลพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 3 ประเภทได้แก่ 1. ระดับความเป็นเมืองปานกลาง 2. ระดับความเป็นเมืองสูง 3. ระดับความเป็นเมืองสูงมาก ซ้อนทับพื้นที่กับอาคารและสิ่งปลูกสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน

การคำนวณปริมาณการความต้องการการใช้ไฟฟ้า จากการอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ (หน่วยตารางกิโลเมตร) โดยนำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรต่อพื้นที่ โดยการนำพื้นที่ อาคารและสิ่งปลูกสร้างหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (สมการที่ 3) ของทั้งปี พ.ศ. 2559 จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่อตารางกิโลเมตรรายเขต พ.ศ. 2559 จากการไฟฟ้านครหลวง คำนวณหาค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้าต่อวันต่อตารางกิโลเมตรรายเขต พ.ศ. 2559

การหาปริมาณการความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ (หน่วยตารางกิโลเมตร) โดยนำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรต่อพื้นที่ โดยการนำพื้นที่ ระดับความเป็นเมืองปานกลาง ระดับความเป็นเมืองสูง ระดับความเป็นเมืองสูงมาก จากแผนที่ระดับความเป็นเมืองปี พ.ศ.2559 (สมการที่ 3) คำนวณหาค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้าต่อวันต่อตารางกิโลเมตรรายเขตปี พ.ศ. 2559

การหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ. 2559 (สมการเชิงเส้น) โดยนำค่าระดับความเป็นเมืองปานกลาง ระดับความเป็นเมืองสูง ระดับความเป็นเมืองสูงมาก พ.ศ. 2559 มาวิเคราะห์ด้วยสมการเชิงเส้น เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรต่อพื้นที่จากการไฟฟ้านครหลวง (สมการที่4) เพื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์กันของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยระดับของความสัมพันธ์จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หากค่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการความสัมพันธ์กัน

ในระดับค่าหรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ ดังนี้ (สมการที่5) 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

$$R = \frac{Q}{\text{Urban Area}} \dots\dots (3)$$

เมื่อ	R	หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
	Q	หมายถึง พลังงานการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงในพื้นที่
	Urban Area	หมายถึง ขนาดพื้นที่เมือง

$$y = 1.3296x - 1871.2 \dots\dots(4)$$

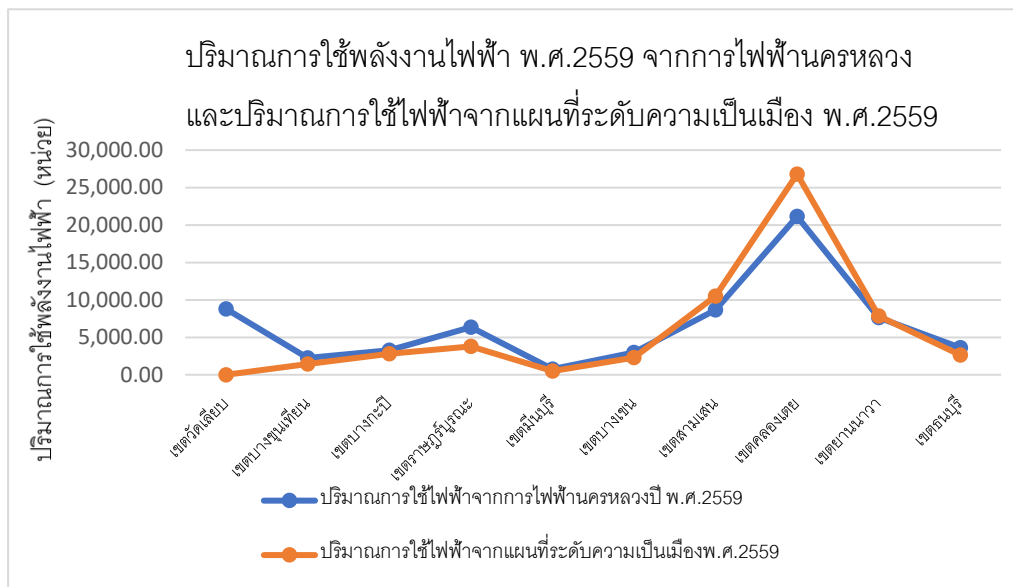
เมื่อ	X	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง
	Y	หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots(5)$$

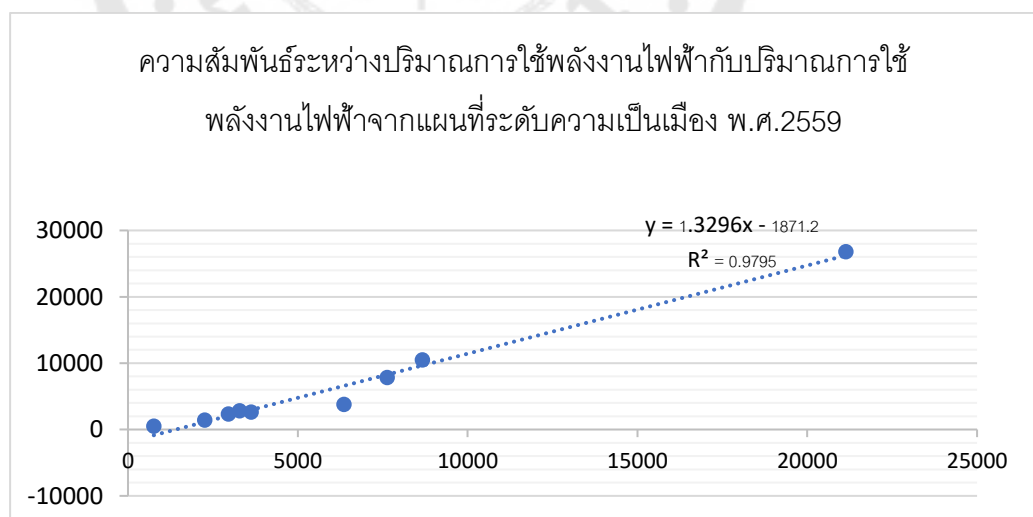
X	หมายถึง	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง
Y	หมายถึง	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคาดการณ์

ตาราง 10 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร

เขตบริการไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า จากการไฟฟ้านครหลวง	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า จากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559
เขตวัดเสียบ	8,785.19	13,678.99
เขตบางขุนเทียน	2263.93	1423.61
เขตบางกะปิ	3286.7	2794.49
เขตราษฎร์บูรณะ	6359.7	3793.17
เขตมีนบุรี	758.73	501.76
เขตบางเขน	2957.08	2303.87
เขตสามเสน	8672.87	10474.65
เขตคลองเตย	21135.5	26791.09
เขตยานนาวา	7629.99	7842.36
เขตธนบุรี	3628.83	2614.32



ภาพประกอบ 11 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2559 จากการไฟฟ้านครหลวง
และปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559



ภาพประกอบ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ากับปริมาณการใช้
พลังงานไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559

ความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับข้อมูลการใช้ไฟฟ้ากับข้อมูลภาพถ่ายแสงไฟ ผลการวิจัยพบว่า การจำแนกค่าแสงไฟระดับความเป็นเมืองสูงมาก มีพื้นที่ 15.56 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมีพื้นที่ 323.92 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง มีพื้นที่ 734.46 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำมีพื้นที่ 647.75 ตารางกิโลเมตร และสถิติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2559 จากการไฟฟ้านครหลวง พื้นที่กรุงเทพมหานครมีสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหมด 36,210.82 ล้านหน่วย โดยพบว่าสถิติอันดับหนึ่งของการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ คือเขตบริการไฟฟ้าวัดเลียบ มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดถึง 1,108.22 ล้านหน่วยต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก พ.ศ.2559 พบที่เขตบริการไฟฟ้าวัดเลียบ มีพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมากถึง 13 ตารางกิโลเมตร อันดับสอง คือ เขตบริการไฟฟ้าคลองเตย เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ พบสถิติการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 4,628.69 ล้านหน่วยต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง พ.ศ.2559 พบที่เขตบริการไฟฟ้าคลองเตย 24 ตารางกิโลเมตร อันดับสาม คือ เขตบริการไฟฟ้าสามเสน เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ พบสถิติการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 3,646.77 ล้านหน่วยต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง ปี พ.ศ.2559 พบที่เขตบริการไฟฟ้าสามเสน 48 ตารางกิโลเมตร เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า พ.ศ.2559 กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากพื้นที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.975

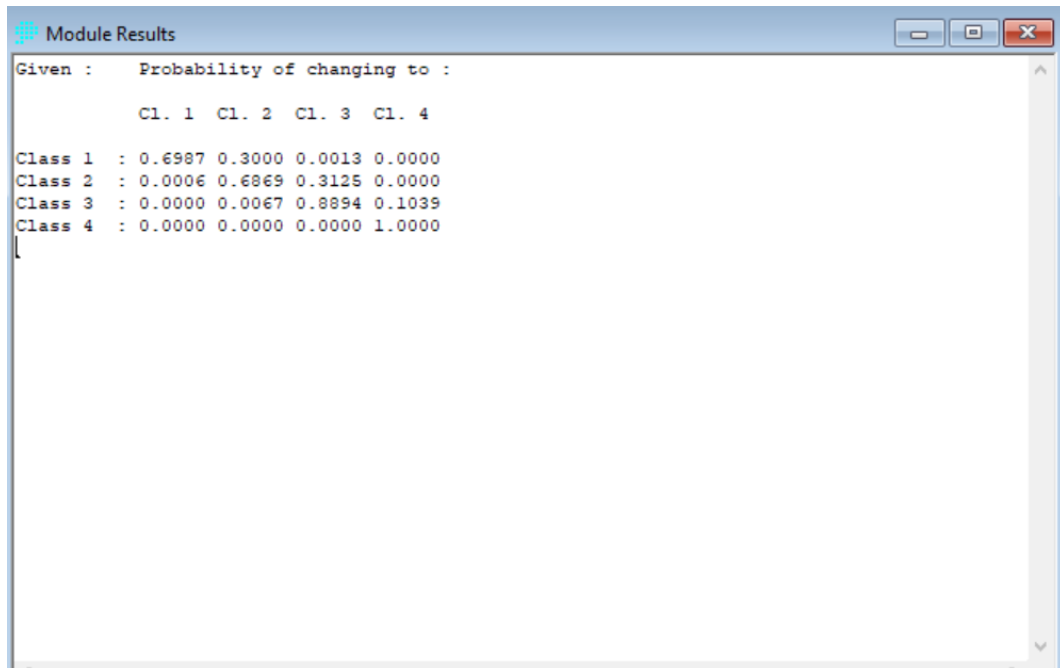
3. แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์ระดับความเป็นเมือง

แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562 จากภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2556 และ 2559 กำหนดสัดส่วนการใช้ที่ดิน (Transition Area) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท (Probability of Changing) โดย CA Filter จะเคลื่อนที่เพื่อซ้อนทับข้อมูลปีเริ่มต้นช่วงเวลาต้องการศึกษาไปที่ละเซลล์จนครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา และจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับข้อมูลอีกครั้ง และจะเคลื่อนที่วนซ้ำกระทั่งครบตามจำนวนรอบเท่ากับช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้ คือ แผนที่สิ่งปกคลุมดินประกอบด้วยพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงและพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

ตาราง 11 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท แบบจำลอง CA-Markov

พ.ศ. 2562

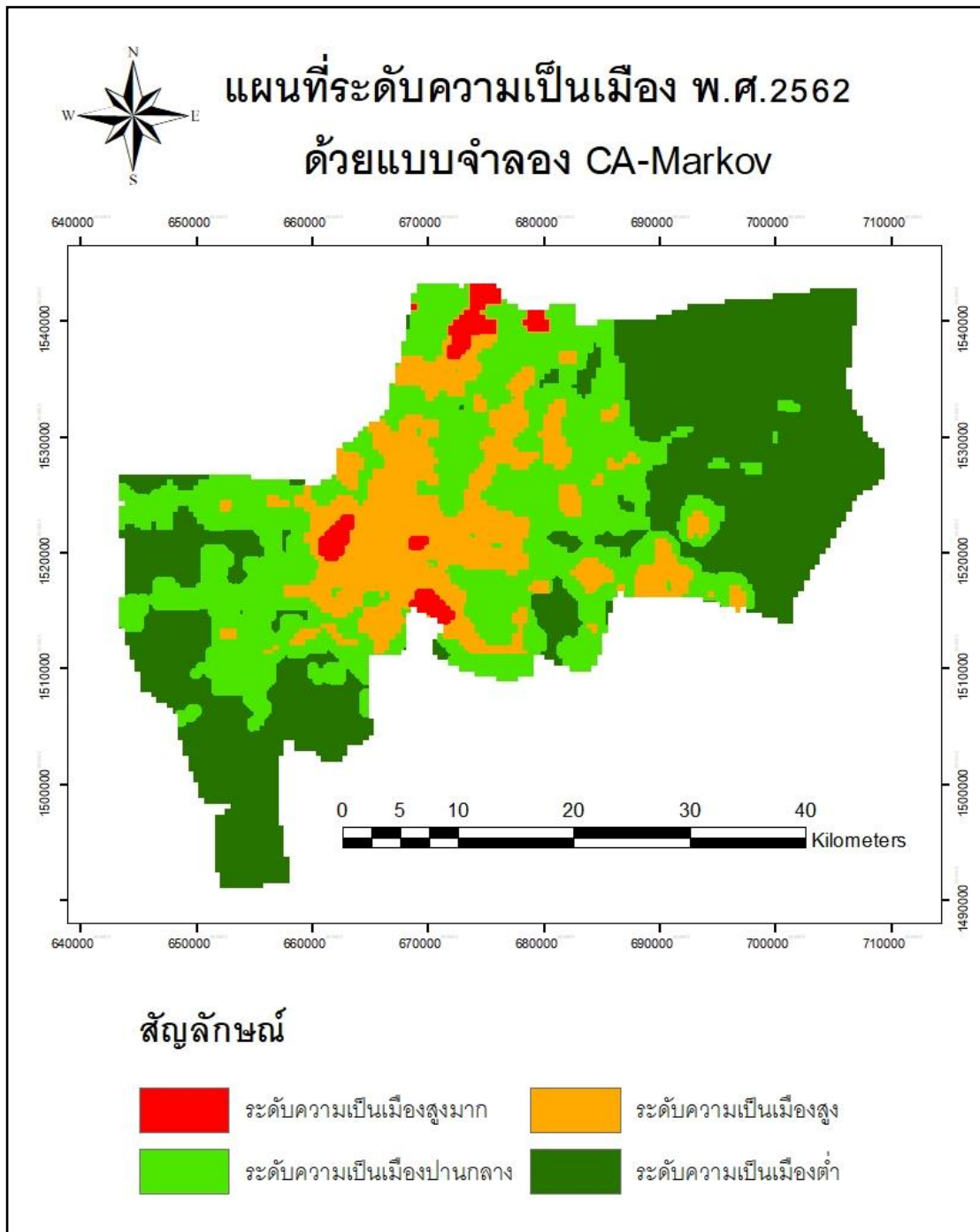
ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2562 (คาดการณ์)				
สัดส่วนการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2562	ระดับความ เป็นเมืองต่ำ	ระดับความ เป็นเมืองปาน กลาง	ระดับความ เป็นเมืองสูง	ระดับความเป็น เมืองสูงมาก
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	0.6987	0.3000	0.0013	0.0000
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	0.0006	0.6869	0.3125	0.0000
ระดับความเป็นเมืองสูง	0.0000	0.0067	0.8894	0.1039
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	0.0000	0.0000	0.0000 0	1.0000



The screenshot shows a window titled "Module Results" with a table of transition probabilities. The table has four columns labeled "Cl. 1", "Cl. 2", "Cl. 3", and "Cl. 4". The rows are labeled "Class 1", "Class 2", "Class 3", and "Class 4".

	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4
Class 1	0.6987	0.3000	0.0013	0.0000
Class 2	0.0006	0.6869	0.3125	0.0000
Class 3	0.0000	0.0067	0.8894	0.1039
Class 4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

ภาพประกอบ 13 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท
แบบจำลอง CA-Markov พ.ศ. 2562



ภาพประกอบ 14 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ระดับความเป็นเมือง

พ.ศ.2562

แผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ. 2562 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov พบว่า สัดส่วนการใช้พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ มีประมาณ 731 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง มีประมาณ 629 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง มีประมาณ 324 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก มีประมาณ 35 ตารางกิโลเมตร

ตาราง 12 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov

ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2562 (ตร.กม.)	พ.ศ.2562 (ตร.กม.)
	จากภาพถ่ายแสงไฟ	CA_MARKOV
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	539.92	731.785
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	581.15	629.88
ระดับความเป็นเมืองสูง	530.83	324.29
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	69.78	35.73

จากศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2562 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov พื้นที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562 มีพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก 35.73 ตารางกิโลเมตร พบว่าพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก คือ บริเวณกรุงเทพมหานครชั้นในและกรุงเทพมหานครชั้นกลาง ได้แก่ เขตบริการไฟฟ้าวัดเลียบ เขตบริการไฟฟ้าคลองเตย และ เขตบริการไฟฟ้าบางเขน เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ 731.785 ตารางกิโลเมตร พบว่าพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ คือ บริเวณกรุงเทพมหานครชั้นนอก ได้แก่ เขตบริการไฟฟ้ามีนบุรี เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่บริการไฟฟ้า รองลงมาคือเขตบริการไฟฟ้าบางขุนเทียนและบริการไฟฟ้าราษฎร์บูรณะตามลำดับ

การตรวจสอบความถูกต้องเปรียบเทียบภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ. 2562 เทียบกับแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ. 2562 จากแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดิน ตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อใช้คำนวณความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากที่สุดเพื่อ

คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2565 โดยการวิเคราะห์ความถูกต้องรวม (Overall accuracy) พบค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.7836

ดังสมการนี้

$$\text{Overall Accuracy} = \sum_{i=1}^k \frac{n_{ii}}{n} \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ

- I หมายถึง แถว (Row)
- J หมายถึง แนวตั้ง (Column)
- n_{ii} หมายถึง แถวที่ i แนวตั้งที่ i
- n หมายถึง ผลรวมทั้งหมด

Module Results

Total	2052360	599914	645727	589812	77537	3965350
-------	---------	--------	--------	--------	-------	---------

Chi Square = 8304050.50000
df = 16
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.7236

Proportional Crosstabulation

	0	1	2	3	4	Total
0	0.5176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5176
1	0.0000	0.1506	0.0518	0.0026	0.0000	0.2050
2	0.0000	0.0007	0.1088	0.0670	0.0000	0.1765
3	0.0000	0.0000	0.0022	0.0748	0.0138	0.0909
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0057	0.0100
Total	0.5176	0.1513	0.1628	0.1487	0.0196	1.0000

Overall Kappa = 0.7836

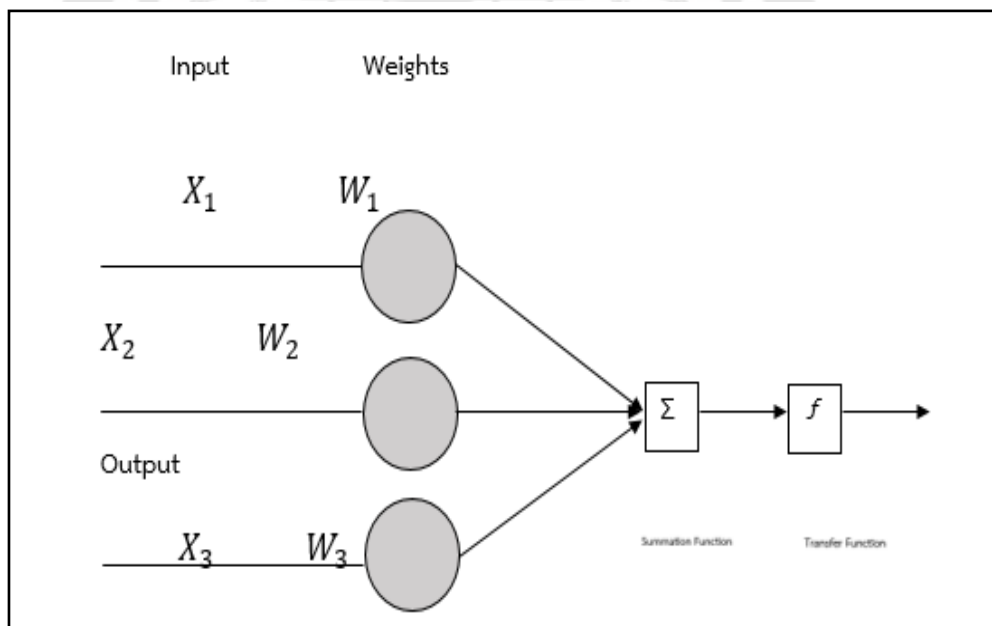
Print Contents Save to File Copy to Clipboard Close

ภาพประกอบ 15 การตรวจสอบความถูกต้องแผนที่คาดการณ์

ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562

4. แบบจำลอง LCM (MLP)

การใช้แบบจำลอง LCM โดยใช้ข้อมูล 2 ช่วงเวลาใน พ.ศ.2556 และ พ.ศ.2559 ร่วมวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง จากการเติบโตของตัวเมืองมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นแรงผลักดันที่ใหญ่ที่สุดของเติบโตเมือง ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งต่อรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่และการขยายตัวของพื้นที่เมือง โดยกิจกรรมของมนุษย์เป็นแรงผลักดันส่งผลต่อการขยายเมืองมากที่สุด สิ่งดังกล่าวถูกจำกัดด้วยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและอิทธิพลจากปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ สภาพภูมิประเทศภูมิอากาศ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ทำให้แนวโน้มความน่าจะเป็นของการกระจายตัวและความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ เป็นตัวชี้วัดเลือกภูมิประเทศที่ดีที่สุดและสภาพอากาศที่ดีที่สุด ประกอบการคัดเลือกการตัดสินใจสำหรับกิจกรรมการประกอบอาชีพ บริเวณสังคมเมือง ปัจจัยทางเศรษฐกิจ กิจกรรมของมนุษย์กระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ที่มีข้อได้เปรียบมากกว่าพื้นที่ทั่วไป เช่น เมืองหลวง ประชากรหนาแน่น และการคมนาคมสะดวก



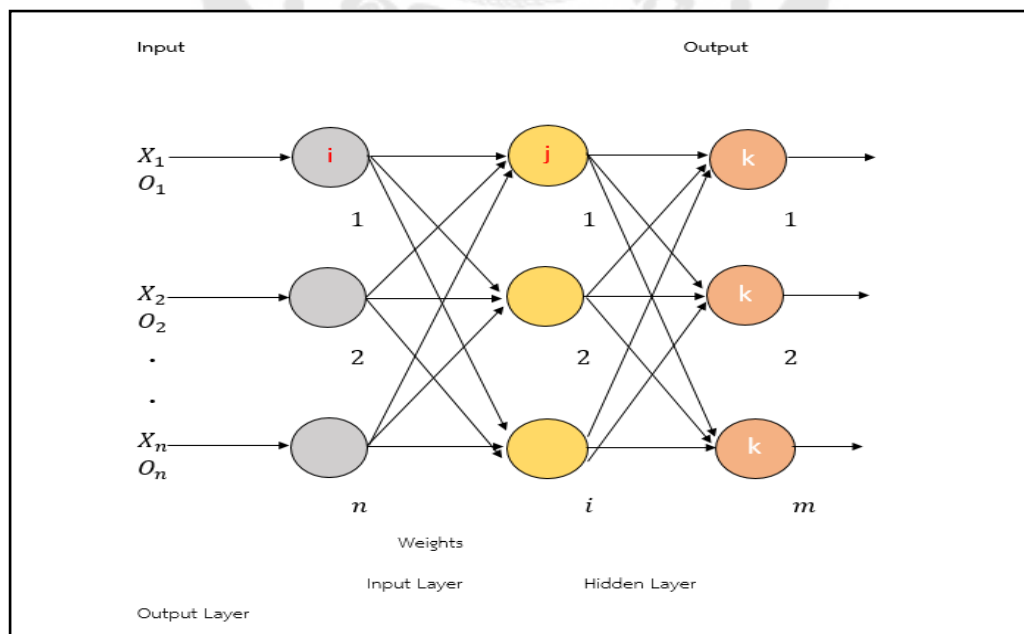
ภาพประกอบ 16 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN)

การศึกษานี้เลือก 5 ปัจจัยจาก 2 ด้านเป็นปัจจัยขับเคลื่อนการขยายตัวของเมือง คือปัจจัยแวดล้อม เช่น พื้นที่สีเขียว, พื้นที่สาธารณะ, ราคาที่ดิน เป็นต้นซึ่งการกระจายประเภทการใช้ที่ดินและมนุษย์โดยทั่วไปเลือกตามความต้องการและคุณภาพชีวิตที่ดีมากที่สุด ปัจจัยระยะทางขึ้นอยู่กับตอบสนองความต้องการหลักบนพื้นฐานสำคัญของการดำรงชีวิตประจำวัน

โดยผู้วิจัยเลือกปัจจัยศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย จาก 2 ด้าน มีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 13 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตเมือง

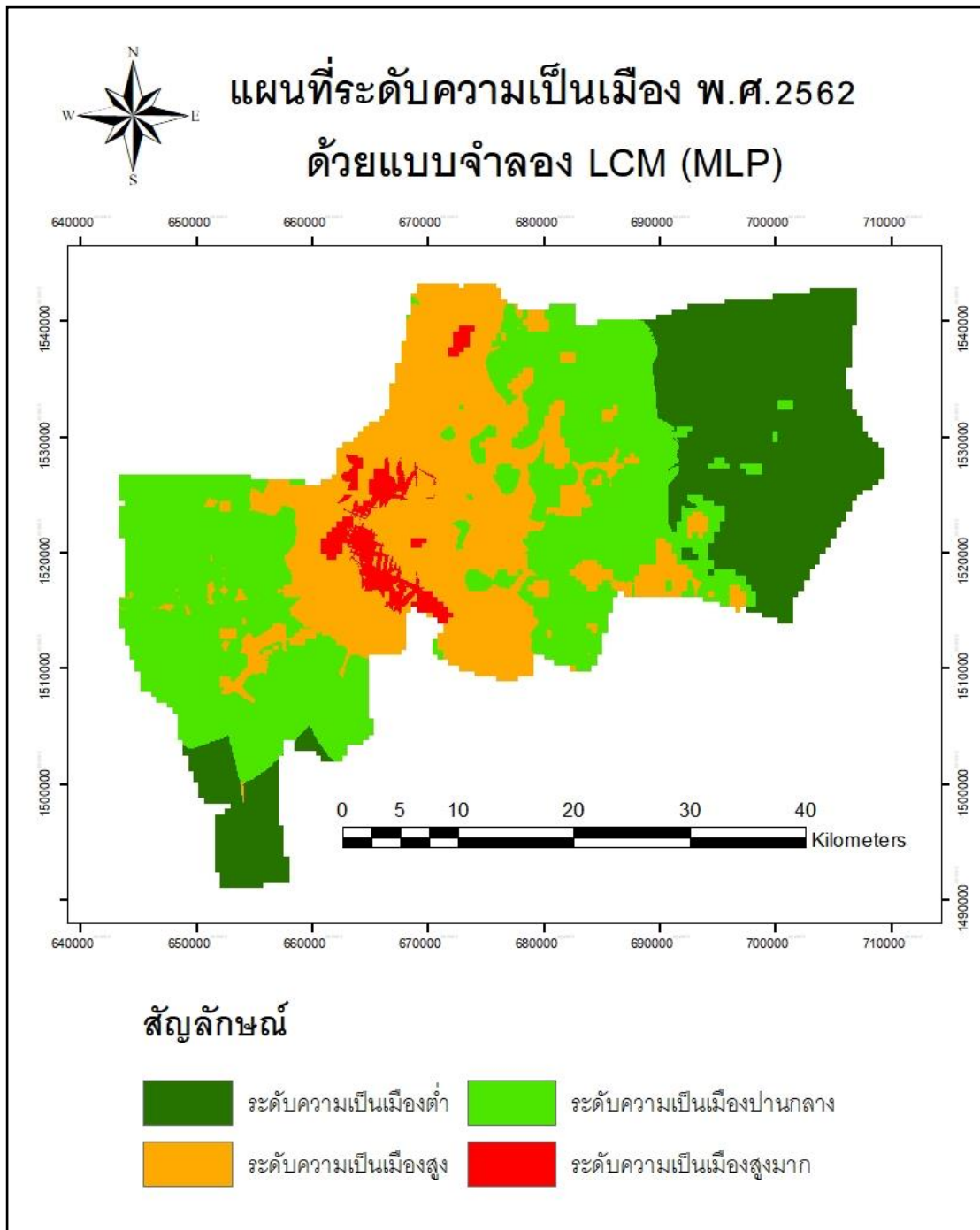
ปัจจัย	ปัจจัยแรงผลักดัน
ด้านสิ่งแวดล้อม	สวนสาธารณะ ที่ดิน
ด้านระยะทาง	คมนาคม รถบริการสาธารณะ การขนส่ง



ภาพประกอบ 17 โครงสร้างโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้น

การคาดการณ์ระดับความเป็นเมือง พ.ศ. 2562 ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) โดยวิเคราะห์ร่วมปัจจัยส่งผลการเติบโตเมืองมากที่สุด ได้แก่ 1. การคมนาคม คือ ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สถานีหัวลำโพง – สถานีบางซื่อ ระยะทาง 20 กิโลเมตร 18 สถานีระบบ และ โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย สถานีหัวลำโพง – สถานีหลักสอง ระยะทาง 14 กิโลเมตร สถานีใต้ดิน 4 สถานี และสถานียกระดับ 7 สถานี รวม 11 สถานี, 2.ระบบขนส่งมวลชน (BTS) สายสุขุมวิท ระยะทางรวม 44.12 กิโลเมตร มี 40 สถานี และ สายสีลมระยะทางรวม 14 กิโลเมตร มี 13 สถานี 2.พื้นที่สาธารณะ (Greenspace) เพื่อวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น พบว่า สัดส่วนการใช้พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ มีประมาณ 731 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง มีประมาณ 629 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง มีประมาณ 324 ตารางกิโลเมตร และ พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง มีประมาณ 35 ตารางกิโลเมตร





ภาพประกอบ 18 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ระดับความเป็นเมือง

พ.ศ.2562

จากศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2562 ด้วย LCM (MLP) พบว่า สัดส่วนพื้นที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562 มีพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก 49.21 ตารางกิโลเมตร พบว่าพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมากคือ เขตบริการไฟฟ้าวัดเลียบ เขตบริการไฟฟ้าคลองเตย เขตบริการไฟฟ้ายานนาวา และ เขตบริการไฟฟ้าบางเขน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำที่สุดคือบริเวณกรุงเทพมหานครชั้นนอก ได้แก่ เขตบริการไฟฟ้ามีนบุรี เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่บริการไฟฟ้า รองลงมาคือเขตบริการไฟฟ้าบางขุนเทียนและบริการไฟฟ้าราษฎร์บูรณะตามลำดับ

ตาราง 14 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง LCM (MLP)

ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2562 (ตร.กม.)	พ.ศ.2562 (ตร.กม.)
	จากภาพถ่ายแสงไฟ	LCM (MLP)
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	539.92	453.03
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	581.15	700.99
ระดับความเป็นเมืองสูง	530.83	518.4
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	69.78	49.21

การตรวจสอบความถูกต้องเปรียบเทียบภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ. 2562 เทียบกับแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ. 2562 จากแบบจำลอง LCM (MLP) โดยใช้ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดิน ตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อใช้คำนวณความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากที่สุดเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2565 โดยการวิเคราะห์ความถูกต้องรวม (Overall accuracy) พบค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.8091

Module Results

Total	2052360	599914	645727	589812	77537	3965350
-------	---------	--------	--------	--------	-------	---------

Chi Square = 8707535.00000
df = 16
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.7409

Proportional Crosstabulation

	0	1	2	3	4	Total
0	0.5176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5176
1	0.0000	0.1212	0.0058	0.0000	0.0000	0.1269
2	0.0000	0.0300	0.1248	0.0414	0.0001	0.1964
3	0.0000	0.0001	0.0323	0.1021	0.0108	0.1453
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0086	0.0138
Total	0.5176	0.1513	0.1628	0.1487	0.0196	1.0000

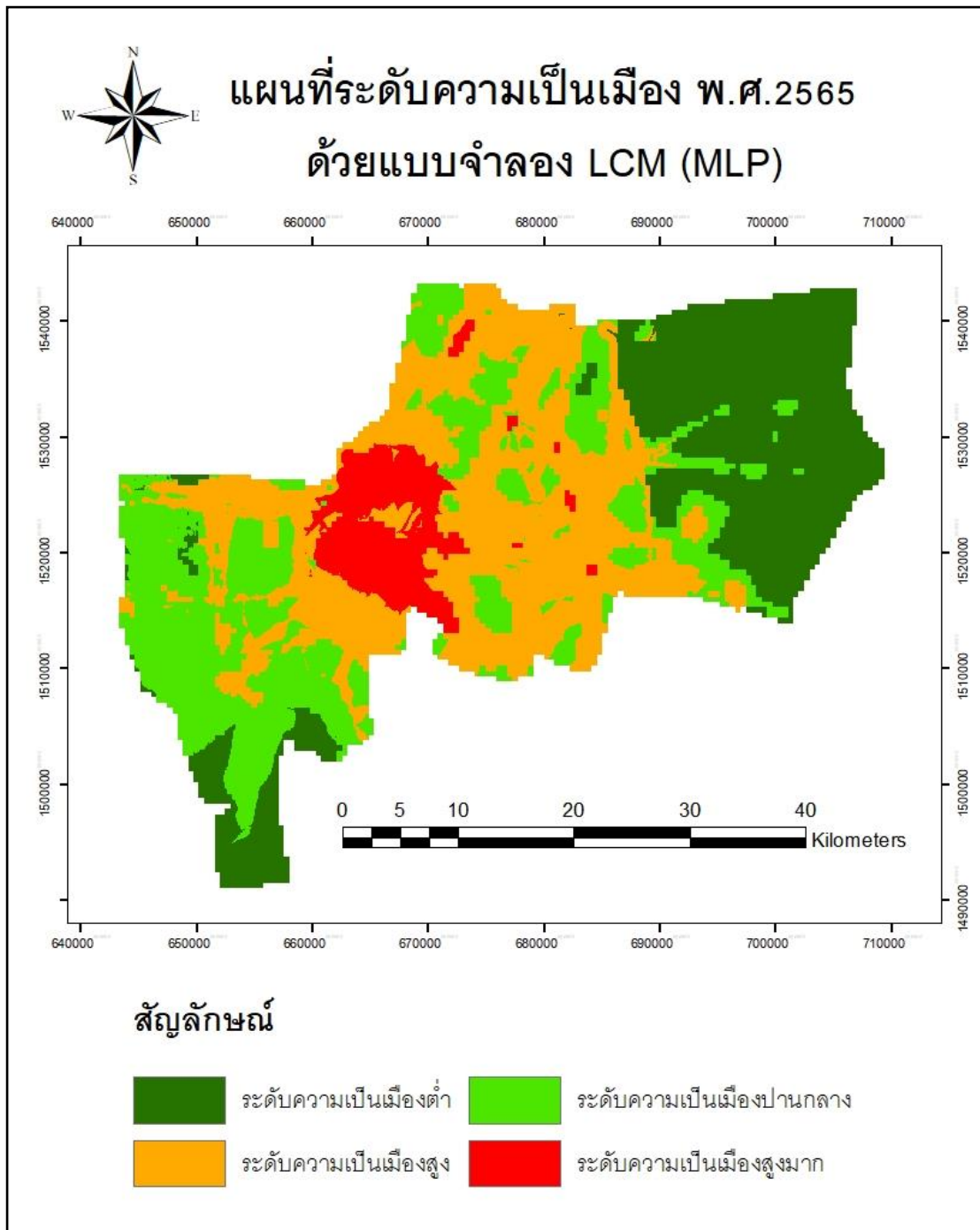
Overall Kappa = 0.8091

Print Contents Save to File Copy to Clipboard Close

ภาพประกอบ 19 การตรวจสอบความถูกต้องแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM
(MLP) ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2562

5. แผนที่การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP)

การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2565 จากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 และปี พ.ศ.2562 โดยกำหนดสัดส่วนการใช้โดยใช้ปัจจัยที่ส่งผลการเติบโตเมืองมากที่สุด ได้แก่ 1.การคมนาคม คือ ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สถานีหัวลำโพง – สถานีบางซื่อ ระยะทาง 20 กิโลเมตร 18 สถานีระบบ และ โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย สถานีหัวลำโพง – สถานีหลักสอง ระยะทาง 14 กิโลเมตร สถานีใต้ดิน 4 สถานี และสถานียกระดับ 7 สถานี รวม 11 สถานี , ระบบขนส่งมวลชน (BTS) สายสุขุมวิท ระยะทางรวม 44.12 กิโลเมตร มี 40 สถานี และ สายสีลม ระยะทางรวม 14 กิโลเมตร มี 13 สถานี 2.พื้นที่สาธารณะ (Greenspace) เพื่อวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (MLP) หาสัดส่วนขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ.2565 พบว่า สัดส่วนการใช้พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ มีประมาณ 478.67 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง มีประมาณ 494.47 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง มีประมาณ 617.56 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก มีประมาณ 130.97 ตารางกิโลเมตร



ภาพประกอบ 20 แผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ระดับความเป็นเมือง

พ.ศ.2565

จากศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2565 ด้วย LCM (MLP) พบว่า สัดส่วนการพื้นที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2565 มีพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก 130.97 ตารางกิโลเมตร พบว่าพื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมากคือ เขตบริการไฟฟ้าวัดเลียบ เขตบริการไฟฟ้าคลองเตย เขตบริการไฟฟ้ายานนาวา เขตบริการไฟฟ้าบางกะปิ และเขตบริการไฟฟ้าบางเขน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่เขตบริการ และพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำที่สุดคือบริเวณกรุงเทพมหานครชั้นนอก ได้แก่ เขตบริการไฟฟ้ามีนบุรี เมื่อเทียบกับสัดส่วนพื้นที่บริการไฟฟ้า รองลงมาคือเขตบริการไฟฟ้าบางขุนเทียนและบริการไฟฟ้าราษฎร์บูรณะตามลำดับ

ตาราง 15 ตารางสัดส่วนการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2565 ที่ได้จากแบบจำลอง LCM (MLP)

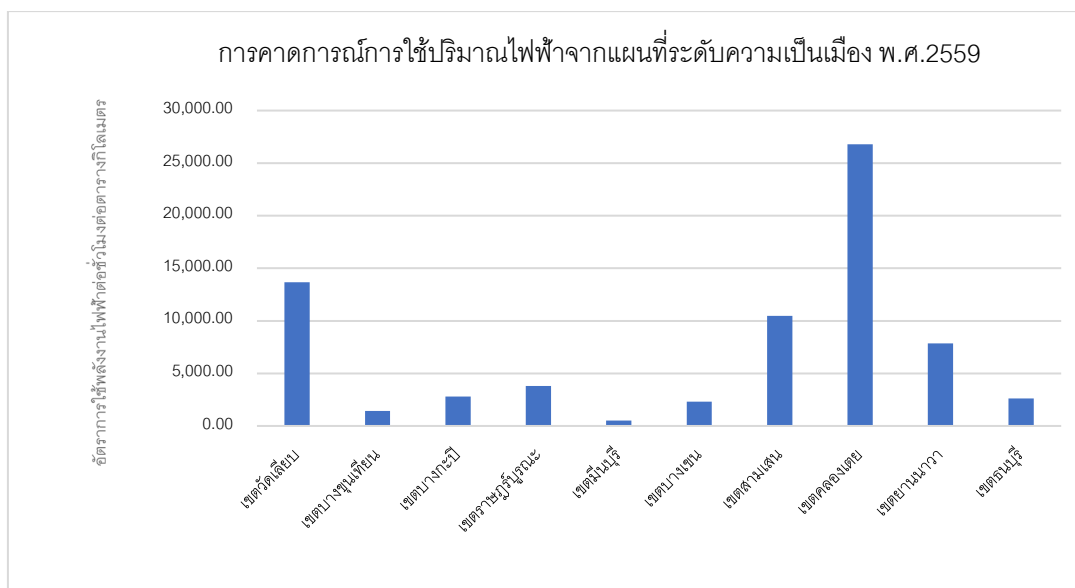
ระดับความเป็นเมือง	พ.ศ.2565 (ตร.กม.) LCM (MLP)
ระดับความเป็นเมืองต่ำ	478.67
ระดับความเป็นเมืองปานกลาง	494.47
ระดับความเป็นเมืองสูง	617.56
ระดับความเป็นเมืองสูงมาก	130.97

6. สรุปผลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP)

จากการศึกษาการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าพ.ศ.2565 ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า อัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร จากแผนที่ระดับความเป็นเมืองปี พ.ศ.2559 พบว่า เขตคลองเตยมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อ ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรมากที่สุด คือ 22,887.45 ล้านหน่วย อันดับ 2 เขตวัดเลียบมีอัตราการใช้ พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร คือ 13,678.99 ล้านหน่วย อันดับ 3 เขตสามเสนมี อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร คือ 10,474.65 ล้านหน่วย และ เขตมีนบุรี ที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรน้อยที่สุด คือ 501.76 ล้านหน่วย

ตาราง 16 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2559

เขตบริการไฟฟ้า	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร (ล้านหน่วย)
เขตวัดเลียบ	13,678.99
เขตบางขุนเทียน	1,423.61
เขตบางกะปิ	2,794.49
เขตราชบุรีบูรณะ	3,793.17
เขตมีนบุรี	501.76
เขตบางเขน	2,303.87
เขตสามเสน	10,474.65
เขตคลองเตย	26,791.09
เขตยานนาวา	7,842.36
เขตธนบุรี	2,614.32
รวม	72,218.31

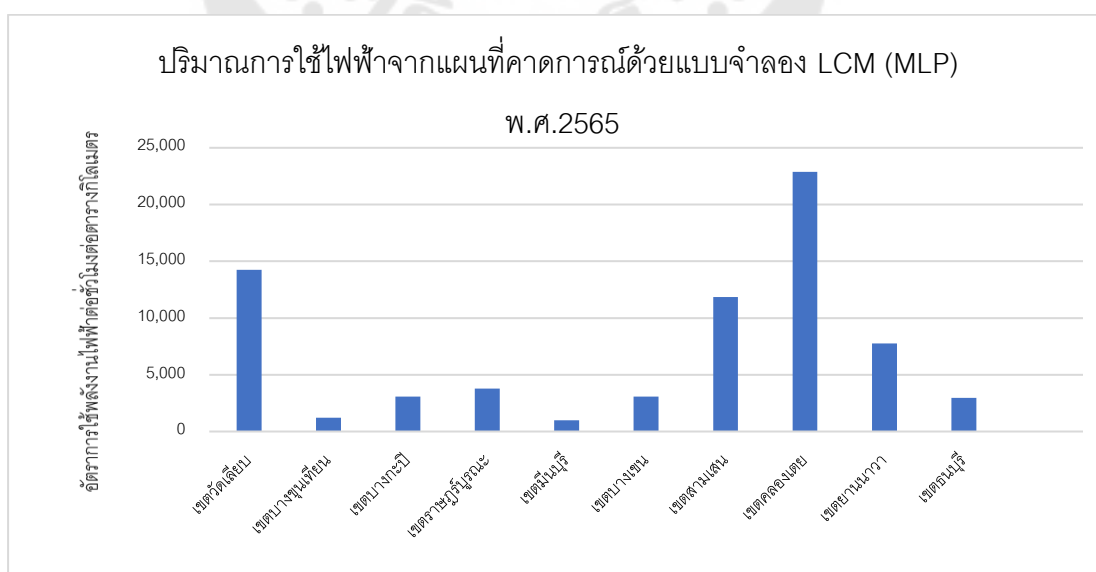


ภาพประกอบ 21 การคาดการณ์การใช้ปริมาณไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559

การคาดการณ์การใช้ปริมาณไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมืองพ.ศ.2559 จากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 และปี พ.ศ.2562 โดยกำหนดสัดส่วนการใช้โดยใช้ปัจจัยที่ส่งผลการเติบโตเมืองมากที่สุด ได้แก่ 1.การคมนาคม คือ ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สถานีหัวลำโพง – สถานีบางซื่อ, โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย สถานีหัวลำโพง – สถานีหลัก, ระบบขนส่งมวลชน (BTS) สายสุขุมวิท และ สายสีลมระยะทางรวม 2.พื้นที่สาธารณะ เพื่อวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (MLP) เพื่อหาอัตราความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรรายสถานีบริการไฟฟ้า พบว่า เขตคลองเตยมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรมากที่สุด คือ 22,887.45 ล้านหน่วย อันดับ 2 เขตวัดเลียบมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร คือ 14,248 ล้านหน่วย อันดับ 3 เขตยานสามเสนมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร คือ 11,852.68 ล้านหน่วย และ เขตมีนบุรีที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตรน้อยที่สุด คือ 993.65 ล้านหน่วย

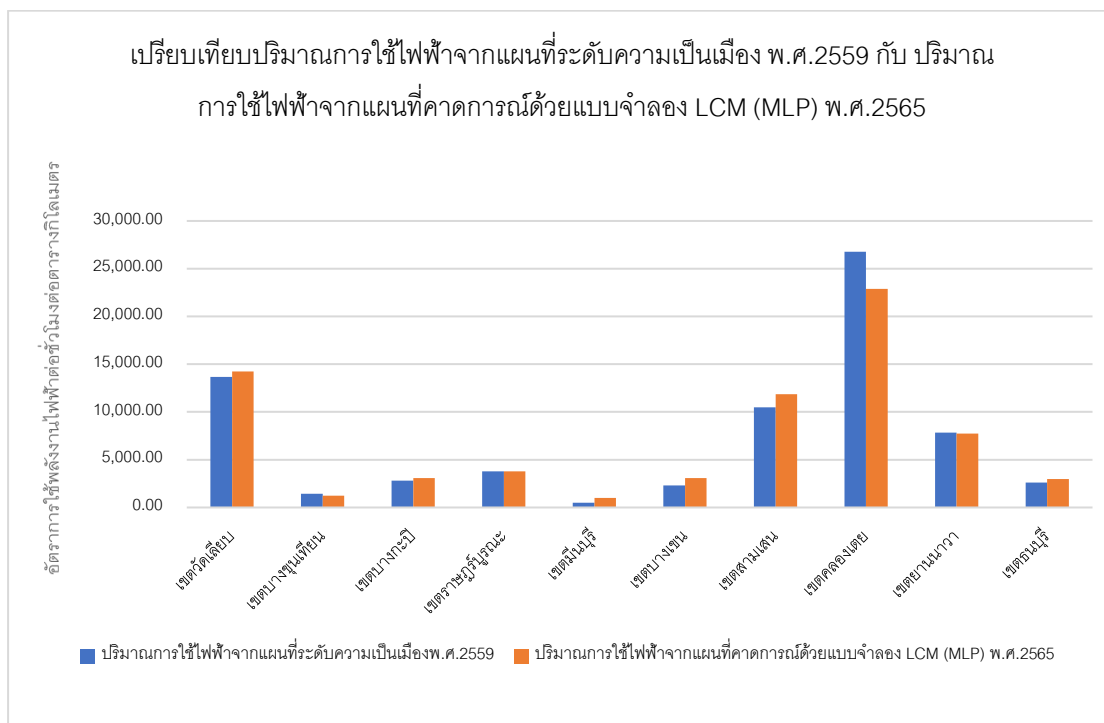
ตาราง 17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2565

ชื่อบริการไฟฟ้า	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร (ล้านหน่วย)
เขตวัดเลียบ	14,248.01
เขตบางขุนเทียน	1,227.22
เขตบางกะปิ	3,082.02
เขตราชวัชรบุรี	3,791.07
เขตมีนบุรี	993.65
เขตบางเขน	3,068.52
เขตสามเสน	11,852.68
เขตคลองเตย	22,887.45
เขตยานนาวา	7,745.42
เขตธนบุรี	2,963.72
รวม	71,859.75



ภาพประกอบ 22 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP)

พ.ศ.2565



ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2559 กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแผนที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลอง LCM (MLP) พ.ศ.2565

ปัจจุบันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID -19) ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมไม่สามารถดำเนินกิจการรวมทั้งปิดตัวลง จากมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเขตคลองเตยลดลงปริมาณ 3,903 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2562 ในขณะเดียวกันปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเขตมินบุรี เพิ่มขึ้น 491.89 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2562 และปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเขตธนบุรี เพิ่มขึ้น 349.4 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2562 เป็นต้น เนื่องจากกรุงเทพมหานครชั้นนอก ได้แก่ เขตมินบุรี เขตธนบุรี เขตราชบุรีบุรีระ มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวกลุ่มบ้านอยู่อาศัย กลุ่มธุรกิจการค้า มีอัตราการเติบโตของหน่วยจำหน่ายปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง จึงควรวางแผนบริหารจัดการไฟฟ้าในอนาคตอย่างถูกต้องและเหมาะสมตอบสนองนโยบายการใช้พลังงานที่มั่นคงและยั่งยืนของประเทศต่อไป

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงกลางคืน ประกอบด้วยหัวข้อ
ดังนี้

- 1.สรุปผลการศึกษา
- 2.อภิปรายผลการศึกษา
- 3.ข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงกลางคืน ประกอบด้วยข้อมูลรายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2562 จากกรมพัฒนาที่ดิน ปัจจัยการเติบโตเมือง ได้แก่ การคมนาคม คือ ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล และ โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย สถานีหัวลำโพง – สถานีหลักสอง, ระบบขนส่งมวลชน (BTS) สายสุขุมวิท พื้นที่สาธารณะ (Greenspace) สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ดังนี้ วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า พื้นที่ระดับความเป็นเมือง ปี พ.ศ.2559 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2559 จากการไฟฟ้านครหลวง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.9795 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันสูงมาก ความสัมพันธ์การใช้พลังงานไฟฟ้ากับภาพถ่ายแสงไฟกำหนดระดับความเป็นย่านของเมือง สามารถเป็นเป็นตัวแทนการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์อย่างนัยสำคัญ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า การศึกษาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2565 โดยใช้แบบจำลอง LCM (MLP) วิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนการเติบโตเมือง ได้แก่ ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) ระบบขนส่งมวลชน (BTS) พื้นที่สาธารณะ (Greenspace) เมื่อตรวจสอบความถูกต้องด้วยตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อใช้คำนวณความถูกต้อง (Overall Accuracy) พบค่าแบบจำลอง LCM (MLP) มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.8091 ซึ่งมีค่าความถูกต้องมากกว่าแบบจำลอง CA-Markov ผู้วิจัยจึงเลือกแบบจำลอง LCM (MLP) คาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565

จากการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 พบว่า สัดส่วนการพื้นที่ระดับความเป็นเมือง พ.ศ.2565 ดังนี้ 1.พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูงมาก 130.97 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ เขตวัดเลียบ เขตสามเสน เขตคลองเตย 2.พื้นที่ระดับความเป็นเมืองสูง 617.56 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ เขตบางกะปิ เขต ยานนาวา 3.พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง 494.47 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ เขตบางขุนเทียน และ 4.พื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำ 478.67 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ เขตมีนบุรี เขตบางขุนเทียน

จากการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2565 พบว่า อัตราปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทุกเขต เท่ากับ 71,859.76 ล้านหน่วย โดยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด อันดับ 1 เขตคลองเตย อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 22,887.45 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง อันดับ 2 เขตวัดเลียบ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 14,248.01 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง อันดับ 3 เขตสามเสน อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 11,852.68 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง และปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด อันดับ 1 เขตมีนบุรี อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 993.65 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง อันดับ 2 เขตบางขุนเทียน อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 1,227.22 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง อันดับ 3 เขตธนบุรี อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ตารางกิโลเมตรเท่ากับ 3,082.02 ล้านหน่วยต่อชั่วโมง

ปัจจุบันเกิดภาวะเศรษฐกิจตกต่ำส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว ภาคอุตสาหกรรมการผลิตไม่สามารถดำเนินกิจการได้รวมทั้งปิดตัวลง จากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพ.ศ.2559 ทั้งหมด 72,218.31 ล้านหน่วย และ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพ.ศ.2562 ทั้งหมด 71,859.76 ล้านหน่วย ทำให้ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 358.55 ล้านหน่วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2562 กล่าวคือ เขตคลองเตยลดลงปริมาณ 3,903 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2559 และ พ.ศ.2562 ในขณะเดียวกัน ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเขตมีนบุรี เพิ่มขึ้น 491.89 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับพ.ศ.2559 และ พ.ศ.2562 และปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเขตธนบุรี เพิ่มขึ้น 349.4 ล้านหน่วยต่อชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับปีพ.ศ. 2559 และ พ .ศ .2562 เป็น ต้น เ นื่ อ ง จ า ก ก รุ ง เ ท พ ม ห า น ค ร ชั น น อ ก ได้แก่ เขตมีนบุรี เขตธนบุรี เขตราชบุรีบูรณะ มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

จากการขยายตัวกลุ่มบ้านอยู่อาศัย กลุ่มธุรกิจการค้า มีอัตราการเติบโตของหน่วยจำหน่าย ปริมาณ

2. อภิปรายผล

การคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยภาพถ่ายแสงกลางคืน พบว่า การทดสอบ ความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2559 จากการไฟฟ้านครหลวง กับแผนที่ ระดับความเป็นเมือง จากภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2559 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.9795 ซึ่งเปรียบเทียบกับการศึกษาของวุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เอี่ยมชื่น (2563) ได้ศึกษา ความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง พ.ศ. 2559 กับ แบบจำลองคาดการณ์การใช้ประโยชน์ ที่ดิน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999 ซึ่งการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ผลการวิจัยที่สอดคล้อง กัน คือความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าระดับสูงมาก

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2562 ด้วย LCM (MLP) โดยใช้ภาพถ่ายแสง ไฟ พ.ศ.2556, พ.ศ.2559 วิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนการเติบโตเมือง ได้แก่ ระบบขนส่ง รถไฟฟ้ามหานคร (MRT) ระบบขนส่งมวลชน (BTS) พื้นที่สาธารณะ (Greenspace) ตรวจสอบ ความถูกต้องกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2562 พบว่าความถูกต้อง ของแบบจำลอง เท่ากับ 0.8021 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Anne Gharaibeh, Abdulrazzaq Shaamala, Rasha Obeidat, and Salman Al-Kofahi (2020) คือได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ ประโยชน์ที่ดินในประเทศจีนด้วยแบบจำลอง LCM โดยใช้ภาพถ่ายแสงไฟ พ.ศ.2535, พ.ศ.2540, พ.ศ.2545, พ.ศ.2550, พ.ศ.2555 และ พ.ศ.2560 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่ง ข้อแตกต่างคือ การวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยการขับเคลื่อนการเติบโตของเมือง ได้แก่ สิ่งแวดล้อม, ภูมิอากาศ, ความลาดชัน, ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ,ความเป็นศูนย์กลาง เป็นต้น เมื่อ ความถูกต้องของแบบจำลอง LCM เท่ากับ 0.78 และจากการศึกษาชาติ สิริโรจน์ธนากร (2563) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง LCM ซึ่งปัจจัยการวิเคราะห์การ ขับเคลื่อนเมืองที่สอดคล้องกัน ได้แก่ เส้นทางการคมนาคม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และปัจจัยแตกต่าง ได้แก่ ความลาดชัน แหล่งน้ำ และค่าความถูกต้องแบบจำลอง LCM มีความแม่นยำสูงมาก เหมาะ สำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2562 พบว่าการขยายตัวพื้นที่เมืองของ กรุงเทพมหานครจะเปลี่ยนไปตามกาลเวลา การขยายตัวของเมืองจะหนาแน่นบริเวณกรุงเทพฯ ชั้นในสู่บริเวณกรุงเทพฯ ชั้นนอก โดยขยายตัวออกไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทำให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ระดับความเป็นเมืองต่ำสู่พื้นที่ระดับความเป็นเมืองปานกลาง เนื่องจากการเข้าถึง ระบบขนส่งรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) ระบบขนส่งมวลชน (BTS) อำนวยความสะดวกต่อการเดินทาง

3. ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันภาวะสถานการณ์โลกในปี 2563 ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID -19) ส่งผลกระทบภาวะชะงักงันทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าและบริการ การค้า การลงทุน และการท่องเที่ยว เนื่องจากหลายประเทศทั่วโลกได้มีการประกาศ Lockdown ประเทศ ภาวะเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศไทย ภาพรวมเศรษฐกิจไทยในปี 2563 หดตัวตามภาวะเศรษฐกิจโลก โดยมีอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) หดตัวลงร้อยละ 6.1 เมื่อเทียบกับ พ.ศ.2562 จากมาตรการ Lockdown ในบางพื้นที่การดำเนินมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของ COVID-19 ที่มีประสิทธิภาพ และมาตรการของรัฐบาล ส่งผลให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจลดลง โดยเฉพาะการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม การจำหน่ายไฟฟ้าลดลงจากปีก่อน คิดเป็นร้อยละ 11.55 และ ราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ลดลงจากปีก่อน คิดเป็นร้อยละ 9.90 แต่กลุ่มบ้านอยู่อาศัยยังคงมีอัตราการเติบโตของหน่วยจำหน่ายเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจาก พ.ศ.2562 คิดเป็นร้อยละ 8.21 เนื่องจากเป็นผลจากมาตรการ Work From Home ทำให้พนักงานและลูกจ้างสำนักงานส่วนหนึ่งปฏิบัติงานที่บ้านมีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

- Abdullahi, S., & Pradhan, B. (2018). Land use change modeling and the effect of compact city paradigms: integration of GIS-based cellular automata and weights-of-evidence techniques. *Environmental Earth Sciences*, 77(6), 251.
- Aliani, H., Malmir, M., Sourodi, M., & Kafaky, S. B. (2019). Change detection and prediction of urban land use changes by CA–Markov model (case study: Talesh County). *Environmental Earth Sciences*, 78(17), 546.
- Anne Gharaibeh, Abdulrazzaq Shaamala, Rasha Obeidat, & Salman Al-Kofahi. (2020). Improving land-use change modeling by integrating ANN with Cellular Automata-Markov Chain model. *Heliyon*, 6(9), e05092-e05092.
- Gonzalez, C. I., Melin, P., Castro, J. R., Mendoza, O., & Castillo, O. (2016). An improved sobel edge detection method based on generalized type-2 fuzzy logic. *Soft Computing*, 20(2), 773-784.
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20), 3761-3772.
- Liping, C., Yujun, S., & Saeed, S. (2018). Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques—A case study of a hilly area, Jiangle, China. *PLOS ONE*, 13, e0200493.
- Luo, M., & Peng, S. (2020, 6-8 Nov. 2020). *Simulation of land use change in central Yunnan based on FLUS model*. Paper presented at the 2020 IEEE International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA).
- Ma, T. (2018). Quantitative Responses of Satellite-Derived Nighttime Lighting Signals to Anthropogenic Land-Use and Land-Cover Changes across China. *Remote Sensing*, 10(9).
- Mathanraj, S., Rusli, N., & Ling, G. H. T. (2021). Applicability of the CA-Markov Model in Land-use/Land cover Change Prediction for Urban Sprawling in Batticaloa Municipal Council, Sri Lanka. *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

Science, 620, 012015.

- Misra, S., & He, J. (2020). Chapter 3 - Shallow neural networks and classification methods for approximating the subsurface in situ fluid-filled pore size distribution S. Misra, H. Li, & J. He *Machine Learning for Subsurface Characterization* (pp. 65-101): Gulf Professional Publishing.
- Myint, S. W., & Wang, L. (2006). Multicriteria decision approach for land use land cover change using Markov chain analysis and a cellular automata approach. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(6), 390-404.
- Rafael Ch, Diego A. Martin, & Juan F. Vargas. (2020). Measuring the size and growth of cities using nighttime light. *Journal of Urban Economics*, 103254.
- Rodriguez, J. D., Perez, A., & Lozano, J. A. (2010). Sensitivity Analysis of k-Fold Cross Validation in Prediction Error Estimation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(3), 569-575.
- Roose, M., & Hietala, R. (2018). A methodological Markov-CA projection of the greening agricultural landscape—a case study from 2005 to 2017 in southwestern Finland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(7), 411.
- Shahi, E., Karimi, S., & Jafari, H. R. (2020). Monitoring and modeling land use/cover changes in Arasbaran protected Area using and integrated Markov chain and artificial neural network. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(3), 1901-1911.
- Shawul, A. A., & Chakma, S. (2019). Spatiotemporal detection of land use/land cover change in the large basin using integrated approaches of remote sensing and GIS in the Upper Awash basin, Ethiopia. *Environmental Earth Sciences*, 78(5), 141.
- Tajbakhsh, S. M., Memarian, H., Moradi, K., & Aghakhani Afshar, A. H. (2018). Performance comparison of land change modeling techniques for land use projection of arid watersheds. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(3), 263-280.
- Wang, S. W., Munkhnasan, L., & Lee, W.-K. (2021). Land use and land cover change detection and prediction in Bhutan's high altitude city of Thimphu, using cellular

automata and Markov chain. *Environmental Challenges*, 2, 100017.

Wu, L., Liu, X., & Ma, X. (2018). Prediction of land-use change and its driving forces in an ecological restoration watershed of the Loess hilly region. *Environmental Earth Sciences*, 77(6), 238.

Xie, Z., Han, Y., Sun, L., & Ping, J. (2020). Analysis of land cover evolution within the built-up areas of provincial capital cities in northeastern China based on nighttime light data and Landsat data. *PLOS ONE*, 15(10), e0239371-e0239371.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). รายงานโครงการจัดทำแผนที่แสดงความลาดชันของพื้นที่เพื่อการพัฒนาที่ดินกรุงเทพมหานคร.

http://www.iddservice.org/services/fileproject/%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%95%201/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%9E%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3_BKK/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99SC_BKK.pdf

การไฟฟ้านครหลวง. (2562). รายงานสถานการณ์การจำหน่ายไฟฟ้า 2562. สืบค้นจาก https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiB9NHfwbHtAhV57HMBHdXqBVwQFjAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.me.a.or.th%2Fdownload%2Fdownload_file%2F1279&usg=AOvVaw3Ruducd_CA6pefWhsVDfZo

การไฟฟ้านครหลวง. (2563). รายงานการใช้พลังงานไฟฟ้านครหลวงประจำปี 2563.

<https://www.me.a.or.th/e-magazine/detail/2786/445>

จิตชัย เผ่าอินจันทร์. (2531). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวของเทศบาลเมืองนนทบุรี. (ปริญญาโท) นิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นจาก <http://www.eresearch.rbru.ac.th/pdf-uploads/thesis-1758-file10-2020-04-28-14-23-09>

ชลิต สีนโรจน์ธนากร, ว. อ., และนันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์. (2563). การติดตามตรวจสอบและการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ Land Change Modeler ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่.

- ธณัชชัย วियานนท์. (2563). การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร). สืบค้นจาก <https://www.researchgate.net/publication/343335423>
- พาริก เวาะแซ. (2551). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัวของประชากรในพื้นที่รับน้ำฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร). สืบค้นจาก <https://www.lib.ku.ac.th/kuconf/data53/KC4816002>
- ภาคภูมิ เหล่าตระกูล. (2558). พื้นฐานการรับรู้จากระยะไกล. สืบค้นจาก <https://www.gistda.or.th/main/th/node/936>
- ยิ่งใหญ่ สามารถ. (2555). การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวของโครงการที่อยู่อาศัยในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข
- อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี). สืบค้นจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/53921004.pdf
- เยาวรัตน์ เกกนิชะ. (2559). การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแสงสว่างเวลากลางคืน (*Nighttime Light Satellite Image*) วิเคราะห์ความเจริญเติบโตของเมือง ในประเทศไทย (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52407>
- วิโรจน์ อยู่วนิชชานนท์. (2531). การวิเคราะห์รูปแบบการขยายตัวของเมือง : กรณีศึกษาเทศบาลเมืองนครราชสีมา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่). สืบค้นจาก <http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/35326>
- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เขียมชื่น. (2563). การคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารด้านวิทยาศาสตร์บูรพา, 76-89. <http://ojslib3.buu.in.th/index.php/science/article/view/6739>
- สุพิชชา ภมรจันทรมัส. (2559). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อคาดการณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี). สืบค้นจาก https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjtwpTsw7HtAhVigtgFHYf5D0YQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fjojs.kmutnb.ac.th%2Findex.php%2Fkjournal%2Farticle%2Fview%2F568&usg=AOvVaw1FjjBc_opsZuF7F8BNxJ8_

อธิวัชร สังข์จันทร์พร และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร. (2561). ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวของเมืองจากสภาพดาวเทียมแสงไฟช่วงเวลากลางคืนการใช้ที่ดินประเภทเมืองและความหนาแน่นประชากรบริเวณเมืองเชียงใหม่. วารสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29(6), 1094-1106. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/issue/view/9968>

อมร เพ็ชรสว่าง. (2560). เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information technology). สืบค้นจาก <https://www.gistda.or.th/main/th/node/815>

อัมพิกา ชุมมัตถยา และ ณวิทย์ อ่องแสงวิชัย. (2561). การขยายตัวของเมืองกับการเปลี่ยนแปลงบริบทของย่านเมืองเก่าในจังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. สืบค้นจาก <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7TUOAS-2kCoJ:https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jed/article/download/136827/101976/+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=th>



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณัฐริตา จันทร์คณา
วัน เดือน ปี เกิด	
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2555 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี พ.ศ.2558 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี พ.ศ.2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	161 หมู่6 หมู่บ้านฟ้าใสเฟส2 ตำบลเจดีย์หัก อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี 70000

