การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ กรณีศึกษา เทศบาลเมืองมหาสารคาม

Application of Geo-informatics to Analyze Street Light Performance have been Affected by Air Pollution: Case study in Mueng Mahasarakham Municipality

นุชนาฏ บัวศรี และ ชนินทร จิตรกลาง

ภาควิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Abstract

Geo-informatics application for analyzing the efficiency of street lighting bulbs affected by air pollution. The data collected from each pole in the study area were collected. And count the traffic from the five points of the traffic. Calculate polution with CALINE 4 and shows the spatial data by estimating the range (IDW) and analyzing the air pollution by Cluster and Outlier technique. Pollution value of pollutants Calculate the luminous flux of the lamp. And the model that has the effect of polluting the calculations. Analysis of air pollution It found that pollutants were swarming in heavy traffic areas. Analysis of the luminous efficiency. The normal values of sodium lamps, high vapor pressure (HPS) and fluorescent (Flu) lamps are 10.56 lux and 2.16 lux respectively, as a result of carbon monoxide (CO) And particulate matter (Pm10), resulting in higher sodium vapor pressure, higher vapor pressure Fluorescent lamps and fluorescent lamps were reduced to 6.33 lux and 1.26 lux, respectively. The efficiency of light bulbs was 40% and 41.67%, respectively. Directly to the luminous efficiency of the lamp.
Key words – Geo-Informatics, Lamp performance, Air pollution

บทคัดย่อ

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลข้อมูลของเสาไฟทุกต้นในพื้นที่ศึกษา และนับปริมาณการจราจรจากจดนับรถทั้ง 5 จุด นำข้อมูลเสาไฟที่ได้มาจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลปริมาณการจราจรที่มาวิเคราะห์หาค่ามลพิษทางอากาศด้วยโปรแกรม CALINE 4 แสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยการประมาณค่าช่วง (IDW) และวิเคราะห์การจับกลุ่มมลพิษทางอากาศด้วยเทคนิคการจับกลุ่ม (Cluster and Outlier) เพื่อดูค่าการกระจายตัวของมลพิษ และคำนวณหาค่าความส่องสว่างของหลอดไฟทั้งแบบปกติ และแบบที่มีผลกระทบเนื่องจากมลพิษที่ทำการคำนวณได้ ผลการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ พบว่ามลพิษจับกลุ่มเป็นจำนวนมากในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น การวิเคราะห์ประสิทธิภาพความส่องสว่างพบว่า ค่าปกติของหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) มีค่า 10.56 ลักซ์ (lux) และ 2.16 ลักซ์ (lux) ตามลำดับ เมื่อมีผลกระทบจากมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) และ ฝุ่นละออง (Pm10) ทำให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดโซเดียมความดันไอสูง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลงเหลือ 6.33 ลักซ์ และ 1.26 ลักซ์ ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพของหลอดไฟที่เสื่อมสภาพความส่องสว่างคิดเป็นร้อยละ 40 และ 41.67 ตามลำดับ และเห็นได้ว่ามลพิษทางอากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟ
คำสำคัญ – ภูมิสารสนเทศ, ประสิทธิภาพการส่องสว่าง, มลพิษทางอากาศ

1. บทนำ

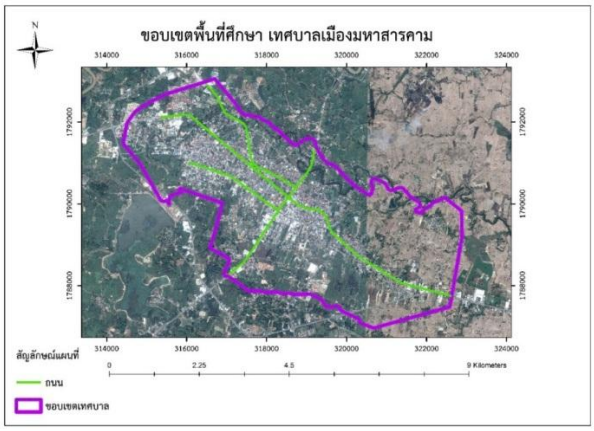
ปัจจุบัน การเพิ่มขึ้นของประชากรก่อให้เกิดการขยายตัวของชุมชนและเศรษฐกิจมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมืองใหญ่ๆ ที่มีการจราจรคับคั่งทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้น ความสว่างของถนนจึงมีความสำคัญยิ่ง เพื่อลดอัตราของอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น ทำให้ผู้ขับขี่มีทัศนะวิสัยในการมองเห็นที่ดีหรือเทียบเท่ากับในเวลากลางวัน นอกจากนั้น ยังช่วยป้องกันอาชญากรรมได้อีกด้วย การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจะมีประโยชน์อย่างสมบูรณ์ได้ ถ้ามีการใช้มาตรฐานที่ถูกต้องและจุดที่ติดตั้งไม่ก่อให้เกิดอันตราย (กรมทางหลวงชนบท, 2559) เนื่องจาก สภาวะการจราจรหนาแน่นในเมืองใหญ่ ๆ นั้น มลพิษ เช่น ฝุ่น เขม่า และควันที่เกิดจากรถที่สัญจรไปมา เป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการลดทอนของแสงสว่างและการเสื่อมของหลอดไฟ ณ บริเวณนั้น ซึ่งในการแสดงผลค่าการส่องสว่างของหลอดไฟในพื้นที่ต่าง ๆ นั้น อาศัยการมองด้ายสายตาอาจไม่สามารถบอกค่าความแตกต่างของค่าการสองสว่างได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการนำระบบภูมิสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือในการแสดงค่าการส่องสว่างด้วยการประมาณค่าความส่องสว่างเชิงพื้นที่ ทั้งในแบบปกติเปรียบเทียบกับค่าความสว่างเมื่อมีปัจจัยด้านมลพิษเข้ามาลดทอนกำลังการส่องสว่าง ทำให้เห็นค่าความแตกต่างของความส่องสว่างของหลอดไฟที่ชัดเจนมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำแผนที่แสดงการจับกลุ่มของมลพิษทางอากาศ เพื่อจัดทำแผนที่แสดงประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนน
และเพื่อจัดทำแผนที่แสดงประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับ

2. แนวคิด / วิธีการที่นำเสนอ

2.1 พื้นที่ศึกษา

เขตพื้นที่เทศบาลเมืองมหาสารคาม เทศบาลเมืองมหาสารคาม ตั้งอยู่ ถนนผังเมืองบัญชา ตำบลตลาด ท้องที่อำเภอเมืองมหาสารคาม มีพื้นที่ ทั้งสิ้น 24.14 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ราบสูงรูปกระทะคว่ำอำเภอเมืองมหาสารคามตั้งอยู่ทางตอนกลาง ค่อนไปทางทิศตะวันออกของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ	ติดกับตำบลเกิ้ง
ทิศใต้	ติดกับตำบลแวงน่าง
ทิศตะวันออก	ติดกับตำบลเขวา
ทิศตะวันตก	ติดกับตำบลท่าสองคอน



***รูปที่ 1** พื้นที่ศึกษาเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม*

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลมลพิษ

การจำลองมลพิษทางอากาศ สามารถจำลองปริมาณมลพิษโดยการใส่ปัจจัยข้อมูลต่างๆ เช่น ทิศทางลม ปริมาณการจราจรบนท้องถนน เป็นต้น เพื่อให้ได้ถึงผลลัพธ์ของปริมาณของมลพิษในแต่ละพื้นที่นั้น โดยสามารถคำนวณหาปริมาณมลพิษจากค่า ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ฝุ่นละออง (Pm10) ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่หมดของของสารประกอบคาร์บอน และฝุ่นละออง ที่เกิดจากการจราจรในชุมชน ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อการบดบังความสว่างของหลอดไฟและยังเกาะโคมครอบหรือตัวหลอดไฟส่งผลให้เกิดการเสื่อมประสิทธิภาพเร็วขึ้น โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม CALINE 4 ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองมลพิษทางอากาศ ที่สามารถจำลองปริมาณมลพิษโดยการใส่ปัจจัยข้อมูลต่างๆ เช่น ทิศทางลม ปริมาณการจราจรบนท้องถนน เป็นต้น เพื่อให้ได้ถึงผลลัพธ์ของปริมาณของมลพิษในแต่ละพื้นที่นั้นๆ

2.3 การวิเคราะห์ค่าความสว่างของหลอดไฟ

2.3.1 หลอดไฟที่ใช้สำหรับการส่องสว่างถนนในพื้นที่ศึกษาประกอบไปด้วย (สมบูรณ์, 2560)

1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight cool-white และ warm-white ชนิดของหลอดชนิดนี้ที่ใช้งานกันทั่วไป คือแบบ Linear มีกำลังไฟขนาด 36 วัตต์ มีประสิทธิผล 90 ลูเมนต่อวัตต์

2) หลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) มีประสิทธิผลรองจากหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ คือ มีประสิทธิผลประมาณ 130 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ความถูกต้องของสีดีกว่าหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ 20 % คือ มีกำลังไฟ คือ

250 วัตต์ หลอดประเภทนี้ให้สีเหมาะสำหรับงานทางด้านความปลอดภัย เพราะตามีความไวต่อการมองเห็นที่โทนสีเหลือง

2.3.2 การหาค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง (F) หรือฟลักซ์การส่องสว่าง (luminous flux, F) เป็นปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของค่าประสิทธิผลกับค่ากำลังไฟของหลอดไฟแต่ละชนิด สามารถคำนวณจากสมการ

$$F = Flux \times \text{Watt} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ F = ประสิทธิภาพการส่องสว่าง

Flux = ประสิทธิผลของหลอดไฟ

Watt = กำลังไฟ

ดังนั้น จากสมการที่ (1) สามารถหาค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟทั้งสองชนิดได้ ดังนี้

$F_{(HPS)}$ = 130 x 250

= 32,500 ลูเมน

$F_{(Flu)}$ = 90 x 36

= 3,240 ลูเมน

2.3.3 การหาค่าความสกปรก

ค่าความสกปรกของหลอดไฟ 1 หลอด หาได้จากการคำนวณปัจจัยการบำรุงรักษา (maintenance factor, MF) ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ สภาพความเสื่อมของหลอดไฟ (LLD) และ ความสกปรกของโคมไฟ (LDD) จะได้จากจากคู่มือหลอดหรือจากตารางที่มีการรวบรวมค่าไว้ตามชนิดของหลอด คือ ใช้ค่าที่แนะนำโดย สมบูรณ์ (2559 อ้างอิงจาก ประสิทธิ์ (2543)) ดังตารางที่ 1 มีการจัดประเภทออกตามระดับของความสะอาดเป็น 3 กลุ่ม คือ สกปรก ปานกลาง และ สะอาด

ตารางที่ 1 *ค่าปัจจัยการบำรุงรักษา*

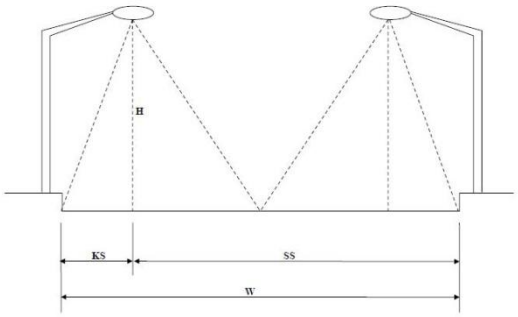
ระดับความสะอาด	LLD	LDD	MF
สะอาด	0.9	0.9	0.8
ปากลาง	0.9	0.8	0.7
สกปรก	0.9	0.7	0.6

(ที่มา: สมบูรณ์, 2559 อ้างอิงจาก ประสิทธิ์, 2543)

2.3.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (CU) โดยหาได้จากผลรวมของอัตราค่าสัมประสิทธิ์ด้านหน้าโคมและหลังโคมไฟ อัตราส่วนที่ใช้กำหนดจุดในกราฟสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

อัตราส่วนด้านหน้าโคมไฟ = $\frac{\text{ระยะหน้าโคม}}{\text{ความสูงของเสาไฟ}}$ .....(2)

อัตราส่วนด้านหลังโคม = $\frac{\text{ระยะด้านหลัง}}{\text{ความสูงของเสาไฟ}}$ .....(3)



รูปที่ 2 *การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (CU)*

(ที่มา: อทิสมัย, 2551)

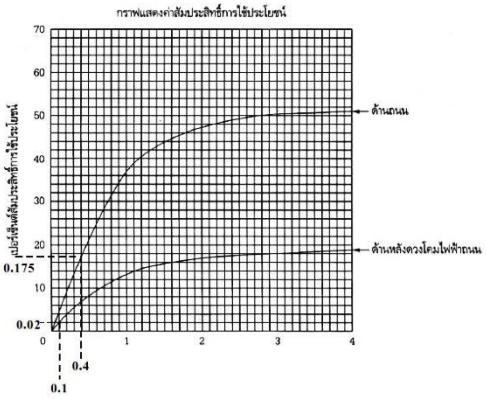
จากสมการที่ (2) และ (3) สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ ได้ ดังตัวอย่างเช่น เสาไฟสูง 10 เมตร และ ถนน 2 ช่องจราจร กว้าง 10 เมตร หลอดไฟยื่นเข้ามาในถนน 1 เมตร

อัตราส่วนด้านหลังโคม $= \frac{KS}{H}$

อัตราส่วนด้านถนน $= \frac{SS}{H}$

จะได้ อัตราส่วนหลังโคม $= \frac{1}{10} = 0.1$

อัตราส่วนด้านถนน $= \frac{4}{10} = 0.4$



รูปที่ 3 *การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (CU)*

(ที่มา: อทิสมัย, 2551)

ดังนั้น การหาค่า สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (CU) โดยกำหนดอัตราส่วนทั้งสองลงในกราฟดังรูปที่ 3 จะได้

$$CU = 0.02 + 0.175 = 0.195$$

ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของหลอดไฟ 1 หลอดมีค่าเท่ากับ 0.195

2.3.5 การคำนวณหาค่าความสว่าง (E)

ความสว่าง (Illuminance, E) เป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งบางครั้งเรียกว่าระดับความสว่าง (lighting level) เป็นค่าที่แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความสว่างเพียงพอหรือไม่ มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) มีสมการดังนี้

$$E_normal = \frac{F \times Cu}{S \times W} \quad \text{.....(4)}$$

$$E_co = \frac{F \times Cu \times MFco}{S \times W} \quad \text{.....(5)}$$

$$E_pm10 = \frac{F \times Cu \times MFpm10}{S \times W} \quad \text{.....(6)}$$

โดยที่

S คือ ระยะห่างของเสาไฟถนน (m)

W คือ ความกว้างของถนน (m)

F คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)

CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

MF คือ ปัจจัยการดูแลรักษาปกติ

MFco คือ ปัจจัยการดูแลรักษาที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศชนิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co)

MFpm10 คือ ปัจจัยการดูแลรักษาที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศชนิดฝุ่นละออง (pm10)

จากสมการที่ (4) ยกตัวอย่าง หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) ประสิทธิภาพสว่างเฉลี่ย 3,240 lm/w ถนน กว้าง 10 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เท่ากับ 0.195 เสาไฟสูง 10 เมตร ระยะห่างระหว่างเสาไฟแต่ละต้นคือ 30 จะมีค่าความสว่างเท่ากับ

$$E = \frac{3{,}240 \times 0.195}{10 \times 30}$$

$$E = \frac{631.8}{300}$$

$$E = 2.106 \text{ ลักซ์ (lux)}$$

ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) มีค่าเท่ากับ 2.106 ลักซ์ ต่อหนึ่งหลอด

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.4.1 Inverse Distance Weight (IDW)

เป็นการประมาณค่าบนสมมติฐานที่ว่าจุดที่ยังไม่ทราบค่านั้นควรมีอิทธิพลจากจุดควบคุมที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดควบคุมที่อยู่ไกล ระดับของอิทธิพล (Degree of Influence, or the Weight) แสดงในรูปผลกลับ (Inverse) ของระยะทางระหว่างจุด ซึ่งเพิ่มขึ้นตามค่ากำลัง (Power Number) ค่ากำลังแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าจากจุดใกล้ไปยังจุดไกล โดยมีรูปแบบของสมการดังนี้

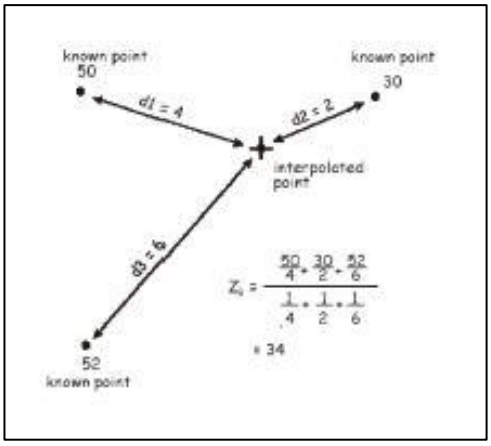
$$z_j = \frac{\sum_i \left(\frac{z_i}{d_{ij}^n} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{d_{ij}^n} \right)} \quad \text{.....(7)}$$

โดย z_i = เป็นค่าของจุดที่ทราบค่า

d_{ij} = เป็นระยะทางจากจุดที่ทราบค่า

z_j = เป็นจุดที่ไม่ทราบค่า

n = เป็นเลขยกกำลังที่ผู้ใช้เลือก (มักเป็น 1, 2, 3)



รูปที่ 4 *การประมาณค่าด้วยวิธี IDW*

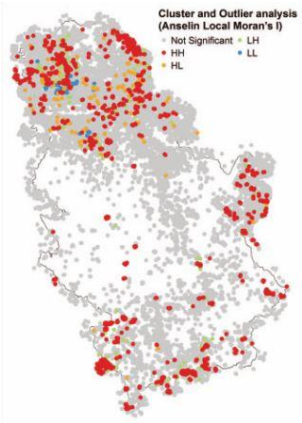
(**ที่มา:** สัญชัย, 2554)

โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประมาณค่านี้ในการหาค่าการกระจายของมลพิษจากจุดที่มีการนับรถและคำนวณหาค่าของมลพิษในแต่ละจุด จากนั้นจึงนำข้อมูลการกระจายของมลพิษไปจัดกลุ่มระดับของการกระจายของมลพิษด้วยการทำ Clustering

2.4.2 การจัดกลุ่ม (Clustering)

เป็นวิธีการที่พิจารณาข้อมูลแต่ละแถวเสมือนเป็นวัตถุ (object) ซึ่งจะมีหลักการเหมือนกับการจำแนกประเภทข้อมูล คือจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (คลัสเตอร์) โดยจะจัดให้ข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันอยู่ในคลัสเตอร์เดียวกัน และข้อมูลที่อยู่ต่างคลัสเตอร์กันจะมีความ

คล้ายคลึงกันน้อยที่สุด ซึ่งความเหมือนหรือต่างกันสามารถเปรียบเทียบได้กับความใกล้ชิดกันของวัตถุใดๆ โดยใช้ระยะทางเป็นตัวชี้วัด คุณภาพของแต่ละคลัสเตอร์สามารถอธิบายได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางของคลัสเตอร์ (diameter) ซึ่งแสดงระยะห่างมากสุดของวัตถุสองชิ้นที่อยู่ในคลัสเตอร์เดียวกัน



***รูปที่ 5** เทคนิคการจัดกลุ่ม*

(ที่มา: Vojkan, 2556)

2.4.3 การประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่ (Kernel)

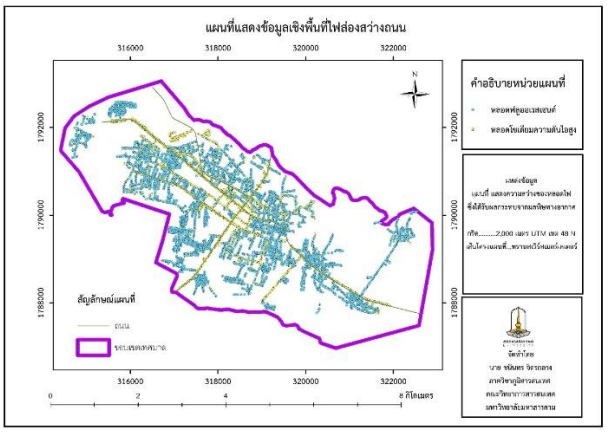
เทคนิคการประมาณค่าความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล เป็นวิธีการหนึ่งของการวัดการกระจายตัวของจุด (Point Pattern analysis) ซึ่งอยู่ในหลักของการปริมาณวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์ หลักการของการประมาณค่าความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (Kernel) คือการ กำหนดรัศมี (Radius) ตามที่กำหนดเพื่อหาความหนาแน่น (สัญชัย, 2554) เช่น กำหนดให้รัศมีของจุด คือ 10 เมตร ตามระยะของความกว้างของถนน และให้คำนวณความหนาแน่นระหว่างจุดทุกๆ ระยะ 30 เมตร ตามระยะความห่างของเสาไฟแต่ละต้น โดยนำค่าความส่องสว่างของหลอดไฟที่คำนวณได้แต่ละหลอดมาวิเคราะห์ค่าความการกระจายตัวของแสง

3. ผลการดำเนินงาน

3.1 สำรวจข้อมูลเสาไฟ

จากการสำรวจข้อมูลเสาไฟ หลอดไฟ ความระยะห่างระหว่างต้น และความกว้างของถนน พบว่ามีเสาไฟส่องสว่างถนนอยู่ทั้งหมด 5,080 ต้น ทั้งกิ่งคู่และกิ่งเดี่ยว ประเภทหลอดไฟแสงสว่างถนนที่ใช้ในปัจจุบันอยู่ 2 ประเภท คือหลอด โซเดียมความดันไอสูง (HPS) และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) โดยใช้เครื่องมือระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก **(GPS)** และการบันทึกข้อมูลของเสาไฟแต่ละต้น

จากนั้นนำข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลต่างๆ ที่จดบันทึกได้ นำเข้าในโปรแกรมและจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 6



***รูปที่ 6** ตำแหน่งเสาไฟส่องสว่างถนนในเขตเทศบาล*

จากการสำรวจข้อมูลสรุปข้อมูลเสาไฟและหลอดไฟในพื้นที่ศึกษาเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จำนวนทั้งสิ้น 5,080 ต้น โดยแยกตามชนิดของหลอดไฟ ได้ดังตารางที่ 2 และ 3

***ตารางที่ 2** ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ*

ชนิดหลอด	ขนาดความกว้างของถนน		ระยะห่างระหว่างเสา
	2 เลน	4 เลน	
ฟลูออเรสเซนต์ (Flu)	10 เมตร	20 เมตร	30 เมตร
โซเดียมความดันไอสูง (HPS)	10 เมตร	20 เมตร	30 เมตร

***ตารางที่ 3** ประเภทและจำนวนของเสาไฟส่องสว่าง*

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์/ต้น)	จำนวน (ต้น)	กิ่งคู่ (ต้น)	กิ่งเดี่ยว (ต้น)
ฟลูออเรสเซนต์	36	3,717	3	3,714
โซเดียมความดันไอสูง	250	1,363	307	1,056

3.2 สำรวจข้อมูลมลพิษ โดยการสำรวจ นับปริมาณรถในถนนสายหลัก และถนนสายรอง บริเวณเขตชุมชนเมืองหนาแน่น โดยนับรถทุกชนิด ในช่วงเวลา 18.00-19.00 น. คือ

วันจันทร์ วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ ซึ่งปริมาณของมลพิษจะส่งผลกระทบต่อความสว่างของหลอดไฟ โดยไปเกาะที่โคมไฟหรือหลอดไฟ ซึ่งจะลดทอนความสว่างของแสง ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาค่ำ และมีการจราจรมาก

ตารางที่ 4 *รายละเอียดของจุดนับรถ*

จุดที่	ตำแหน่งจุดนับรถ	ชื่อถนน
1	หน้าโรงพยาบาล	ผดุงวิถี
2	หน้าสถานีตำรวจ	โพธิ์ศรี 2
3	ร้านเฮียเปียวหมูกระทะ	สมถวิลราษฎร์
4	สามแยกกาฬสินธุ์	แยกกาฬสินธุ์
5	การประปา	มหาชัยดำริห์

ตารางที่ 5 *จำนวนรถที่นับได้ในแต่ละจุด*

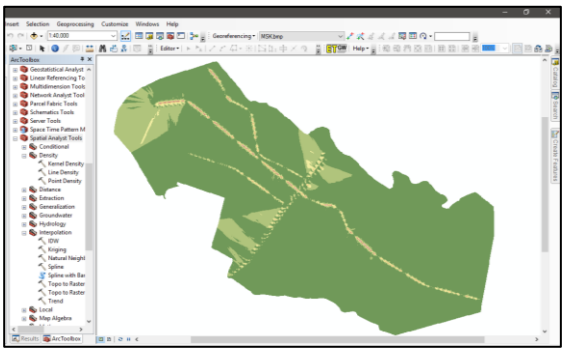
จุดที่	จำนวนรถ (คัน)			
	จันทร์	พฤหัสบดี	เสาร์	ค่าเฉลี่ย
1	1,891	1,553	1,478	1,640
2	2,069	1,343	1,541	1,651
3	2,134	1,139	1,252	1,508
4	2,251	2,124	2,295	2,223
5	1,481	1,577	1,664	1,574

ดังแสดงในรูปที่ 6 ตำแหน่งนับรถในพื้นที่เทศบาลเมืองมหาสารคาม

รูปที่ 7 *ตำแหน่งจุดนับรถ*

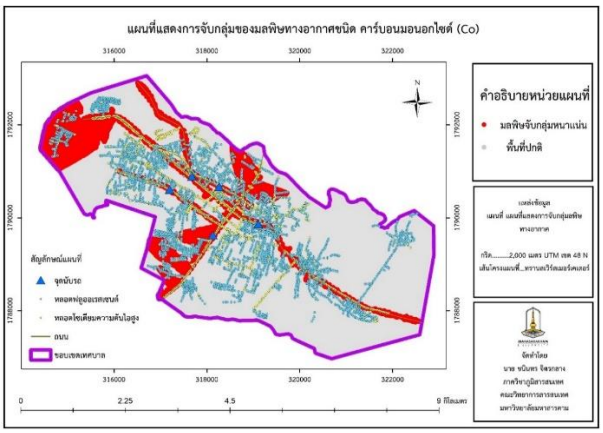
3.3 การวิเคราะห์การจับกลุ่มของมลพิษข้อมูลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากการบันทึกข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณถนนสายหลัก ถนนในเขตชุมชน ณ จุดนับรถ ทั้ง 5 จุด ในข้อ 3.2 นำเข้าข้อมูลวิเคราะห์กระจายตัวของมลพิษ จากโปรแกรม CALINE4 และแสดงผลเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังรูปที่ 8

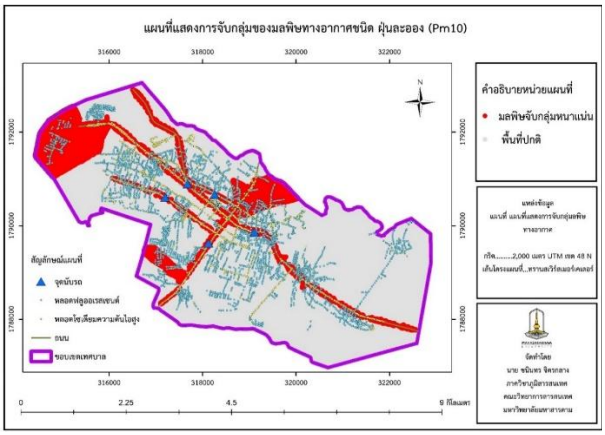


รูปที่ 8 *การกระจายตัวของมลพิษ*

จากนั้น นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้านมลพิษแล้ว นำไปวิเคราะห์ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยการหาค่าการกระจายตัว (IDW) และหาค่าการจับกลุ่มของมลพิษด้วย (Clustering) พบว่ามีมลพิษจับกลุ่มหนาแน่นในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น โดยมีทิศทางกับความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญในการพัดพากลุ่มมลพิษกระจายตัวไปในทิศทางต่างๆ และพบว่า มีการจับกลุ่มของมลพิษอย่างหนาแน่นในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น อีกทั้งยังได้รับอิทธิผลจากการพัดพาของกระแสลมส่งผลให้การกระจายของมลพิษไปในทิศทางต่างๆ สามารถแสดงแผนที่การจับกลุ่มของมลพิษทางอากาศชนิดคาร์บอนมอนนอกไซด์ และ ฝุ่นละออง ได้ดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



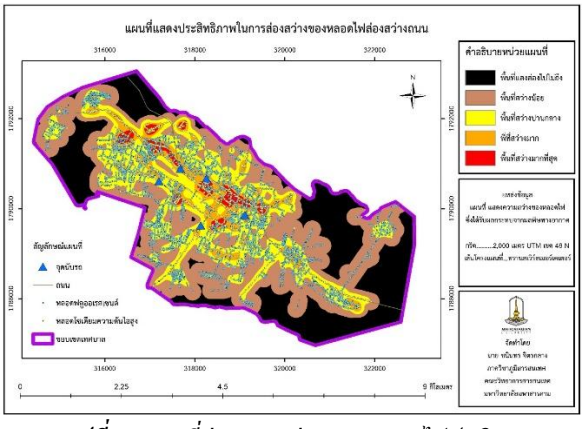
รูปที่ 9 *แผนที่การจับกลุ่มของคาร์บอนมอนอกไซด์ (C0)*



รูปที่ 10 *แผนที่การจับกลุ่มของฝุ่นละออง (Pm10)*

3.4 การวิเคราะห์ความส่องสว่างของหลอดไฟ

จากการคำนวณหาค่าความสว่างของหลอดไฟแต่ละต้นแล้ว นำข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จัดทำไว้แล้วในข้อ 3.1 แล้ววิเคราะห์ค่าความกระจายตัวของความสว่างด้วยเทคนิค Kernel จากการสร้างแผนที่แสดงความส่องสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนนทำให้เห็นว่าในแต่ละพื้นที่การกระจายแสงสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนนนั้นกระจายแสงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพโดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองที่มีความต้องการแสงสว่างในปริมาณมาก ส่วนการกระจายแสงสว่างในเขตพื้นที่ต่างๆทั่วเขตเทศบาลสามารถกระจายแสงได้อย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่และเพียงพอต่อความต้องการแสงสว่างของผู้คนที่สัญจรไปมาในเวลากลางคืน



รูปที่ 11 *แผนที่ค่าความสว่างของหลอดไฟปกติ*

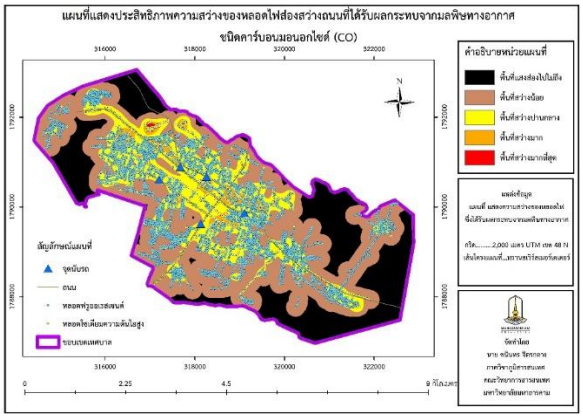
3.5 การวิเคราะห์ความส่องสว่างของหลอดไฟที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ

จากการวิเคราะห์อัตราของมลพิษทางอากาศชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ และฝุ่นละออง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ ตามข้อ 2.3.5 แล้ว และผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของสมการหาค่าความสว่างทั้ง 3 ค่า แล้วนำค่าความสว่างทั้ง 3 ค่าของเสาไฟแต่ละต้น บันทึกลงในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ได้จัดทำขึ้นในข้อ 3.1 พบว่าปัจจัยมลพิษส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างลดลงเกือบเท่าตัว จากการตรวจสอบข้อมูลในฐานข้อมูลของจุดนับรถ ทั้ง 5 จุด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 6 *เปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าความสว่างของหลอดไฟ*

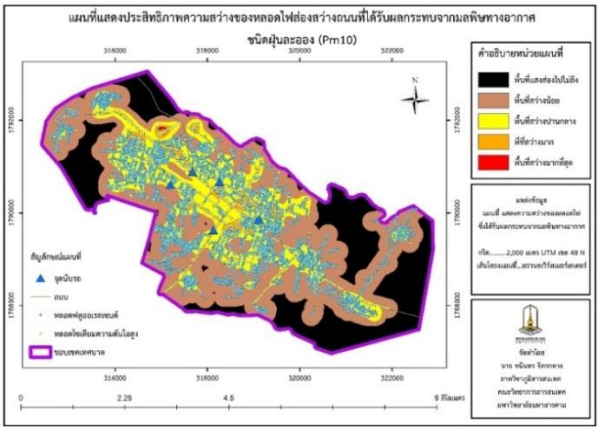
หลอดที่	ชนิดของหลอด	ค่าความสว่างปกติ	ความสว่างได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ	
			CO	Pm10
1	HPS	10.56	6.33	6.33
2	HPS	10.56	6.33	6.33
3	HPS	10.56	6.33	6.33
4	Flu	2.106	1.26	1.26
5	Flu	2.106	1.26	1.26

จากนั้น นำผลลัพธ์ที่ได้ในฐานข้อมูล มาสร้างแผนที่ความสามารถในการส่องสว่างของหลอดไฟในกรณีปกติและกรณีที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ ผลที่ได้จากการจัดทำแผนที่แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ พบว่าบริเวณตำแหน่งเสาไฟที่อยู่ในบริเวณการกระจายตัวของมลพิษจะส่งผลให้เกิดผลกระทบกับหลอดไฟและโคมครอบทำให้เกิดความสกปรกและบดบังแสงสว่างจากหลอดไฟ จึงเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างลดลง ดังรูปที่ 12 และ 13



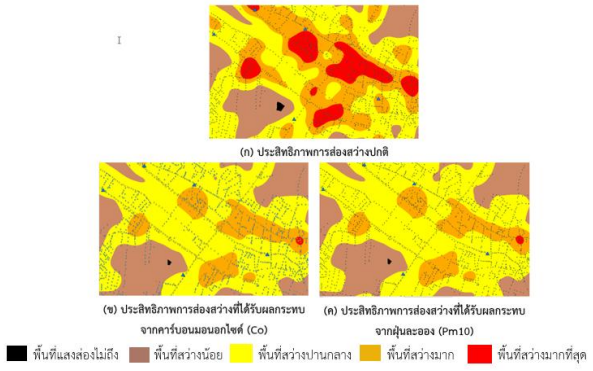
รูปที่ 12 *แผนที่ค่าความสว่างของหลอดไฟที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Co)*

ผลการจัดทำแผนที่แสดงประสิทธิภาพความสว่างของหลอดไฟที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศชนิดดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 *แผนที่ค่าความสว่างของหลอดไฟที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ ฝุ่นละออง (Pm10)*

จากการเปรียบเทียบภาพแผนที่ขนาดมาตราส่วนที่เท่ากัน ณ บริเวณเดียวกัน ของถนนสายหลัก มีจำนวนเสาไฟตามท้องถนน และมีการจราจรมาก ในพื้นที่ในกลางเมือง พบว่า มีค่าของความสว่างของหลอดไฟลดลงอย่างเห็นได้ชัด ด้วยการแสดงด้วยแผนที่ ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 *เปรียบเทียบประสิทธิภาพความส่องสว่าง โดยปรับขนาดของ Map scale ที่ 1: 10,000*

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพความส่องสว่างพบว่า ค่าความสว่างปกติของหลอด โซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) มีค่า 10.56 ลักซ์ (lux) และ 2.16 ลักซ์ (lux) ตามลำดับ เมื่อมีผลกระทบจากมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) และ ฝุ่นละออง (Pm10) ทำให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) ลดลงเหลือ 6.33 ลักซ์ (lux) และ 1.26 ลักซ์ (lux) ตามลำดับ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นทำให้ทราบว่าเมื่อหลอดไฟส่องสว่างถนนได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศทำให้ หลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) มีประสิทธิภาพความส่องสว่างลดลงถึงร้อยละ 40 และ 41.67 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า มลพิษทางอากาศมีผลต่อความส่องสว่างของหลอดไฟ และทำให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟลดลงทำให้บางพื้นที่ได้รับความส่องสว่างที่ไม่เพียงพอ

4. บทสรุป

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ กรณีศึกษา เทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยการคำนวณหาค่าการส่องสว่างของหลอดไฟทั้งสองประเภท คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดโซเดียมความดันไอสูง ซึ่งทั้งสองหลอดจะมีค่าที่แตกต่างกัน คือ มีกำลังไฟขนาด 36 และ 250 วัตต์ และมีค่าประสิทธิผล 90 และ 130 ลูเมนต่อวัตต์ ตามลำดับ ซึ่งค่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างของแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเสาไฟแต่ละต้น และบันทึกตำแหน่งด้วยเครื่อง GPS จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของตำแหน่งเสาไฟทุกต้น จำนวน 5,080 ต้น แบ่งเป็นหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) กิ่งเดี่ยว 1,056 ต้น และกิ่งคู่ 307 ต้น หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) กิ่งเดี่ยว 3,714 ต้น และกิ่งคู่ 3 ต้น ติดตั้งบนเสาไฟที่ความสูง 10 เมตร และระยะห่างระหว่างเสาไฟแต่ละต้นคือ 30 เมตร คำนวณหาค่าความส่องสว่างของหลอดไฟแต่ละประเภท และบันทึกในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของเสาแต่ละต้น

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามลพิษทางอากาศ โดยการกำหนดจุดนับรถ จำนวน 5 จุด บริเวณถนนสายหลักและสายรอง และเป็นบริเวณที่มีการจราจรมาก นับรถทุกชนิด ในช่วงเวลา 18.00-19.00 น. คือวันจันทร์ วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เริ่มมีการเปิดไฟส่องสว่างถนน และมีปริมาณรถจำนวนมาก นำผลจำนวนรถที่นับได้ ไปคำนวณโปรแกรม CALINE4 จะได้ค่าของมลพิษทั้งชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ และ ชนิดฝุ่นละออง และนำค่าที่ได้เข้าสู่โปรแกรมภูมิสารสนเทศ เพื่อทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค IDW ดูค่าการกระจายของมลพิษ จากนั้นทำการ

จับกลุ่ม ด้วยเทคนิค Clustering เพื่อแบ่งกลุ่มการกระจายของมลพิษ แล้วแสดงผลในรูปแบบเชิงพื้นที่ แสดงแผนที่การกระจายของมลพิษ

จากนั้นทำการคำนวณค่าความสว่างของหลอดไฟกรณีที่มีผลกระทบจากค่ามลพิษทางอากาศทั้งสองชนิด นำมาเปรียบเทียบกับความส่องสว่างที่คำนวณโดยค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟปกติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ทำการสร้างแผนที่แสดงประสิทธิภาพความส่องส่องสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนนที่กรณีได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศชนิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และฝุ่นละออง (Pm10) จะเห็นว่าแผนที่แสดงประสิทธิภาพความสว่างของไฟส่องสว่างถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษในเขตชุมชนเมืองเกือบทั้งหมดขาดแสงสว่างมากที่สุดไป นั่นเป็นเพราะความสว่างได้ถูกบดบังหรือทำให้ลดลงด้วยปัจจัยมลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุ และอาจจะส่งผลกระทบต่อผู้สัญจรไปมาในตอนกลางคืน จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพความส่องสว่างพบว่า ค่าความสว่างปกติของหลอด โซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) มีค่า 10.56 ลักซ์ (lux) และ 2.16 ลักซ์ (lux) ตามลำดับ เมื่อมีผลกระทบจากมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ฝุ่นละออง (Pm10) ทำให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flu) ลดลงเหลือ 6.33 ลักซ์ (lux) และ 1.26 ลักซ์ (lux) ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพความส่องสว่างลดลงถึงร้อยละ 40 และ 41.67 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความสามารถในการกระจายแสงสว่างครอบคลุมเพียงพอต่อพื้นที่ต่างๆทั้งถนนหลักที่ต้องการแสงที่สว่างมาก และตรอกซอยในเขตชุมชนก็มีความทั่วถึง ส่งผลให้ป้องการเกิดอุบัติเหตุและป้องกันเหตุอาชยากรรมได้เป็นอย่างดี โดยค่าเฉลี่ยความสว่างอยู่ที่ 5.61 ลักซ์ (lux) ต่อเสาไฟหนึ่งต้น

โดยผลการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ มาช่วยในการแสดงค่าความส่องสว่างของหลอดไฟในเชิงพื้นที่ จะช่วยให้สามารถมองเห็นความสามารถในการส่องสว่างของหลอดไฟส่องสว่างถนนได้ดีกว่าข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสามารถระบุข้อมูลเชิงตำแหน่งได้อย่างถูกต้อง และช่วยเจ้าหน้าที่ในการติดตาม ดูแล และการบริหารจัดการชุมชนในเรื่องความสว่าง ความปลอดภัย และงบประมาณในการซ่อมบำรุง อีกทั้ง หากมีผู้ที่สนใจนำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่นี้ไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ปริมาณค่าไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าของเสาแต่ละต้น ก็จะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวงชนบท, สำนักอำนวยความปลอดภัย. (2559) *คู่มือการแนะนำการออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟสัญญาณจราจร*. เข้าถึงเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2559สืบค้นได้จาก: http://trafficsafety.drr.go.th/upload/download/8__Front_16.pdf

[2] สมบูรณ์ รัตนพลแสน (2559) *การลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าสาธารณะ กรณีศึกษา เทศบาลเมืองมหาสารคาม*. (วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี). เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560

[3] อทิสมัย โสพัน (2551) *การออกแบบระบบส่องสว่าง ไฟถนน*. [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.teacher.ssru.ac.th/athisamai_so/file.php/1/L7_Slide_road_lighting_design [สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2559]

[4] สัญชัย เอี่ยมประเสริฐ (2554) *การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[5] Vojkan Gajovic, (2013). *Spatial and temporal analysis of fires in Serbia for period 2000-2013. (Faculty of Geography – University of Belgrade)*สืบค้นได้จาก: https://www.researchgate.net/Publication/274826510_Spatial_and_temporal_analysis_of_fires_in_Serbia_for_period_2000-2013