

การประยุกต์การรับรู้จากระยะไกลเพื่อศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อ
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว กรณีศึกษา เทศบาลนครนครสวรรค์
Application of Remote Sensing for Studying Influence
between Green Areas and Land Surface Temperature,
a Case Study of Nakhon Sawan Municipality Area

นราธิป เฟ่งพิศ*, วรธนนันท์ ใจสะอาด และไชยา อุชชนะภัย

สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

Narathip Phengphit*, Wattananan Jaisa-ard and Chaiya Uchanapai

Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences,
Nakhon Sawan Rajabhat University, Muang, Nakhon Sawan, 60000

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวและสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจากดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินรวมถึงอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิว ผลการศึกษาพบว่าเทศบาลนครสวรรค์มีค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน 0.4323 หรือคิดเป็น 43.23 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมดและมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย 27.25 องศาเซลเซียส ซึ่งพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่มีอุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย และมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อศึกษาความสัมพันธ์พบว่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินมีความสัมพันธ์ทางลบกับอุณหภูมิพื้นผิวมีค่าสหสัมพันธ์ (R) -0.8610 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.7413 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สามารถอธิบายอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวว่าถ้าพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยก็จะลดลงในทิศทางตรงข้าม เมื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิวจากสมการถดถอยเชิงเส้นพบว่าถ้าเทศบาลนครสวรรค์ไม่มีพื้นที่สีเขียว อุณหภูมิพื้นผิวจะเพิ่มขึ้นเป็น 30.21 องศาเซลเซียส แต่หากพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ อุณหภูมิพื้นผิวจะลดลงเป็น 26.32 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE ของสมการ 0.38 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : การรับรู้จากระยะไกล; อุณหภูมิพื้นผิว; พื้นที่สีเขียว

Abstract

This study aims to apply remote sensing and geographic information system for estimating land surface temperature (LST) and fractional vegetation cover (FVC) from Landsat-8 satellite image in Nakhon Sawan municipality area. LST was obtained by brightness temperature then FVC was estimated based on normalization vegetation difference index (NDVI). Moreover, LST and FVC were analyzed to determine the correlation. These data were used to study the influence of green area which affects the temperature changes. Furthermore, linear regression was created to predict land surface temperature. The result shows that Nakhon Sawan municipality area had an average FVC and LST of 0.4323 or 43.23 percent and 27.25 degree Celsius, respectively. Moreover, land surface temperatures in urban area, which were covered by a lot of building, are higher than that of the forest or agricultural area. Furthermore, these temperatures are also higher than an average of LST. The result also showed r correlation at -0.8610 and (R^2) 0.7413 at significance level 0.01 which had explained the influence of green areas. If green areas increase, an average of LST will be decrease in opposite direction. When LST is predicted LST by linear regression that show, if Nakhon Sawan municipality had not green areas, the average of LST would have 30.21 degree Celsius but if green areas of 60 percent, the average of LST would have 26.32 degree Celsius, which have RMSE of equation $+0.38$ degree Celsius.

Keywords: remote sensing; land surface temperature; green area

1. บทนำ

โดยปกติพื้นที่สีเขียว (ต้นไม้) จะมีหน้าที่ดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงให้ร่มเงาและความชุ่มชื้นแก่อากาศใกล้พื้นดิน ทำให้อุณหภูมิลดลง ตรงกันข้ามเมื่อพื้นที่สีเขียวลดลงและพื้นผิวที่เป็นคอนกรีตหรือพื้นดินดูดซับพลังงานและสะสมความร้อนไว้โดยตรงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในทางเดียวกันการเพิ่มขึ้นของชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่และการลดลงของพื้นที่สีเขียวได้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง (urban heat island) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่บริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นมีอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นดินสูงกว่าบริเวณพื้นที่โดยรอบ

ที่อยู่ถัดไป เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม [1] การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทิศทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อชีวิตมนุษย์ ผลกระทบทางตรง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปัญหาสุขภาพที่เกิดความเครียด [2] หรือบางครั้งอาจถึงขั้นเสียชีวิตเนื่องมาจากอากาศที่ร้อนจัด ส่วนผลกระทบทางอ้อม คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขนาดเล็ก (micro climate) ที่ทำให้บริเวณพื้นที่เมืองมีภูมิอากาศที่ต่างจากพื้นที่อื่น ๆ อาจมีการเปลี่ยนแปลงของลมประจำถิ่น การเกิดเมฆ หมอก ความชื้น และหยาดน้ำฟ้าต่าง ๆ เช่น ฝน น้ำค้าง ทำให้สภาพอากาศแปรปรวน พิษผลทางการเกษตรเสียหาย และส่งผลต่อรายได้ของประชาชน ดังนั้นการลดหรือ

ชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจึงเป็นประเด็นที่ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตระหนักถึงและมีการกำหนดมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนการรณรงค์ในการเพิ่มพื้นที่สีเขียว ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในกลุ่มประเทศนั้น

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2559 จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 393,176 ไร่ หรือร้อยละ 6.56 ของพื้นที่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 ประมาณ 52,621 ไร่ หรือร้อยละ 0.88 [3] ถึงแม้จะมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพียงเล็กน้อย แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้อุณหภูมิของจังหวัดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะบริเวณเขตเมือง โดยค่ามาตรฐานอุณหภูมิอากาศ 30 ปี ของสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2553 ของทุกเดือน มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุณหภูมิอากาศ ในปี พ.ศ. 2504-2533 และเห็นเด่นชัดเจนที่สุดในฤดูหนาวและฤดูฝน แม้ว่าจังหวัดนครสวรรค์จะยังมีพื้นที่สีเขียว (พื้นที่ป่าไม้) มากกว่าพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างอยู่ประมาณร้อยละ 3.44 แต่พื้นที่ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในอำเภอแม่วงก์และอำเภอแม่เปิน ส่วนอำเภอเมืองนครสวรรค์ที่เป็นศูนย์กลางความเจริญของเมืองมีพื้นที่ป่าไม้เพียงเล็กน้อย จึงอนุมานว่าพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างภายในพื้นที่อำเภอเมืองมีความแตกต่างกันมาก อีกทั้งในปี พ.ศ. 2561 จังหวัดนครสวรรค์ (เทศบาลนครนครสวรรค์) ได้รับคัดเลือกเป็นต้นแบบของเมืองนิเวศที่ราบลุ่มแม่น้ำ เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองและชุมชนที่ [4] ซึ่งการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่อยู่ในแผนการพัฒนาเมืองต้นแบบระบบนิเวศ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเทศบาลนครนครสวรรค์เป็นพื้นที่สำหรับศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวและชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวตามนโยบายเมืองสีเขียว (green) ที่เมืองต้องประกอบด้วยพื้นที่ที่มีพันธุ์ไม้หรือพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่สีเขียวที่มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของประชากร ควบคุมการใช้พื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ธรรมชาติอื่น เพื่อให้เหลือพื้นที่สีเขียวมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะสนับสนุนแนวคิดสำหรับการใช้พื้นที่สีเขียวลดอุณหภูมิของเทศบาลนครนครสวรรค์ โดยใช้เทคนิคการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing, RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information systems, GIS) ร่วมกับสมการคณิตศาสตร์ในการประเมิน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ประยุกต์การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวและสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน จากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-8 เทศบาลนครนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน เทศบาลนครนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

2.3 ศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว เทศบาลนครนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

3. ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในพื้นที่เทศบาลนครสวรรค์ ด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

Landsat-8 ระบบ TIRS-1 (thermal infrared sensor) ในการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิว (land surface temperature, LST) และระบบ OLI (operational land image) ในการประเมินสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (fractional vegetation cover, FVC) มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสอง รวมถึงสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับคาดการณ์อุณหภูมิ

พื้นผิวเฉลี่ยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของพื้นที่สีเขียว ซึ่งเทศบาลนครนครสวรรค์มีพื้นที่ 27.87 ตารางกิโลเมตร หรือ 17,419 ไร่ ครอบคลุม 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลปากน้ำโพทั้งตำบล บางส่วนของตำบลนครสวรรค์ตก ตำบลนครสวรรค์ออก ตำบลวัดไพร และตำบลแควใหญ่ แสดงได้ดังรูปที่ 1

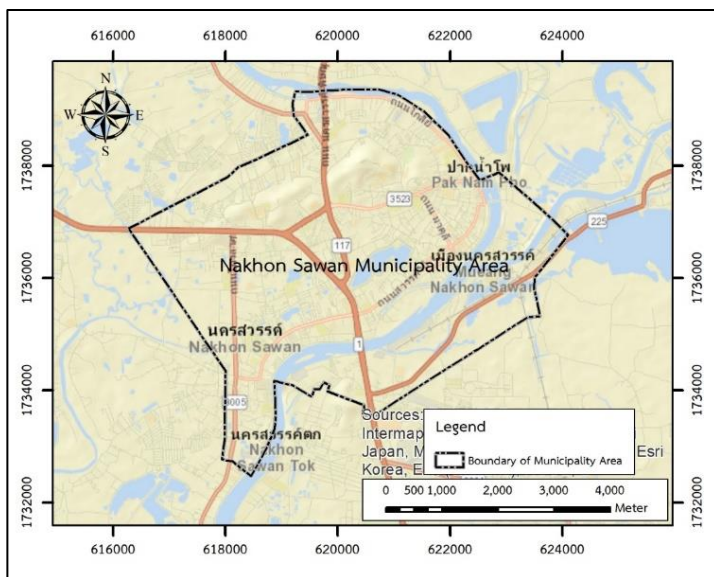


Figure 1 Map of boundary, Nakhon Sawan municipality area

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง คือ ปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิของบริเวณพื้นที่ชุมชนเมือง และสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชนบทในบริเวณโดยรอบ ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อความต้องการใช้พลังงานในช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ [5] โดยทั่วไปปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในบรรยากาศแบ่งเป็น 2 รูปแบบหลัก คือ (1) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของบรรยากาศที่สูงกว่าเรือนยอดต้นไม้ และ (2) ปรากฏการณ์เกาะความร้อนของ

บรรยากาศที่ต่ำกว่าเรือนยอดต้นไม้ ซึ่งเกิดกับอากาศบริเวณเหนือพื้นดินและส่งผลกระทบทางตรงกับมนุษย์หนึ่งในสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมือง คือ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นผลกระทบทางตรงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว [6] เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามอุณหภูมิพื้นผิวผ่านกระบวนการถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศ [7] เป็นผลให้อากาศใกล้พื้นผิวมีอุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวสามารถตรวจวัดได้ 2 รูปแบบ

ใหญ่ คือ (1) การนำเทอร์โมมิเตอร์ไปตรวจวัดโดยการสัมผัสกับวัตถุโดยตรง และ (2) การใช้เทคนิคด้านการรับรู้จากระยะไกล โดยอาศัยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวความคิดวัตถุดำ (black body) ซึ่งอธิบายได้โดยกฎของพลังค์ (Planck's law) ดังสมการ

$$M_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5 e^{hc/(\lambda kT)} - 1} \quad (1)$$

เมื่อ M_λ คือ การแผ่รังสีของวัตถุ หน่วย $Wm^{-2}\mu m$; h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (6.626×10^{-34}) หน่วย js; C คือ ความเร็วแสง (2.9979246×10^8) หน่วย ms^{-1} ; k คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann (1.3806×10^{-3}) หน่วย JK^{-1} ; T คือ ค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ (absolute temperature) หน่วย $^{\circ}K$; λ คือ ความยาวคลื่น หน่วย μm

สมการที่ 1 อธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (wave length) อุณหภูมิและการแผ่รังสีของวัตถุที่พบว่าการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบแปรผันส่วนความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ และช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวของโลกคือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน มีความยาวคลื่นประมาณ 9-10 ไมโครเมตร ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเทคนิคด้านการรับรู้จากระยะไกลเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ ซึ่งสามารถครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่มากกว่าการตรวจวัดอุณหภูมิจากผิวของวัตถุโดยตรง

อีกทางหนึ่ง เทคนิคด้านการรับรู้ระยะไกลสามารถนำมาประเมินความสมบูรณ์ของพืชพรรณตัวอย่าง เช่น ดัชนีพืชพรรณ NDVI (normalized difference vegetation index) ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างการสะท้อน (reflection) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (infrared band) และช่วงคลื่นสีแดง (red band) ซึ่งคลอโรฟิลล์ของพืชจะเป็น

ปัจจัยหลักในการสะท้อนหรือดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสีแดง ถ้าพืชมีความสมบูรณ์มากพืชดูดกลืนช่วงคลื่นสีแดง อีกทางหนึ่ง โครงสร้างของใบพืช โดยเฉพาะจำนวนชั้นของใบจะเป็นปัจจัยกำหนดค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ยังมีจำนวนชั้นของใบมากยิ่งสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สูง ดังนั้นถ้าพืชมีคลอโรฟิลล์และจำนวนชั้นของใบมาก NDVI ที่ได้รับการวิเคราะห์จะมีค่าสูง และอธิบายได้ว่าพืชดังกล่าวมีความสมบูรณ์มาก นอกจากนี้ดัชนีพืชพรรณ NDVI ยังเป็นเทคนิคพื้นฐานที่นำมาวิเคราะห์และประเมินสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (fractional vegetation cover, FVC) ได้เป็นอย่างดี ซึ่ง FVC เป็นอัตราส่วนของพืชจากภาพถ่ายในแนวดิ่ง โดยคำนวณจากกิ่งก้านและใบของพืชบนพื้นดินที่ปรากฏต่อพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการชี้วัดการปกคลุมดินของพืช สำหรับการประมาณค่า FVC อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่าดัชนีพืชพรรณของพืช (NDVIv) และค่าดัชนีพืชพรรณของดิน (NDVIs) ทำได้ยาก จึงใช้ออนุกรมเวลา (time series) ของดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยใช้ค่าสูงสุดที่พบในอนุกรมเวลาเป็นค่า NDVIv และค่าต่ำสุดของอนุกรมเวลาเป็นค่า NDVIs [8,9] แต่อีกทางหนึ่ง นักวิจัยบางคนได้เลือกค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษามาใช้แทนค่า NDVIv และ NDVIs ตามลำดับ ทั้งนี้ความแม่นยำของการประมาณค่า FVC จะขึ้นอยู่กับแต่ละจุดภาพ (pixel) ว่ามีการผสมหรือปะปนของสิ่งปกคลุมดินมากน้อยแค่ไหน [10]

ที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเทคนิคทางด้านการรับรู้จากระยะไกลสามารถนำมาประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวและสามารถประเมินสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยจำนวนมากพบว่าพื้นที่สีเขียว พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว

พงศธร และคณะ [11] ได้ประเมินผลกระทบของอุณหภูมิพื้นผิวที่แตกต่างกันในเขตภูมิอากาศเมืองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยการประยุกต์ข้อมูลจากดาวเทียม และใช้ดัชนีพืชพรรณวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกับอุณหภูมิ พบว่าระดับความเข้มข้นของดัชนีพืชพรรณสูงจะช่วยลดภาวะเกาะความร้อนของเมืองได้ ในทางตรงข้าม หากในพื้นที่มีดัชนีพืชพรรณต่ำ อุณหภูมิในพื้นที่ก็จะเพิ่มขึ้น

สมศิริ และภาวิณี [12] ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่าการลดลงของพืชพรรณในพื้นที่เมืองเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อน โดยให้เหตุผลว่าต้นไม้และพืชพรรณและช่วยให้อุณหภูมิลดลงผ่านกระบวนการคายน้ำของพืช

อติวิชญ์ และคณะ [13] ได้ศึกษาอิทธิพลของปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองต่อปริมาณน้ำฝน ด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล กรณีศึกษา จังหวัดระยอง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือพื้นที่ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำฝนจะลดลงในทิศทางตรงข้าม มีค่า R² 0.757 และนอกเหนือจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในระดับต่ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น (ยางพารา ปาล์ม น้ำมัน) จึงอนุมานว่าการชะลอหรือลดผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองให้สมดุลกับพื้นที่ชุมชนเมือง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นชัดเจนว่าพื้นที่สีเขียวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในลักษณะใด แต่ไม่บอกถึงจำนวนของพื้นที่สีเขียวสัดส่วนเท่าใดที่จะสามารถลดอุณหภูมิท้องถิ่นเซลเซียส จึงเป็น

หัวข้อที่นำมาเป็นประเด็นในการวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งเทคนิคด้านการรับรู้จากระยะไกลจะทำให้เห็นผลลัพธ์เป็นที่ประจักษ์ ชัดเจน ถูกต้อง และอ้างอิงตำแหน่งได้

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 ระบบ OLI (operational land imager) ในช่วงคลื่นที่ 5 (NIR infrared band) และช่วงคลื่นที่ 4 (red band) และระบบอินฟราเรดความร้อน (thermal infrared sensor, TIRS) ในช่วงคลื่นที่ 10 จากกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (US geological survey, USGS) ตำแหน่งแถวแนวตั้ง (path) 130 แถวแนวนอน (row) 49 บันทึกข้อมูลวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2561

5.2 ขั้นตอนการศึกษา

5.2.1 การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกใช้อุณหภูมิความสว่าง (brightness temperature) ที่เป็นรูปแบบหนึ่งของอุณหภูมิพื้นผิวที่ตรวจวัดจากช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดจากดาวเทียม Landsat-8 ที่จัดเก็บในรูปแบบของค่าเชิงเลข (digital number, DN) จึงต้องแปลงจากค่าเชิงเลขเป็นค่าการแผ่รังสี (radiance) เชิงสเปกตรัมของวัตถุ สำหรับกำหนดอุณหภูมิความสว่าง คำนวณได้จากสมการที่ 2 [14]

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิความสว่างมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส; K₁ คือ ค่าคงที่มีค่า 774.89 ของช่วงคลื่นที่ 10; K₂ คือ ค่าคงที่มีค่า 1321.08 ของช่วงคลื่นที่ 10; L_λ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมของวัตถุ ซึ่งการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสัดส่วนระหว่างการดูดกลืน (absorption) การสะท้อน (reflection) และการปล่อยผ่าน (transmittance)

โดยวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนดีจะมีการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมดีในทิศทางเดียวกัน คำนวณได้จากสมการที่ 3 [15]

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (3)$$

เมื่อ M_L คือ ค่า radiance multi band มีค่าคงที่ 0.0003342; A_L คือ ค่า radiance add band มีค่าคงที่ 0.1; Q_{cal} คือ ค่าเชิงเลขของช่วงคลื่นที่ 10

5.2.2 การศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (FVC) เป็นอัตราส่วนของพืชจากการฉายในแนวตั้งบนพื้นดินต่อพื้นที่ทั้งหมด ซึ่ง FVC เป็นสมการเชิงประจักษ์ (empirical equation) ที่พบความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI สำหรับการกำหนดสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินในแต่ละจุดภาพ คำนวณได้จากสมการที่ 4 [16]

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (4)$$

เมื่อ $NDVI_v$ คือ ค่าสูงสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษา; $NDVI_s$ คือ ค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ศึกษา; $NDVI$ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่กำหนดโดยอัตราส่วนความแตกต่างของการสะท้อน (reflectance) ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง คำนวณได้จากสมการที่ 5 [17]

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (5)$$

เมื่อ ρ_{NIR} คือ ค่าการสะท้อน (reflectance) ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้; ρ_{Red} คือ ค่าการสะท้อน (reflectance) ของช่วงคลื่นสีแดง

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะเก็บข้อมูลค่าของจุดภาพ (pixel) ในรูปแบบค่าเชิงเลข (digital number, DN) แต่ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็น

การคำนวณจากค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง จึงต้องแปลงจากค่าเชิงเลข (DN) เป็นค่าการสะท้อน (reflectance) เชิงสเปกตรัม คำนวณได้จากสมการที่ 6 [18]

$$\rho = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (6)$$

เมื่อ ρ คือ ค่าการสะท้อนเชิงสเปกตรัมของช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน; M_ρ คือ ค่า reflectance multi band มีค่าคงที่ 0.00002; A_ρ คือ ค่า reflectance add band มีค่าคงที่ -0.1

5.2.3 การศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว

(1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินที่เป็นตัวแปรต้น (X) กับอุณหภูมิพื้นผิวที่เป็นตัวแปรตาม (Y) โดยสร้างข้อมูลตารางกริดขนาด 1 ตารางกิโลเมตร เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองโดยใช้วิธีหาสถิติข้อมูลเฉพาะแถบ (zonal statistic) และนำมาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 หรือระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (7)$$

(2) การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อทำนายอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อทราบสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน คำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$Y = a + b(X) \quad (8)$$

เมื่อ X คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินในแต่ละตารางกริด; Y คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละตารางกริด; n คือ จำนวนตัวอย่าง (ตารางกริด); a คือ จุดตัดของแกน Y; b คือ ความชัน (slope) ของสมการ

6. ผลการศึกษา

ผลการประเมินพื้นที่สีเขียวด้วยวิธีหาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 พื้นที่สีเขียวนี้จึงหมายถึงสัดส่วนของพืชพรรณทุกชนิดที่ปรากฏต่อพื้นที่ 900 ตารางเมตร อ้างอิงตามขนาดของจุดภาพถ่ายดาวเทียมระบบ OLI พบว่าเทศบาลนครนครสวรรค์มีค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินหรือ FVC เฉลี่ยต่อ 1 จุดภาพ 0.4323 หรือร้อยละ 43.23 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่า FVC สูงสุดและต่ำสุด 0.9168 และ 0.0013 ตามลำดับ เมื่อจัดกลุ่ม FVC แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังรูปที่ 2 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่า FVC 0.21-0.40 หมายถึง มีพื้นที่สีเขียวปกคลุมประมาณร้อยละ 21-40 คิดเป็นพื้นที่ 5,695 ไร่ หรือร้อยละ 32.69 รองลงมา คือ 0.41-0.60 หมายถึง มีพื้นที่สีเขียวปกคลุมประมาณร้อยละ 41-60 คิดเป็นพื้นที่ 4,555 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.15 ส่วนพื้นที่ที่มีค่า FVC มากกว่า 0.80 หมายถึง มีพื้นที่สีเขียวปก

คลุมประมาณมากกว่าร้อยละ 80 พบว่ามีเพียงร้อยละ 1.59 หรือคิดเป็นพื้นที่ 276 ไร่ ดังตารางที่ 2

Table 1 The statistics of FVC and LST

Types	Minimum	Mean	Maximum
FVC	0.0013	0.4323	0.9168
LST	23.06 °C	27.25 °C	30.65 °C

Table 2 Fractional vegetation cover (FVC) of Nakhon Sawan municipality area

FVC	Area (Rai)	Percent (%)
<0.2	3,013	17.30
0.21-0.40	5,695	32.69
0.41-0.60	4,555	26.15
0.61-0.80	3,880	22.28
>0.80	276	1.59
Total	17,419	100.00

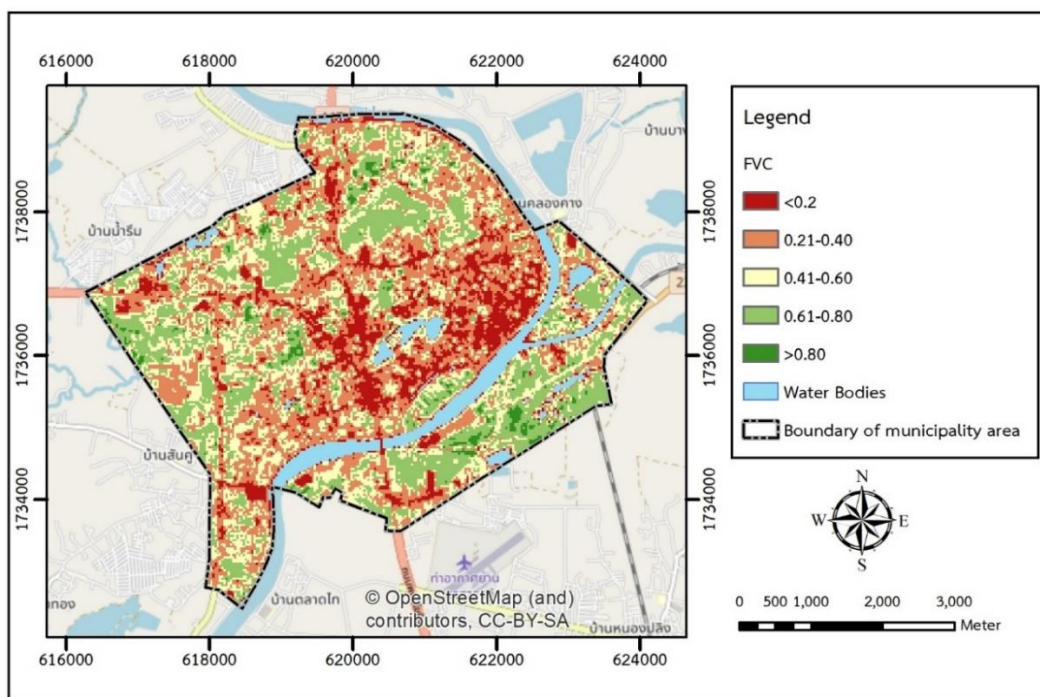


Figure 2 Map of fractional vegetation cover (FVC), Nakhon Sawan municipality area in 2018

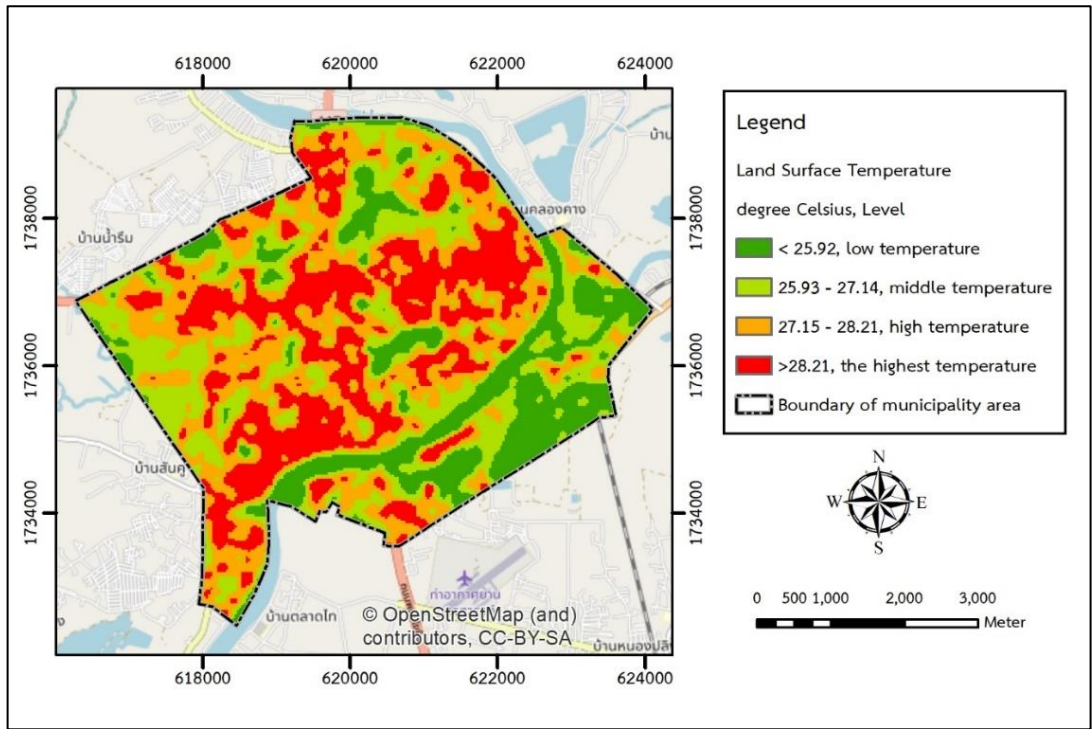


Figure 3 Map of land surface temperature (LST), Nakhon Sawan municipality area in 2018

เมื่อศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวจากช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจากดาวเทียม Landsat-8 ดังรูปที่ 3 พบว่าช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 เทศบาลนครนครสวรรค์มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย 27.25 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 1 มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 30.65 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิมินต่ำสุด 23.07 องศาเซลเซียส โดยพบว่าสิ่งปกคลุมดินที่มีอุณหภูมิพื้นผิวมากกว่า 28.21 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ที่มีชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ส่วนสิ่งปกคลุมดินที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 25.92 องศาเซลเซียสจะเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยแหล่งน้ำและพื้นที่สีเขียว เมื่อจัดระดับอุณหภูมิพื้นผิวออกเป็น 4 ระดับ คือ อุณหภูมิสูงสุด สูง ปานกลางและต่ำ ดังตารางที่ 3 โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในการแบ่งระดับ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของเทศบาลมีอุณหภูมิระดับสูง 5,513 ไร่ คิดเป็นร้อยละ

31.61 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา คือ อุณหภูมิระดับปานกลางเท่ากับ 4,506 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.87 แต่เมื่อพิจารณาจากพื้นที่ที่พบอุณหภูมิสูงสุดนั้นมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิในระดับปานกลางต่างกันเพียง 142 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.82 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในเทศบาลนครสวรรค์มีอุณหภูมิต่ำก่อนข้างสูงไปถึงสูงสุด

Table 3 Levels of temperature, Nakhon Sawan municipality area

Levels of temperature	Area (rai)	Percent (%)
Low	3,037	17.43
Middle	4,506	25.87
High	5,513	31.65
Higher	4,363	25.05
Total	17,419	100.00

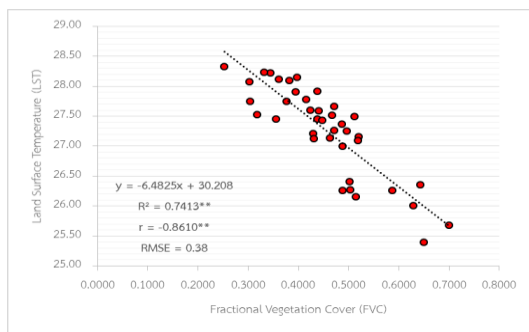


Figure 4 Scatter plot between FVC and LST (**level of significance at 0.01)

รูปที่ 4 เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิว พบว่าค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างของปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทางลบ 0.8610 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 อธิบายได้ว่าเมื่อสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินเพิ่มขึ้นจะมีอิทธิพลต่อการลดลงของอุณหภูมิพื้นผิวในทิศทางตรงข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำข้อมูลตัวอย่างมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับพยากรณ์อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.7413 แปลความหมาย คือ สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิพื้นผิวร้อยละ 74.13 ส่วนที่เหลือร้อยละ 25.87 เป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่น ยกตัวอย่าง เช่น ความหนาแน่นของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง วัสดุที่ใช้ในการปลูกสร้างชนิดของพืชพรรณหรือพื้นที่สีเขียว เมื่อนำสมการ คือ $Y = -6.4825X + 30.208$ มาพยากรณ์อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของเทศบาลนครนครสวรรค์ในเบื้องต้น พบว่าถ้าเทศบาลนครนครสวรรค์ไม่มีพื้นที่สีเขียวปกคลุมจะมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย 30.21 องศาเซลเซียส แต่ถ้าพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่จะมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย 26.32 องศาเซลเซียส รายละเอียดดังตารางที่ 4 โดยมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE ของการพยากรณ์ ± 0.38 องศาเซลเซียส

Table 4 Land surface temperatures obtained by linear regression equation

Values of FVC	Land surface temperatures from prediction
0.00	30.21
0.20	28.91
0.40	27.62
0.60	26.32
0.80	25.02
1.00	23.73

7. อภิปราย

การประยุกต์การรับรู้จากระยะไกล เพื่อศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว กรณีศึกษา เทศบาลนครนครสวรรค์ จากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-8 แบ่งการอภิปรายผลเป็น 3 ประเด็นดังนี้

7.1 ผลจากการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-8 ในช่วงคลื่นที่ 10 ความยาวคลื่น 10.6-11.19 ไมโครเมตร โดยสมการมาตรฐาน พบว่าพื้นที่เทศบาลนครนครสวรรค์ วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2561 เวลา 10 นาฬิกา 34 นาที มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของเทศบาล 27.25 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิตุ้มแห้งรายสามชั่วโมงจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ ที่ตรวจวัดในเวลา 10 นาฬิกา ในวันเดียวกัน มีอุณหภูมิตุ้มแห้ง 27.3 องศาเซลเซียส [20] ซึ่งมีค่าความแตกต่าง 0.05 องศาเซลเซียส สมการที่ประมาณค่าอุณหภูมิจึงมีความเหมาะสมในการนำไปในพื้นที่เทศบาลนครนครสวรรค์

7.2 การประเมินสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินมีพื้นฐานมาจากค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI จากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-8 ระบบ OLI ซึ่งเป็นข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลางที่สามารถ

บอกได้เพียงว่าจุดภาพดังกล่าวเป็นพืชหรือไม่ใช่พืช (น้ำ) และพืชพรรณมีความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด ดังนั้นพื้นที่สีเขียวที่ได้จากการประเมินสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (FVC) หมายถึงพื้นที่กลางแจ้งหรือกึ่งกลางแจ้งที่มีขอบเขตที่ดินทั้งหมดหรือบางส่วนทุกปกคลุมด้วยพืชบนดินที่ซึมน้ำได้ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่ริมน้ำ ริมเส้นทาง พื้นที่สีเขียวที่ปล่อยกร้าง (ทุ่งหญ้า) เป็นต้น [21]

7.3 การศึกษาอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาสสัสมัพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินกับอุณหภูมิพื้นผิว -0.8610 ที่สามารถอนุมานว่าพื้นที่สีเขียวมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว เมื่อพื้นที่สีเขียวมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิพื้นผิวก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashwani และคณะ [22] ศึกษาเรื่องอิทธิพลของพื้นที่สีเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเมืองโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 ระบบ OLI และระบบ TIRS เมืองพาราณสี ประเทศอินเดีย โดยประเมินพื้นที่สีเขียวโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI และอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน พบว่าพื้นที่สีเขียวที่ได้จากดัชนีพืชพรรณ NDVI มีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิพื้นผิวในทางลบ (-0.9798) แต่ค่า NDVI จะบอกถึงความสมบูรณ์ของพืชพรรณที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวเมื่อพืชพรรณมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งต่างจากค่า FVC ที่สามารถบอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมว่าต้องมีจำนวนพื้นที่ ร้อยละเท่าใด อุณหภูมิพื้นผิวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลง

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 การประเมินค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินเป็นการประเมินจากสมการมาตรฐานที่มีการใช้

งานในต่างประเทศ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินค่าสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินที่นำมาประยุกต์ใช้งานในพื้นที่จริง การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการสอบเทียบค่า (calibration) สัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินระหว่างข้อมูลทีวี่เคราะห์จากดาวเทียมกับข้อมูลในพื้นที่จริง

8.2 เมื่อพิจารณาจากสภาพโดยทั่วไปที่เทศบาลนครนครสวรรค์ที่เป็นศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม คงเป็นเรื่องยากในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวตามธรรมชาติ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่เฉพาะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้มากที่สุด (พื้นที่สีเขียวในอาคาร บ้านพักอาศัยหรือหน่วยงานราชการ) โดยเฉพาะการรณรงค์ให้ปลูกพืชหรือสร้างพื้นที่สีเขียวบนหลังคาหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหลังคาเขียว (green roof) ซึ่งข้อดีของหลังคาเขียว คือ ช่วยลดสถานะเกาะความร้อนของเมือง ลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ลดค่าใช้จ่ายจากเครื่องปรับอากาศ [23]

9. Reference

- [1] The Thai Meteorological Department, Urban Heat Island, Available Source: <https://www.tmd.go.th>, September 24, 2018. (in Thai)
- [2] Thai Health Promotion Foundation, The High Temperature is Affecting Stress, Available Source: <http://bit.ly/2TV8PMa>, September 24, 2018. (in Thai)
- [3] Land Development Department, Summary of Land Use in Nakhon Sawan Province, Available Source: http://www1.ddd.go.th/WEB_OLP/Lu_59/Lu59_N/NSN59.htm, September 25, 2018. (in Thai)
- [4] Office of Natural Resource and Environ

- ment Policy and Planning, The Project of Development Base on Eco- city for Managed Sustainable Urban Environment and Community, Available Source: http://www.onep.go.th/urban/index.php?option=com_content&view=article&id=203:2018-09-03-06-57-55&catid=42:news-and-activities&Itemid=101, September 25, 2018. (in Thai)
- [5] US Environmental Protection Agency, Heat Island Effect, Available Source: <https://www.epa.gov/heat-islands>, December 15, 2014.
- [6] Phengphit, N., Karnchanasutham, S., Nualchawee, K. and Soyong, P., 2017, The study of correlation between land surface temperature with urban and building area, a case study of Amphoe Mueang Rayong, Rayong province, Thailand, *Geoinform. Technol. Burapha Univ. J.* 2(3): 27-40. (in Thai)
- [7] Apakupakul, R. , 2004, Introduction to meteorology, Chulalongkorn University, Bangkok, 226 p. (in Thai)
- [8] Gutman, G. and Ignatov, A. ,1998, The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/ AVHRR data for use in numerical weather prediction models, *Remote Sens. J.* 19: 1533-1543.
- [9] Zeng, X. B. , Dickinson, R. E. , Walker, A. , Shaikh, M., DeFries, R.S. and Qi, J.G., 2000, Derivation and evaluation of global 1-km fractional vegetation cover data for land modeling, *Appl. Meteorol. J.* 39: 826-839.
- [10] Lu, D. and Weng, Q. , 2004, Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery, *Photogram. Eng. Remote Sens. J.* 70: 1053-1062.
- [11] Glinsopon, P., lamtrakul, P., Menarin, S. and Siewwuttanagul, S., 2013, Assessing the effects of surface temperatures in different urban climate zones of Bangkok Metropolitan regions (BMR), pp. 495-501, 4th Built Environment Research Associates Conference (BERAC), Thammasat University, Pathum Thani. (in Thai)
- [12] Siewwuttanagul, S. and lamtrakul, P., 2013, A study of factors contributing on urban heat islands in Bangkok and its vicinities, pp. 530- 536, 4th Built Environment Research Associates Conference (BERAC), Thammasat University, Pathum Thani. (in Thai)
- [13] Mitngam, A., Phengphit, N., Rukveratham, S. and Prarom, L. , 2017, The application of remote sensing for studying influence of urban heat island phenomenon effected to rainfall, a case study of Rayong province, *Geoinform. Technol. Burapha Univ. J.* 2(4): 44-54. (in Thai)
- [14] USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product (Conversion to Top of Atmosphere Brightness Temperature) , Available Source: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>, September

- 15, 2017.
- [15] USGS, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product (Conversion to TOA Radiance), Available Source: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>, September 15, 2017.
- [16] Skokovic, D. , Sobrino, J. A. , Jimenez-Munoz, J.C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C. and Cristobal, J. , 2014, Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8- TIRS sensor, Available Source: https://earth.esa.int/documents/700255/2126408/ESA_Lpve_Sobrino_2014a.pdf, September 15, 2017.
- [17] Lawrence, R.L. and Ripple, W.J. , 1998, Comparisons among vegetation Indices and bandwise regression in a highly disturbed, heterogeneous landscape, Available Source: http://remotesensing.montana.edu/documents/lawrence_ripple1998.pdf, September 15, 2017.
- [18] USGS, 2013, Using the USGS Landsat Level-1 Data Product (Conversion to TOA Reflectance) Available Source: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>, September 15, 2017.
- [19] Office of Natural Resource and Environment Policy and Planning, The guidelines of green area and standard ratio, Available Source: <http://www.onep.go.th/wp-content/uploads/handbook-green.pdf>, September 24, 2018. (in Thai)
- [20] The Thai Meteorological Department, The statistic of dry air temperature, Available Source: https://drive.google.com/open?id=0B4hw92cgW_yYZ0RETVptMUEyCE5LNkZjdjFUZlQ3RU53R0xN, September 24, 2018. (in Thai)
- [21] Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2005. The definition of green areas, Available Source: http://www.onep.go.th/urban/plant/green_area.php, September 24, 2018. (in Thai)
- [22] Agnihotri, A.K., Ohri, A. and Mishra, S., 2018, Impact of green spaces on the urban microclimate through Landsat 8 and TIRS data, in Varanasi, India, Int. J. Environ. Sustain. 7(2): 72-80.
- [23] Suteethorn, S., Green Roof: Alternative for Managed Rain, Available Source: <http://www.onep.go.th/wp-content/uploads/handbook-green.pdf>, September 24, 2018. (in Thai)