



การศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์
กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา
A Study of urban density based on LIDAR data: A case study of Downtown and Strip
Districts, Pennsylvania state, The United State

กมลฉัตร ศรีจะตะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์

ธันวาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาภูมิศาสตร์ ประธาน
สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์ และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษา
ความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย
ประเทศสหรัฐอเมริกา” ของ นางสาวกมลฉัตร ศรีจะตะ เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



(อาจารย์ ดร. นัฐพล มหาวิค)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประสิทธิ์ เมฆอรุณ)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by (อาจารย์ ดร. ชาญยุทธ กฤตสุนันท์กุล) University

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.นัฐพล มหาวิค อาจารย์ที่ปรึกษา
งานวิจัยซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ในการทางานวิจัยครั้งนี้ และ
ขอขอบคุณคุณอาจารย์ สาขาวิชาภูมิศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะจนทำให้
บทความวิจัยเรื่องการศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ กรณีศึกษาเขตดาวทาวน
และเขตสตริป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา สำเร็จลุล่วงไปตามเวลาที่กำหนด

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและมอบโอกาสทางการ
ศึกษาและช่วยเหลือในทุกด้าน



กมลฉัตร ศรีจะตะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ชื่อเรื่อง	การศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา
ผู้วิจัย	กมลฉัตร ศรีจะตะ
ประธานที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. นัฐพล มหาวิค
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2559
คำสำคัญ	ไลดาร์ การวางผังเมือง ความหนาแน่นของอาคาร

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์ในพื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำเสนอวิธีการสกัดข้อมูลความสูงไลดาร์ พารามิเตอร์ของอาคาร การคำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR) รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งข้อมูลไลดาร์ที่ได้นำมาศึกษามีความถูกต้องเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจาก Google Earth สามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ โดยผลการศึกษาพบว่า เขตดาวทาวน์มีความหนาแน่นของความเป็นเมืองมากกว่าเขตสตรีปซึ่งพิจารณาจากค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความหนาแน่นของอาคารในเขตดาวทาวน์และเขตสตรีปจากข้อมูลไลดาร์ พบว่า เขตสตรีปมีความหนาแน่นของอาคารมากกว่าเขตดาวทาวน์โดยเขตสตรีปมีจำนวนอาคารที่พบคือ 357 อาคารและเขตดาวทาวน์พบอาคารทั้งหมด 281 อาคาร

Title A STUDY OF URBAN DENSITY BASED ON LIDAR DATA: A
CASE STUDY OF DOWNTOWN AND STRIP DISTRICTS,
PENNSYLVANIA STATE, THE UNITED STATE

Author Kamonchat Seejata

Advisor Nattapon Mahavik, D.Sc.

Academic Paper Thesis B.S. in GEOGRAPHY, Naresuan University, 2016

Keywords LiDAR, Urban Planning, Building Density

ABSTRACT

The present study aims to investigate of urban density based on Lidar data in Downtown and Strip districts, Pennsylvania State of the United State. The method of Lidar extraction has been investigated to derive building parameters floor area ratio (FAR) and building coverage ratio (BCR). In addition, accuracy assessment of the Lidar data has been investigated with the use of GIS techniques. The lidar data were used in this study are accurate enough when compared to reference data from Google Earth can be used to study this. The results indicate that the urban density of the Downtown is more than that of Strip districts based on the method of floor area ratio (FAR) and building coverage ratio (BCR). This is not consistent with the analysis of the density of buildings in the downtown and the Strip from lidar that the Strip has a density of building more than the downtown by the strip of buildings are 357 and buildings of Downtown are 281.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 ความสำคัญของการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
1.8 พื้นที่ศึกษา.....	4
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.10 กรอบแนวคิด.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล.....	16
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล.....	17
3.3 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย.....	17
3.4 สมการการคำนวณ.....	26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	30
4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์.....	31
4.2 การสกัดข้อมูลอาคารและพารามิเตอร์.....	35
4.3 การคำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน(FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR).....	44
5 บทสรุป.....	45
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	45
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	46
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	47
บรรณานุกรม.....	48
ภาคผนวก.....	51
ประวัติผู้วิจัย.....	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล.....	16
4.1 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลไลดาร์บริเวณลำน้ำและถนนโดยเครื่องมือ Create Random Point.....	31
4.2 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลไลดาร์บริเวณลำน้ำและถนนโดยวิธีการสุ่มด้วย มือ.....	31
4.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของอาคาร.....	36
4.4 ตัวอย่างความสูงอาคารจากข้อมูล Google Earth และข้อมูลไลดาร์.....	39
4.5 ผลการคำนวณค่า BCR และ FAR.....	44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 แผนที่พื้นที่ศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	4
1.2 กรอบแนวคิดการทำวิจัย.....	5
2.1 การสำรวจด้วยไลดาร์	7
2.2 หลักการทำงานของไลดาร์	8
2.3 รูปแบบข้อมูลไลดาร์	9
2.4 อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR).....	9
2.5 อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR).....	10
3.1 การดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์.....	17
3.2 การนำเข้าข้อมูลไลดาร์เพื่อสามารถแสดงบนโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	18
3.3 การคำนวณค่าสถิติของข้อมูลไลดาร์.....	19
3.4 การสุ่มจุดด้วยมือ (a)บริเวณลำน้ำและ (b)ถนน บริเวณละ 40 จุด จาก Google Earth.....	20
3.5 (a) แสดงจุดที่ได้จากการสุ่มด้วยเครื่องมือ Create random point บริเวณลำน้ำ และบริเวณถนนบริเวณละ 40 จุด และ (b) เครื่องมือ Create random point....	21
3.6 (a) แสดงจุดที่ได้จากการสุ่มด้วยเครื่องมือ Create random point บริเวณลำน้ำ และ (b) บริเวณถนน บริเวณละ 40 จุด.....	22
3.7 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษา(a) ก่อนการใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (b) หลังการใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์.....	23
3.8 ภาพพื้นที่ศึกษาที่ผ่านการโมเสคภาพแล้ว โดย (a) เขตดาวทาวน์ (b) เขตสตรีป..	24
3.9 ภาพก่อน (a,c) และหลัง (b,d) การปรับแก้พิกัดภาพ.....	25
3.10 การสกัดข้อมูลพารามิเตอร์.....	26
4.1 ตัวอย่างข้อมูลไลดาร์ (a) ข้อมูลไลดาร์ประเภทระดับความสูง (b) ข้อมูลไลดาร์ประเภทการจำแนกประเภท.....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.2 แผนที่แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณ(a) ลำน้ำ (b) ถนน โดยภายในวงเล็บแสดงจำนวนจุดที่พบ	33
4.3 แผนที่แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณถนน เขตดาวทาวน์ โดยที่ค่าในวงเล็บคือจำนวนจุดในแต่ละช่วงค่าความแตกต่าง.....	34
4.4 ค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณถนนรูปแบบสามมิติ เขตดาวทาวน์.....	34
4.5 แผนที่แสดงขอบเขตอาคารโดยการสร้างขอบเขตอาคารจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จาก Google Earth (a) เขตดาวทาวน์ (b) เขตสตรีป.....	36
4.6 แผนที่แสดงขนาดของพื้นที่อาคาร (Size of Footprint) เขตดาวทาวน์.....	37
4.7 แผนที่แสดงขนาดของพื้นที่อาคาร (Size of Footprint) เขตสตรีป.....	38
4.8 ตัวอย่างความสูงของอาคารจากข้อมูล Google Earth และข้อมูลไลดาร์.....	39
4.9 แผนที่แสดงความสูงของอาคาร เขตดาวทาวน์.....	40
4.10 แผนที่แสดงความสูงของอาคาร เขตสตรีป.....	41
4.11 แผนที่แสดงจำนวนชั้นของอาคาร เขตดาวทาวน์.....	42
4.12 แผนที่แสดงจำนวนชั้นของอาคาร เขตสตรีป.....	43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีความเป็นเมืองสูงแห่งหนึ่งของโลกที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างมาก เนื่องจากเป็นประเทศผู้นำด้านอุตสาหกรรมและธุรกิจหลากหลายประเภท เช่น ด้านการค้า บริการ การท่องเที่ยว รวมถึงการศึกษาที่มีคุณภาพ เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้ในแต่ละพื้นที่ที่มีการขยายตัวของเมืองที่สูงขึ้น ปัจจัยที่สำคัญคือจำนวนประชากรและความต้องการที่ดินที่อยู่อย่างจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้เกิดการเติบโตของเมืองนั้นควบคุมได้ยากมากขึ้นจึงทำให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของอาคารสถานที่ในเขตเมือง โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์ที่ได้จากเทคโนโลยีไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง มีความสมบูรณ์ของแบบจำลองที่ได้ทั้งแบบจำลองพื้นผิว (Digital Surface Model) และแบบจำลองระดับความสูง (Digital Elevation Model) ที่มีความน่าเชื่อถือ มีประสิทธิภาพและความถูกต้องและมีประโยชน์สำหรับการวางผังเมือง

เทคโนโลยีไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สำคัญในปัจจุบัน ซึ่งเทคโนโลยีไลดาร์เป็นที่ยอมรับในหน่วยงานในอเมริกาเหนือ ยุโรป และญี่ปุ่น ว่ามีความสามารถเทียบเท่ากับการสำรวจด้วยภาพถ่ายแบบดั้งเดิมซึ่งมีความละเอียดถูกต้องสูง ความสมบูรณ์ของแบบจำลองที่ได้ทั้งแบบจำลองพื้นผิว (Digital Surface Model) และแบบจำลองระดับความสูง (Digital Elevation Model) ที่มีความน่าเชื่อถือ ประสิทธิภาพและความถูกต้อง ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประโยชน์สำหรับการวางผังเมือง โดยไลดาร์มีความสามารถในการทะลุทะลวงยอดไม้และพืชที่ไม่หนาที่มากในพื้นที่ป่าไม้และมีพืชพรรณปกคลุมและยังสามารถสร้างแบบจำลองที่ตีความรังวัด (ไพศาล, 2553) การทำงานของเทคโนโลยีไลดาร์เป็นการทำงานของแสงเดินทางจากเซ็นเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายและเดินทางกลับมายังเซ็นเซอร์ เวลาการเดินทางของพัลส์เลเซอร์จะถูกบันทึกและการสะท้อนของแสงเลเซอร์จะเรียกว่าเป็น "การสะท้อนกลับ" มี 3 รูปแบบ สะท้อนกลับครั้งแรก เป็นการสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุแรกที่พบ สะท้อนกลับครั้งสุดท้าย เป็นการสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุที่ผ่านมาซึ่งมักจะติดต่อกับพื้นดินภายใต้พืชพรรณ และการสะท้อนกลับที่ระดับกลางเป็นการวัดช่วงของวัตถุที่อยู่ตรงกลาง จะเหมาะสำหรับการกำหนดโครงสร้างพืชเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลระบบจะทำการหาค่าต่าง ๆ เป็นค่าความสูงภูมิประเทศทั้งที่เป็นพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) และค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ

(Digital Elevation Model : DEM) (Shiravi et al.,2012) ข้อมูลไลดาร์ที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้านโครงสร้างเมืองและการจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตเมือง เช่น การวิเคราะห์พื้นที่สีเขียวในเขตเมือง การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงน้ำท่วมในเขตเมือง เป็นต้น เนื่องจากข้อมูลไลดาร์มีความละเอียดถูกต้องสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินและวัตถุในเขตเมืองได้ดี (Yan et al.,2015) Aguilera et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลไลดาร์ ซึ่งจะได้ข้อมูลทางเรขาคณิต เช่น ความสูง, พื้นที่ และปริมาตร และลักษณะความหนาแน่นในเขตเมืองของอาคาร จำนวนที่ดิน และหน่วยในเขตเมืองโดยผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารมากจะมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดและพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยจะมีความหนาแน่นของอาคารต่ำและการวิเคราะห์ค่า BCR และ FAR ที่ต่ำสุดจะแสดงถึงพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียว และค่า BCR และค่า FAR ที่มากกว่าจะพบในพื้นที่ที่ถูกครอบครองโดยโครงสร้างอาคารอุตสาหกรรม

การวิจัยครั้งนี้มุ่งทำการศึกษาถึงกระบวนการสกัดข้อมูลในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของความหนาแน่นของเมือง ซึ่งสามารถนำผลที่ได้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้ในด้านการวางผังเมืองของประเทศไทยต่อไปได้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการสกัดข้อมูลอาคารที่ได้จากข้อมูลไลดาร์
2. เพื่อศึกษาความหนาแน่นของอาคารในเขตพื้นที่เมืองจากข้อมูลไลดาร์ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว

สมมติฐานการวิจัย

1. ข้อมูลไลดาร์มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือสูง สามารถนำมาหาสถิติเชิงพื้นที่เพื่อการวางแผนและการจัดการเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ความหนาแน่นของเมืองในเขตดาวทาวน์มีความหนาแน่นมากกว่าเขตสตริป

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาระบบการสกัดข้อมูลและความหนาแน่นในเขตเมืองด้วยข้อมูลไลดาร์ในพื้นที่เขตดาวทาวน์ (Downtown Pittsburgh) และเขตสตริป (Strip District) เนื่องจากเป็นศูนย์กลางย่าน

ใจกลางเมือง ธุรกิจ อุตสาหกรรมต่าง ๆ และเศรษฐกิจของเมืองพิตต์สเบิร์กเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการวางผังเมือง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่

ในการศึกษานี้กำหนดให้พื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษากระบวนการสกัดข้อมูลและความหนาแน่นของเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษานี้เป็นการศึกษามุ่งเน้นไปที่การศึกษาวិธีการสกัดข้อมูลในเขตเมือง ความหนาแน่นของอาคาร ความหนาแน่นของเมืองและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในพื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป

ข้อตกลงเบื้องต้น

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลไลดาร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาจากเว็บไซต์ <https://www.coast.noaa.gov/dataviewer/> เพื่อศึกษากระบวนการประมวลผลข้อมูลความหนาแน่นในเขตเมือง เนื่องจากข้อมูลภายในประเทศไทยยังไม่เปิดให้ใช้ได้อย่างเสรี

นิยามศัพท์เฉพาะ

ไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) คือ เทคโนโลยีสำรวจภูมิประเทศ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเป็นข้อมูลพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) ที่สามารถนำไปผลิตเป็นแบบจำลองความสูง (Digital Elevation Model : DEM) ได้

การวางผังเมือง (Urban planning) คือ การกำหนดการใช้พื้นที่ให้เป็นระบบ มีระเบียบตามแบบแผนที่กำหนด เพื่อให้มีสุขภาพดี ความสะอาดสบาย ความเป็นระเบียบ ความสวยงาม การใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน ความปลอดภัยของประชาชน เพื่อส่งเสริมการเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม

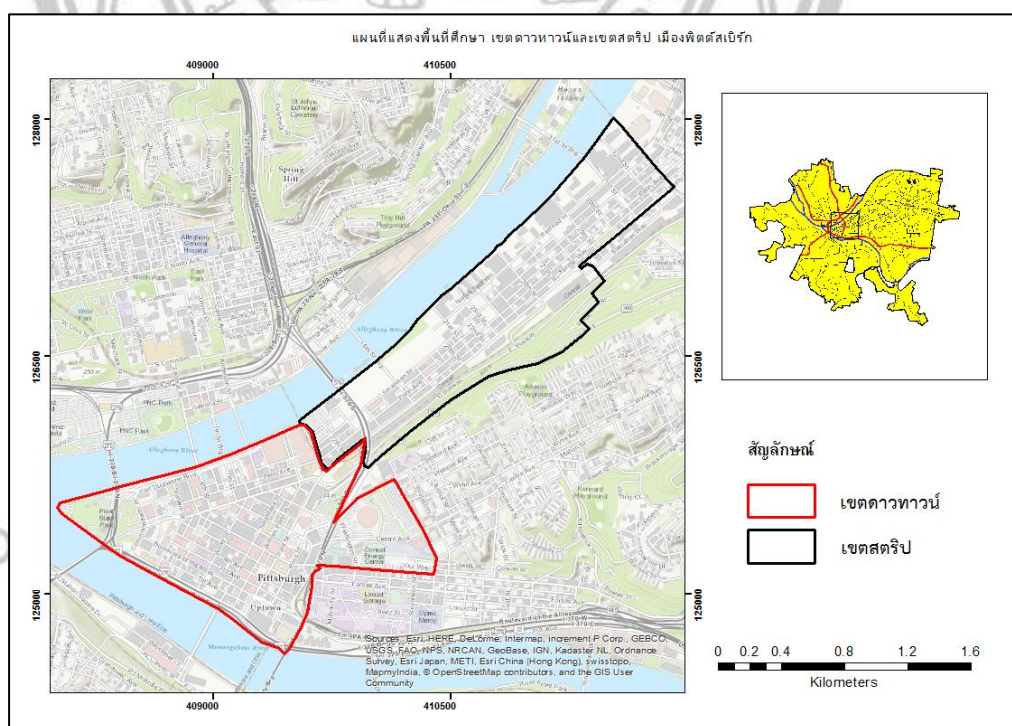
อาคาร (Building) คือ เป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างโดยมนุษย์ ในรูปของโรงเรือน ร้าน หรือรูปแบบอย่างอื่นสำหรับใช้สอย แต่ในกฎหมายควบคุมอาคารได้รวมทั้ง เชื้อเพลิง สะพาน อุโมงค์ ท่อ บ้ายและอื่น ๆ ไว้ในนิยามคำว่าอาคารด้วย

ความถูกต้อง (Accuracy) คือ ความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยข้อมูลจะมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลด้วย

ความหนาแน่นของอาคาร (Building density) คือ จำนวนอาคารที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่กำหนด

พื้นที่ศึกษา

เขตดาวทาวน์ (Downtown Pittsburgh) มีพื้นที่ 1.66 ตารางกิโลเมตรและเขตสตรีป (Strip District) มีพื้นที่ 1.58 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นเมืองที่เป็นศูนย์กลางย่านใจกลางเมือง ธุรกิจอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเศรษฐกิจของเมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ตั้งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของรัฐ โดยเมืองพิตต์สเบิร์กมีพื้นที่ทั้งหมด 151 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศที่มีความหลากหลายในเรื่องของภูมิประเทศ คือ มีทั้ง ภูเขา ป่า ทะเลทราย ที่ราบสูง และที่ลุ่มโดยเขตดาวทาวน์เป็นย่านธุรกิจใจกลางเมืองและเป็นที่ตั้งของบริษัทมากมายและเขตสตรีปซึ่งเดิมเป็นเขตอุตสาหกรรมเก่าที่ปัจจุบันพัฒนาเป็นย่านธุรกิจ

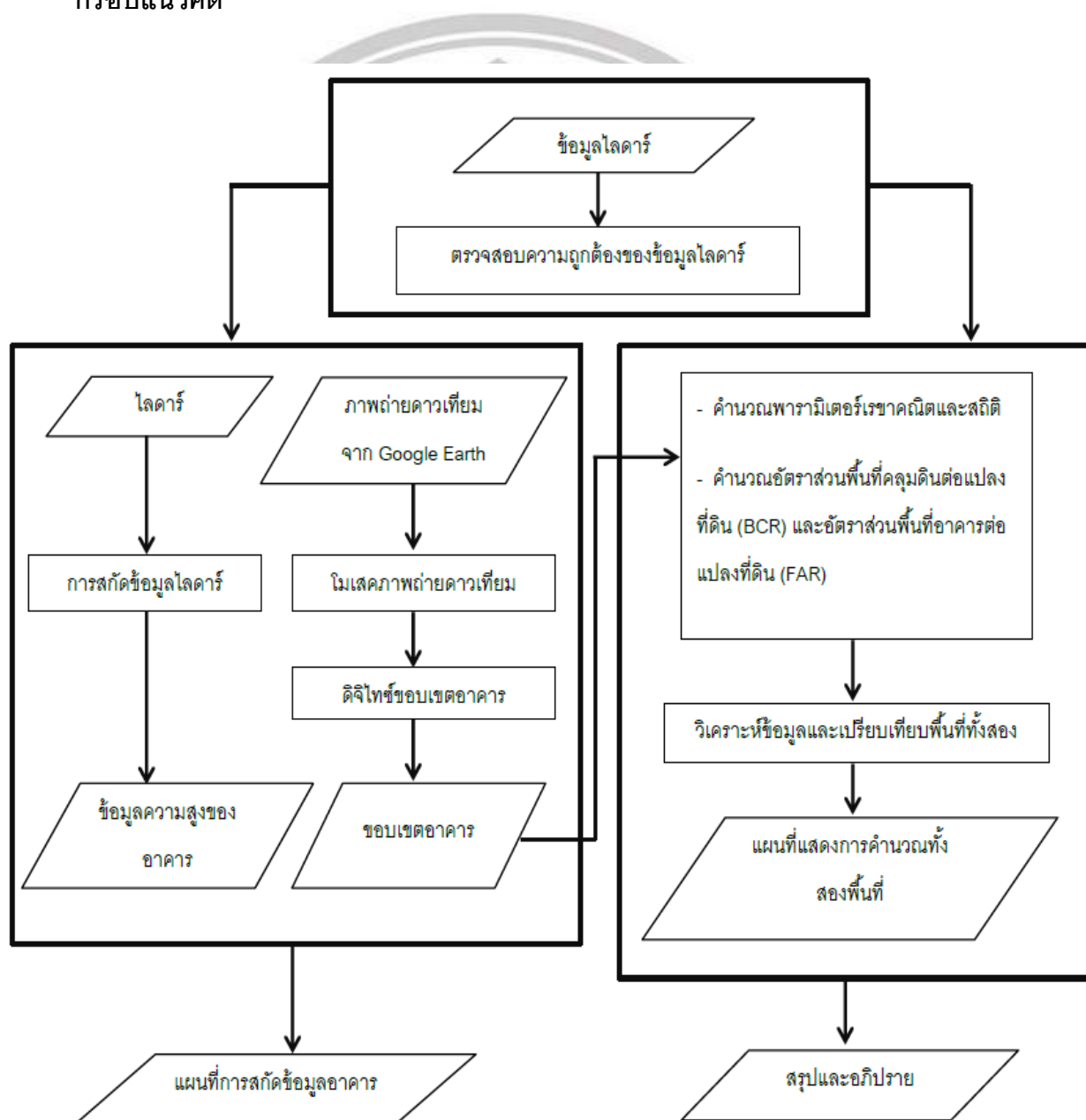


ภาพ 1.1 แผนที่พื้นที่ศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาครั้งนี้ หน่วยงานหรือผู้ที่สนใจสามารถนำผลลัพธ์และวิธีการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและจัดการเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิด



ภาพ 1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

แนวคิดและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวคิดในการศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษาคความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ กรณศึกษา เขตดาวทาวนและเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย

2.1. แนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. เทคโนโลยีไลดาร์และหลักการทำงานของไลดาร์

2.1.2. ข้อมูลไลดาร์

2.1.3. อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR)

2.1.4. อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR)

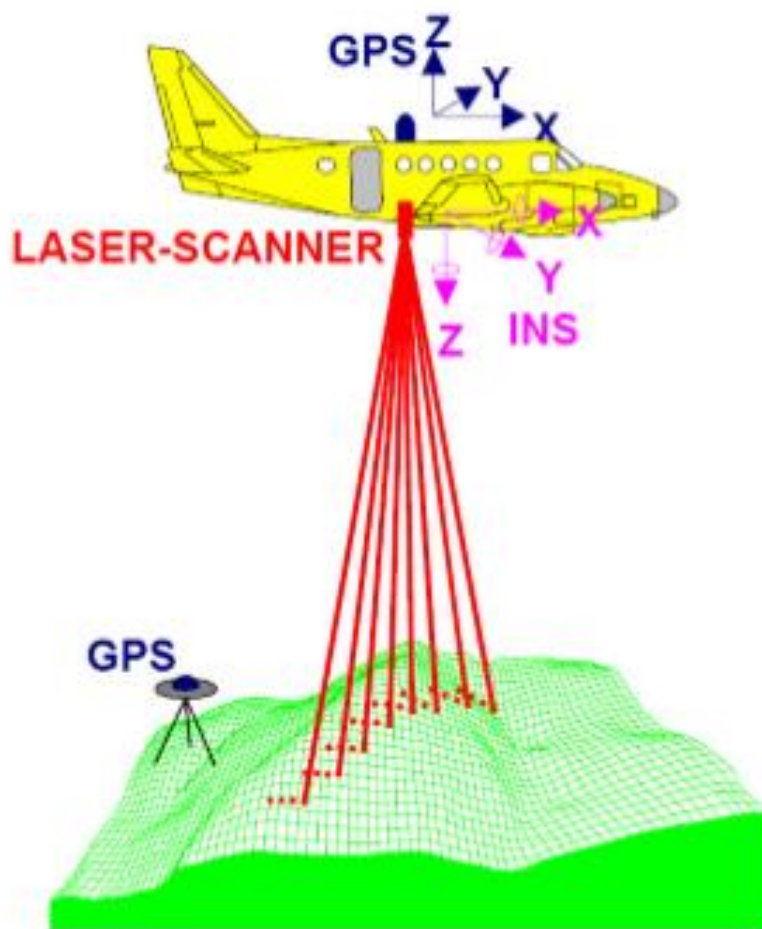
2.1.5. การวางผังเมือง

2.2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. แนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. เทคโนโลยีไลดาร์และหลักการทำงานของไลดาร์

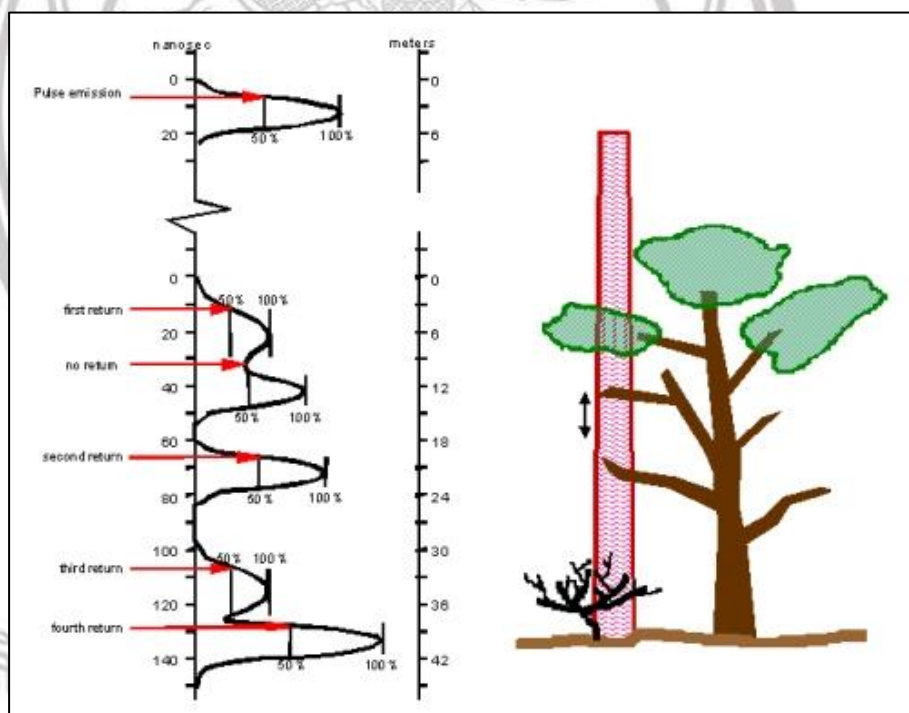
ไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) เป็นระบบสำรวจรังวัดความสูงภูมิประเทศ ด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน ให้ค่าความสูงภูมิประเทศทั้งชนิดที่เป็นพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) และค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) ที่มีค่าความละเอียดถูกต้องของค่าความสูงภูมิประเทศในช่วง 30 – 50 เซนติเมตร นอกจากความถูกต้องแล้วการสำรวจด้วยไลดาร์ยังให้ความหนาแน่นของจำนวนจุดระดับบนพื้นดินที่หนาแน่นสูงถึงทุก ๆ 2 เมตรต่อ 1 จุดระดับ การสำรวจด้วยไลดาร์มีขีดความสามารถในการรังวัดค่าความสูงภูมิประเทศที่มีความน่าเชื่อถือและมีความหนาแน่นสูงกว่าการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ และมีรอบการทำงานที่รวดเร็วกว่า เนื่องจากเป็นการรังวัดความสูงภูมิประเทศโดยตรงด้วยระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน พร้อมระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Airborne GPS) และระบบรังวัดการเอียงตัวของอากาศยาน (Orientation System) ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง



ภาพ 2.1 การสำรวจด้วยไลดาร์ (Baltsavias, 2008)

การทำงานของการบินวัดความสูงภูมิประเทศด้วยไลดาร์เป็นระบบสำรวจจริงวัดความสูงภูมิประเทศ ด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานพร้อมระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Airborne GPS) และระบบวัดการเอียงตัวของอากาศยาน (Orientation System) ที่มีความละเอียดถูกต้องสูงยิ่ง ระบบ Airborne GPS จะให้ค่าตำแหน่งใน 3 มิติของอากาศยาน (ละติจูด ลองจิจูด และค่าความสูงเหนือพื้นผิวทรงกลมโลก) และระบบวัดการเอียงตัวของอากาศยานจะให้ค่าการเอียงตัวของอากาศยานพร้อมกันทั้ง 3 แกน ในขณะที่เดียวกันระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์จะทำการวัดระยะทางจากอากาศยานถึงพื้นดิน นอกจากนั้นแล้วในระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ยังมีการติดตั้งระบบกราดเพื่อทำการกราดวัดระยะทางในแนวซ้ายและขวาของแนวมบิน ดังนั้นเมื่อเครื่องบินเคลื่อนที่ไประบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์จะทำการกราดวัดระยะทางเป็นแนวซิกแซกตั้งฉากตลอดแนวมบินของเครื่องบิน (จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุลและคณะ, 2550)

เทคโนโลยีไลดาร์เป็นการสำรวจความสูงภูมิประเทศด้วยเลเซอร์ ซึ่งเดินทางจากเซ็นเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายและเดินทางกลับมายังเซ็นเซอร์ เวลาการเดินทางของพัลส์เลเซอร์จะถูกบันทึกไว้ ซึ่งการสะท้อนของแสงเลเซอร์จะเรียกว่าเป็น "การสะท้อนกลับ" มี 3 รูปแบบ: สะท้อนกลับครั้งแรกเป็นการสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุแรกที่พบ การสะท้อนกลับที่ระดับกลางซึ่งวัดช่วงของวัตถุที่อยู่ตรงกลาง จะเหมาะสำหรับการกำหนดโครงสร้างพืช และสะท้อนกลับครั้งสุดท้าย การสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุที่ผ่านมาซึ่งมักจะติดต่อกับพื้นดินภายใต้พืชพรรณ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลระบบจะทำการทอนค่าต่าง ๆ เป็นค่าความสูงภูมิประเทศทั้งที่เป็นพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) และค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) (Shiravi et al.,2012)

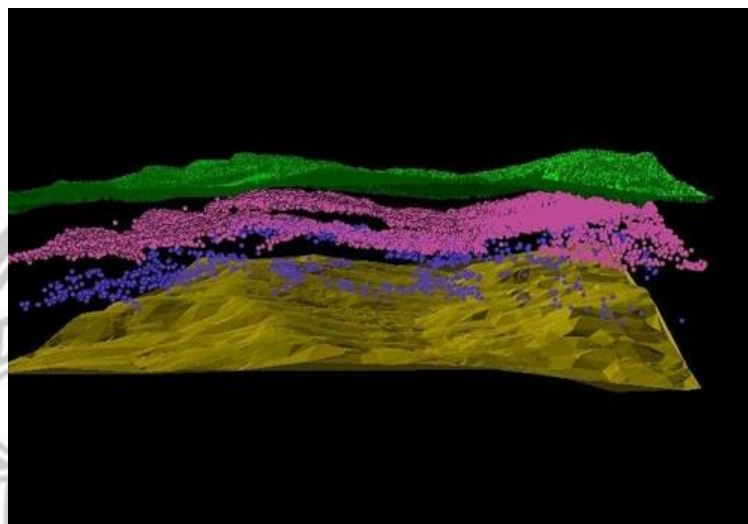


ภาพ 2.2 หลักการทำงานของไลดาร์ (ASPRS)

2.1.2. ข้อมูลไลดาร์

ข้อมูลไลดาร์ในช่วงแรก การรับ-ส่งข้อมูลไลดาร์เป็นรูปแบบไฟล์ข้อความ ASCII ที่ประกอบด้วยค่าพิกัด X, Y, Z และพิกัดของจุดไลดาร์ ต่อมาได้พัฒนาให้อยู่ในรูปแบบ LAS File คือรูปแบบไฟล์มาตรฐานสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลจุดตามมิติระหว่างผู้ใช้ข้อมูล และรูปแบบ LAS File เป็นรูปแบบไบนารีที่เก็บรักษาข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับลักษณะของข้อมูลไลดาร์ที่ไม่

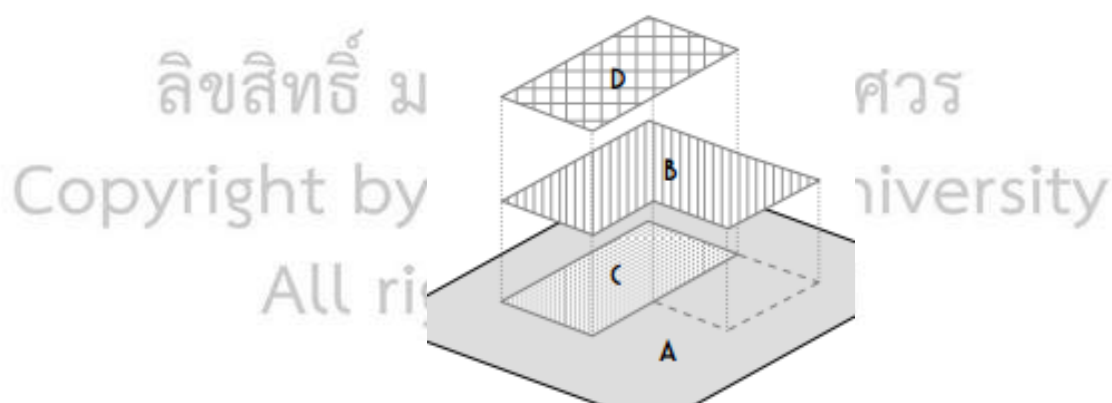
ซับซ้อนเกินไป และกลายเป็นรูปแบบที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลและสามารถทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ได้ (ASPRS)



ภาพ 2.3 รูปแบบข้อมูลไลดาร์ (ASPRS)

2.1.3. อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR)

Floor Area Ratio: FAR หรือ อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของพื้นที่อาคารทุกหลังต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร มักถูกใช้เป็นเครื่องมือควบคุมความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเพื่อควบคุมความหนาแน่นประชากรในเขตเมืองให้มีความสมดุลในเขตที่มีความหนาแน่นมาก (ศูนย์ออกแบบและพัฒนาเมือง, 2559)

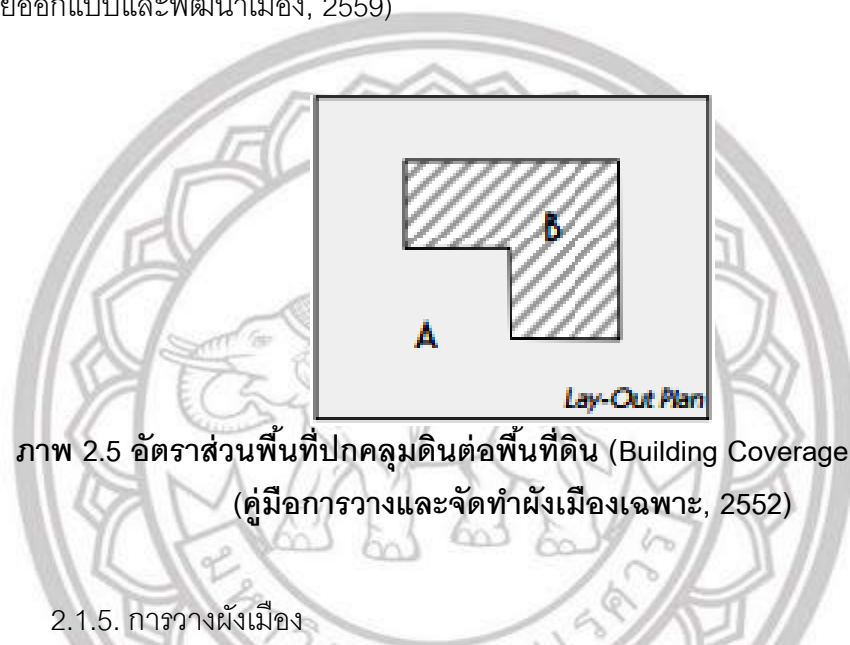


ภาพ 2.4 อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR)

(คู่มือการวางและจัดทำผังเมืองเฉพาะ, 2552)

2.1.4. อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR)

Building Coverage Ratio: BCR หรือ อัตราส่วนของพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคารที่ไม่ได้เป็นที่ว่างอันปราศจากสิ่งปกคลุมต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคารและเพื่อกำหนดขนาดของตัวอาคารในแต่ละแปลงและเพื่อรักษาลักษณะของเมืองที่ดีรวมทั้งลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในเขตเมือง (ศูนย์ออกแบบและพัฒนาเมือง, 2559)



ภาพ 2.5 อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR)
(คู่มือการวางและจัดทำผังเมืองเฉพาะ, 2552)

2.1.5. การวางผังเมือง

ผังเมือง คือ การกำหนดการใช้พื้นที่ให้เป็นระบบมีระเบียบแบบแผน มีความเหมาะสม โดยผังเมืองมีหลายระดับ แต่ที่มีผลบังคับใช้ตามกฎหมาย คือ ผังเมืองรวม หมายความว่า แผนผัง นโยบายและโครงการ รวมทั้งมาตรการ ควบคุมโดยทั่วไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและการดำรงรักษาเมือง และบริเวณที่เกี่ยวข้องหรือชนบทในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน การคมนาคมและการขนส่ง การสาธารณสุขไปโรค บริการสาธารณะ และสภาพแวดล้อม เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการผังเมือง และผังเมืองเฉพาะ หมายความว่า แผนผัง (Plan) และโครงการดำเนินการ (Projects) เพื่อพัฒนา (Development) หรือดำรงรักษาบริเวณเฉพาะแห่งหรือกิจการที่เกี่ยวข้อง (maintenance of specific area or related affairs) ในเมือง (Town) และบริเวณที่เกี่ยวข้อง (Related Areas) หรือชนบท (Country) เพื่อประโยชน์แก่การผังเมือง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2552)

2.2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล, วิชาสลักษณ์ วงศ์เยาว์ฟ้า และสุกิจ วิเศษสินธุ์ (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วย LIDAR : ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูงซึ่งได้ศึกษาถึงการทำงานของเทคโนโลยีไลดาร์และการทำงานของไลดาร์ ซึ่งให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่มีความละเอียดความถูกต้องสูง สามารถนำมาใช้ได้ในงานทางวิศวกรรมและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่น การวิเคราะห์การไหลของน้ำ การสร้างแผนที่ชั้นความสูง เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า การใช้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศจากไลดาร์ในการประยุกต์ที่หลากหลาย ทั้งการประยุกต์โดยตรงและร่วมกับข้อมูลอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ที่ต้องการข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่มีความละเอียดและถูกต้องสูง เช่น ในบริเวณพื้นที่ราบและพื้นที่ลุ่ม สามารถให้ผลลัพธ์ที่ไม่สามารถทำได้มาก่อนและการนำข้อมูลไลดาร์มาวิเคราะห์กับสภาพภูมิประเทศในประเทศไทย และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิริทา สุวรรณสะอาด (2553) ได้ทำการศึกษาการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้านความสูงของข้อมูลไลดาร์ในบริเวณพื้นที่ซ้อนทับระหว่างแนวนินโดยใช้จุดควบคุมในการปรับแก้ที่เลือกจากบริเวณพื้นที่อาคารในภาพถ่ายทางอากาศทั้งหมด กำหนดระยะห่างของจุดระหว่างสองแนวนินที่ระยะ 5 เซนติเมตรและ 10 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบดำเนินการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นด้วยวิธีลีสทิงค์สแควร์ ซึ่งจะดำเนินการปรับแก้ 3 กรณี คือ 1) ปรับแก้ข้อมูลไลดาร์เฉพาะพื้นที่อาคาร 2) ปรับแก้ข้อมูลไลดาร์บนพื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด และ 3) ปรับแก้ข้อมูลไลดาร์ของแนวนิน ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ 1 พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าที่ 10 เซนติเมตร เนื่องจากจำนวนจุดข้อมูลที่ 5 เซนติเมตรมีจำนวนน้อยกว่าจึงส่งผลให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่า กรณีที่ 2 ใช้พารามิเตอร์จากกรณีที่ 1 ในการปรับแก้พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตรมีค่าน้อยกว่าที่ 10 เซนติเมตร ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ระยะ 5 เซนติเมตร ไปดำเนินการปรับแก้ข้อมูลไลดาร์ทั้งสองแนวนินในกรณีที่ 3 โดยได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแนวนินที่ 1 เท่ากับ 0.13886 และแนวที่ 2 เท่ากับ 0.27767 เมตร

อุษิต แฉล้มเขตต์ (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟเพื่อใช้ในการดึงข้อมูลลักษณะวัตถุจากข้อมูลไลดาร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการนำทฤษฎีกราฟมาประยุกต์ใช้เพื่อดึงข้อมูลลักษณะวัตถุจากข้อมูลไลดาร์โดยทำการศึกษาทั้งหมด 7 กรณีศึกษา ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้วิธี กราฟต้นไม้ และ Cluster graph และนำผลลัพธ์ที่ได้ทำการเปรียบเทียบกันระหว่างจุดที่ตรงกันและไม่ตรงกันจากข้อมูลกราฟและภาพถ่ายทาง

อากาศ โดยผลการศึกษาพบว่า กรณีที่1 มีจุดที่ตรงกัน 87.67% กรณีที่2 มีจุดที่ตรงกัน 89.18% กรณีที่3 มีจุดที่ตรงกัน 60.56% กรณีที่4 มีจุดที่ตรงกัน 67.29% กรณีที่5 มีจุดที่ตรงกัน 100% กรณีที่6 มีจุดที่ตรงกัน 93.10% และกรณีที่7 มีจุดที่ตรงกัน 73.07%

วรวิมล ไชยวงษา (2555) ได้ทำการศึกษาคำอธิบายการไหลสะสมจากภูมิประเทศเพื่อเป็นการประยุกต์ใช้ในด้านอุทกวิทยา โดยศึกษาเพื่อหาขั้นตอนและวิธีการเตรียมแบบจำลองระดับปริมาณมากที่ได้จากไลดาร์และประมวลผลการไหลสะสมด้วยซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.3 และส่วนเพิ่มเติม GRASS บนซอฟต์แวร์ QGIS 1.8 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล โดยเพิ่มความละเอียดของแบบจำลองระดับ 1 เมตรเป็น 2,5 และ 10 เมตร ผลการศึกษาพบว่า การลดความละเอียดของแบบจำลองระดับเหลือ 10 เมตรให้ความคลื่อนสูงไม่ควรนำไปใช้ แต่ที่ความละเอียด 2 เมตร ให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับแบบจำลองระดับอ้างอิงที่ความละเอียด 1 เมตรมากที่สุด ในด้านการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลพบว่า การไหลสะสมแตกต่างกันร้อยละ 6.21 และมีความแตกต่างของเส้นทางการไหล 151.7 เมตร เวลาในการประมวลผลของซอฟต์แวร์ QGIS มีประสิทธิภาพมากกว่าซอฟต์แวร์ ArcGIS เมื่อข้อมูลนำเข้ามีขนาดน้อยกว่าหน่วยความจำของเครื่องที่ใช้ประมวลผลและยังสามารถนำเส้นลำน้ำที่ได้จากการประมวลผลจากทั้งสองซอฟต์แวร์ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลลำน้ำจริงบนภาพถ่ายดาวเทียมซอฟต์แวร์ Google Earth ได้

Rottensteiner et al. (2005) ได้ทำการศึกษาคำแนะนำประเภทผังหลังคาจากข้อมูลไลดาร์ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อหาวิธีการสำหรับการจำแนกผังหลังคาที่ช่วยลดกฎเกณฑ์ที่ผู้ใช้กำหนด 2) เพื่อหาวิธีการใหม่ในการตรวจหาขั้นตอนสำหรับการจำแนกรูปผังหลังคาหลายเหลี่ยม โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิว (DSM) ที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งมีกระบวนการทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง การตรวจหาผังหลังคาบนแบบจำลองพื้นผิว ขั้นตอนที่สอง การจัดกลุ่มของผังหลังคาและการวิเคราะห์ผังหลังคา ขั้นตอนที่สาม การประมาณค่าที่สอดคล้องกันของพารามิเตอร์อาคารเพื่อปรับปรุงพารามิเตอร์เหล่านี้โดยใช้ข้อมูลเซ็นเซอร์ที่มีอยู่ทั้งหมด และขั้นตอนสุดท้าย กระบวนการประเมิน จากการศึกษาพบว่า ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการสำหรับการจำแนกผังหลังคาจากข้อมูลไลดาร์ซึ่งมีหลายด้านโดยไม่มีข้อมูลของมิติที่ถูกต้องและแสดงให้เห็นว่ารูปแบบจำลองที่มีความละเอียดสูงที่สามารถสร้างขึ้นใหม่ รวมถึงวิธีการใหม่ถึงขั้นตอนที่การตรวจสอบขอบเขตอาคารซึ่งอาจช่วยให้การตัดสินใจของโครงสร้างอาคารที่มีความเสี่ยงน้อยต่อการผลกระทบของ

ต้นไม้ที่อยู่ติดกัน ในขั้นตอนการตัดต้นไม้มากที่สุดจะถูกนำตั้งอยู่บนพื้นฐานการทดสอบทางสถิติ หรือการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อการทำให้การฟื้นฟูของอาคารจากข้อมูลไลดาร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้รูปแบบอาคารเป็นทอพอโลยีที่ถูกต้อง หากยังไม่ถูกต้อง ผลการศึกษาเบื้องต้นยังมีข้อจำกัดทางเรขาคณิตที่สร้างขึ้นด้วยตนเองแสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการที่นำเสนอจะเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลองอาคารคุณภาพสูงจากข้อมูลไลดาร์

Haithcoat. (2009) ได้ทำการศึกษากการสกัดอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) สร้างวิธีการที่มีประสิทธิภาพภายในส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ของการประมวลผลภาพและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการสกัดอาคารจากข้อมูลไลดาร์ 2) ตรวจสอบความเป็นไปได้ของการสร้างมุมมอง 3 มิติของสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ 3) ตรวจสอบความเป็นไปได้ของการกำหนดประเภทพื้นฐานหลังจากข้อมูลไลดาร์และใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการดูภาพสามมิติของการสร้างชุดสกัด และ 4) ดำเนินการการประเมินความถูกต้องของวิธีการสร้างและตรวจสอบกับข้อมูลความจริงพื้นดิน พบว่าการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างวิธีการแบบอัตโนมัติสำหรับการสกัดอาคารและการฟื้นฟูด้วยข้อมูลไลดาร์ อาคารจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้จากแบบจำลองพารามิเตอร์ 3 ค่า(แบน, หน้าจั่ว, บันยาศ) และการประเมินโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงซึ่งค่าการประเมินความถูกต้องที่ได้จากการสกัดข้อมูลมีความถูกต้องสูง

Shiravi et al. (2012) ได้ทำการศึกษากการประเมินความถูกต้องของการสกัดข้อมูลอาคารที่ได้จากข้อมูลไลดาร์เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงและการแนะนำเทคโนโลยีไลดาร์ การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลไลดาร์และใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS ในการวิเคราะห์ที่ไลดาร์ ผลการศึกษาพบว่า การประเมินความถูกต้องของการสกัดข้อมูลอาคารมีความถูกต้องในระดับสูงและเทคโนโลยีไลดาร์เป็นวิธีการที่รวดเร็วและอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการสกัดข้อมูลอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดินและถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าสำหรับการวางผังเมืองและการคมนาคมขนส่ง

Aguilera et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลไลดาร์ ซึ่งจะได้ข้อมูลทางเรขาคณิต (ความสูง, พื้นที่ และปริมาตร) และลักษณะความหนาแน่นในเขตเมือง (BCR และ FAR) ของอาคาร จำนวนที่ดินและเขตเมือง โดยใช้วิธีการดำเนินงานใน ArcGIS พบว่า UU.10 (ที่อยู่อาศัย Herencias) มีจำนวนมากที่สุดของอาคาร 439 อาคารและความหนาแน่นของอาคารที่สูงที่สุด 5.28 อาคารต่อเฮกตาร์ ในทางตรงกันข้ามหน่วย

UU.14 ในเมือง (อุตสาหกรรม Herencias) มีอาคารค่อนข้างน้อย 83 อาคาร ที่ความหนาแน่นต่ำ 1.30 อาคารต่อเฮกตาร์ และการวิเคราะห์ค่า BCR และ FAR พบว่าไม่มีพื้นที่ในเขตใดมีความหนาแน่นสูง ทั้ง FAR และ BCR แสดงให้เห็นว่าเขตเหล่านี้มีพื้นที่เป็นเนื้อเดียวกันที่ค่อนข้างโดดเด่นตามแนวนอนและต่ำสูงการพัฒนาในเมือง UU.15 (Residencial El Pinar) มีค่า FAR ต่ำสุด แสดงถึงพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียว (รวมทั้งสุสาน) ซึ่งไม่มีการตรวจพบตึกในทางตรงกันข้ามย่านอุตสาหกรรม (UU.14) แสดงให้เห็น BCR ที่ต่ำมากและ FAR เป็นมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่พื้นดิน ซึ่งหน่วยนี้ถูกครอบครองโดยโครงสร้างอุตสาหกรรม

Yan et al. (2015) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมผลการศึกษิต่าง ๆ เช่น การพัฒนาและการเติบโตของเทคโนโลยีไลดาร์ ข้อมูลไลดาร์ คุณลักษณะของไลดาร์ รวมถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีไลดาร์ ในการเติบโตอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีไลดาร์ ที่เน้นการสำรวจอุตสาหกรรม จากผลการสำรวจชี้ให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 75 ในจำนวนของระบบในการใช้งานไลดาร์ ร้อยละ 53 ผู้ประกอบการในไลดาร์ และร้อยละ 100 ในจำนวนของผู้ใช้ระหว่างปี 2005 และปี 2008 ตามการสำรวจเดียวกันมีแนวโน้มสูงขึ้น คาดว่าดำเนินต่อไปในอีกหลายปีข้างหน้า ซึ่งไลดาร์มีประโยชน์ในการนำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น การนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องของเมือง การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงน้ำท่วมในเขตเมือง การประเมินรังสีดวงอาทิตย์ เป็นต้น

Lohani (2016) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data collection, processing and Applications โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะอธิบายเกี่ยวกับหลักการของเทคโนโลยีไลดาร์ การจัดเก็บข้อมูล การประมวลผลและการนำข้อมูลไลดาร์มาประยุกต์ใช้ จากการศึกษา ไลดาร์มีกระบวนการทำงานคล้ายกับเครื่องมือวัดระยะทางอเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการทำงานของไลดาร์เป็นการสะท้อนของแสงเลเซอร์ที่ส่งไปยังวัตถุและสะท้อนกลับ โดยข้อมูลไลดาร์นั้นเป็นตัวแปรสำคัญในการสำรวจข้อมูลไลดาร์ ซึ่งหากความหนาแน่นของข้อมูลไลดาร์มีมากเมื่อสำรวจข้อมูลจะทำให้ได้ข้อมูลที่ดีขึ้นและช่วยประหยัดเวลาในการสกัดข้อมูล โดยการทำงานของไลดาร์สามารถทำงานได้ทั้งภาคพื้นดินและทางทะเล ทั้งนี้ไลดาร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นได้ เช่น การจัดการน้ำท่วม การทำแผนที่ป่าไม้ การประยุกต์ใช้ในงานด้านผังเมือง เป็นต้น

Harrap et al. (2016) ได้ทำการศึกษาภาพรวมของไลดาร์และการนำมาประยุกต์ใช้กับเมือง พบว่า ไลดาร์สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเมืองและทำแผนที่โครงสร้างพื้นฐานใน

เมืองได้อย่างถูกต้องและสะดวกรวดเร็วและสามารถหาค่าเรขาคณิตได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งการรวมกันของ ไลดาร์และการถ่ายภาพความละเอียดสูงจะช่วยให้มีความถูกต้องและน่าสนใจในการสร้างรูปแบบสามมิติของพื้นที่ในเมืองที่ถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็วในงานวิจัยเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลไลดาร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสกัดคุณลักษณะและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างต่อเนื่อง



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความหนาแน่นของเมือง กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์ และเขตสตริป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลไลดาร์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเมือง มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

3.2. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4. สมการการคำนวณเรื่องการศึกษาความหนาแน่นของเมือง กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์ และเขตสตริปเมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ลำดับ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล/เว็บไซต์	รายละเอียด
1	ข้อมูลไลดาร์	https://www.coast.noaa.gov/dataviewer/	เขตดาวทาวน์ (Downtown Pittsburgh)
2	ภาพถ่ายดาวเทียม	Google Earth	และเขตสตริป (Strip District) เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย

ข้อมูลไลดาร์ หมายถึง ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในรูปแบบ LAS File ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์สาธารณะสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลจุดสามมิติระหว่างผู้ใช้ข้อมูล และรูปแบบ LAS File เป็นรูปแบบไบนารีที่เก็บรักษาข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับลักษณะของข้อมูลไลดาร์ที่ไม่ซับซ้อนเกินไป และกลายเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมในระดับสากลและสามารถทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ได้และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จาก Google Earth ที่มีความละเอียดในแต่ละภาพเท่ากับ 4800×2718 พิกเซล

3.2. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

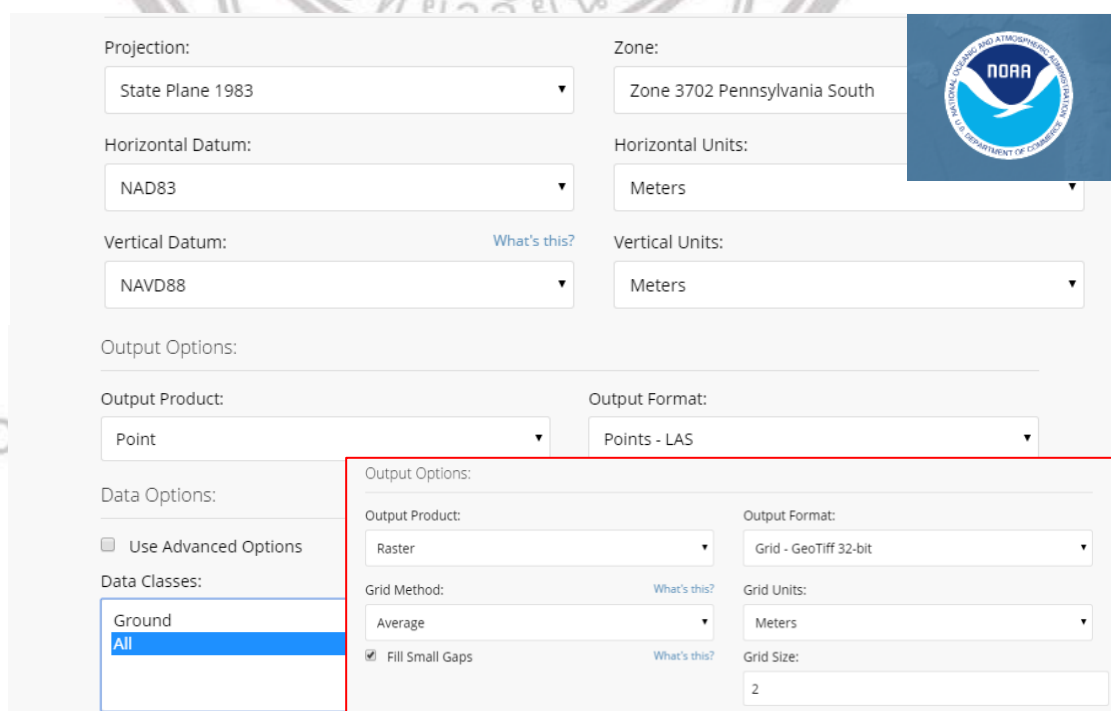
1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Intel® Core™ i5-2450M CPU @ 2.50GHz RAM 4.00GB
2. โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS
3. Google Earth

3.3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์

1.1. ข้อมูลไลดาร์ที่นำมาใช้ คือ ข้อมูลจุดและข้อมูลราสเตอร์โดยสามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://www.coast.noaa.gov/dataviewer/>

การดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์ทั้งในรูปแบบข้อมูลจุดและข้อมูลราสเตอร์จะกำหนดค่า Projection คือ State Plane 1983 Zone 3702 Pennsylvania South และกำหนดค่า Horizontal Datum คือ NAD83 มีหน่วยเป็นเมตรและค่า Vertical Datum มีหน่วยเป็นเมตร โดยข้อมูลจุดปรากฏในรูปแบบข้อมูล LAS file ทั้งหมด 25 ไฟล์และข้อมูลราสเตอร์มีขนาด 2x2 เมตร ดังภาพ 3.1



The screenshot shows the NOAA Data Viewer interface with the following settings:

- Projection:** State Plane 1983
- Zone:** Zone 3702 Pennsylvania South
- Horizontal Datum:** NAD83
- Horizontal Units:** Meters
- Vertical Datum:** NAVD88
- Vertical Units:** Meters
- Output Product:** Point
- Output Format:** Points - LAS
- Data Options:**
 - Use Advanced Options
- Data Classes:**
 - Ground
 - All (selected)
- Output Options (highlighted in red):**
 - Output Product:** Raster
 - Output Format:** Grid - GeoTiff 32-bit
 - Grid Method:** Average
 - Grid Units:** Meters
 - Fill Small Gaps
 - Grid Size:** 2

ภาพ 3.1 การดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์

1.2. สร้าง Las dataset สำหรับจัดเก็บข้อมูลไลดาร์ที่อยู่ในรูปแบบ LAS files เพื่อให้พร้อมใช้งานได้บนโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

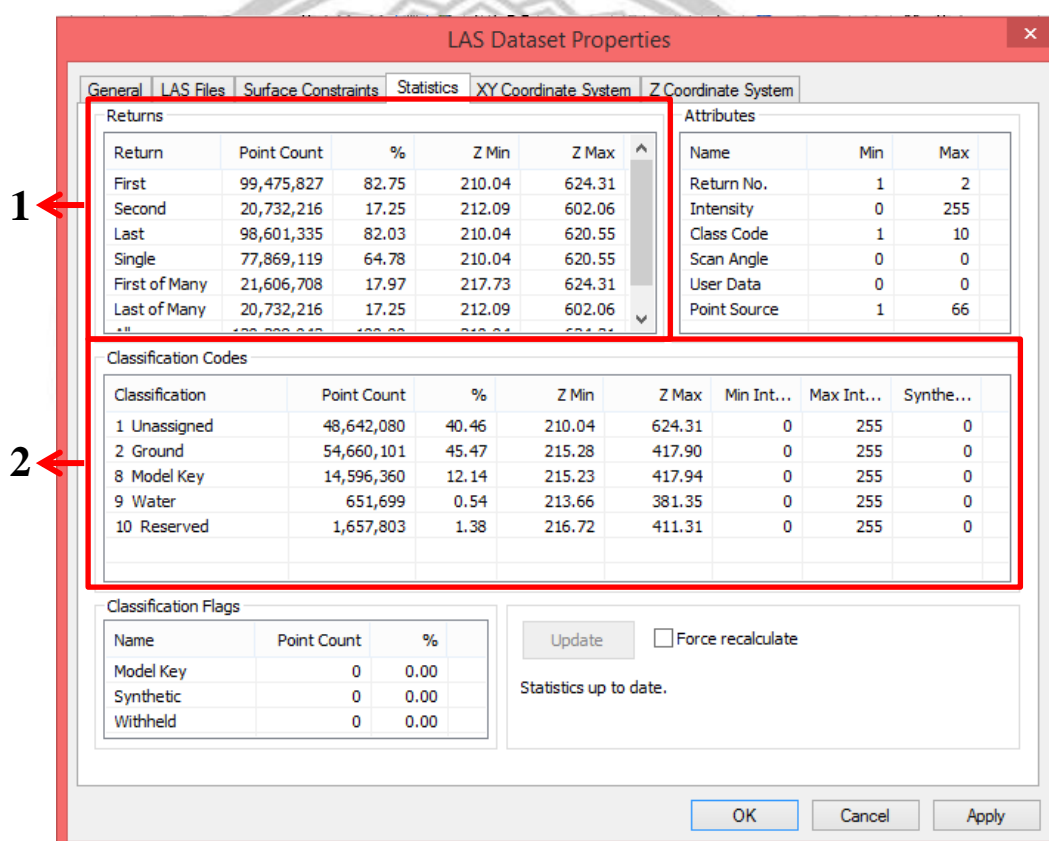
- คลิกขวาที่โฟลเดอร์ที่ต้องการ > New > Las Dataset
- คลิกขวาที่ Las Dataset > Properties > LAS File tab > Add File

โดยในคอลัมน์ที่ 1 แสดงจำนวนข้อมูลไลดาร์ที่ได้จากการดาวน์โหลดทั้งหมด 25 ไฟล์ คอลัมน์ที่ 2 แสดงจำนวนจุดข้อมูลไลดาร์ในแต่ละไฟล์และคอลัมน์ที่ 3 แสดงระยะห่างระหว่างจุดในแต่ละไฟล์

LAS File	Version	Point Count	Point Spacing	Z Min	Z Max	Statistics
job329339_40079_34_92.las	1.1	2,962,972	1.658	250.340	430.630	...
job329339_40079_34_96.las	1.1	4,648,370	1.636	233.900	405.430	...
job329339_40079_38_92.las	1.1	3,275,512	1.786	215.960	402.160	...
job329339_40079_38_96.las	1.1	5,495,690	1.699	214.730	500.500	...
job329339_40079_42_92.las	1.1	3,895,280	1.637	222.180	391.320	...
job329339_40079_42_96.las	1.1	5,470,711	1.702	214.880	537.190	...
job329339_40079_46_92.las	1.1	3,481,165	1.732	216.170	376.340	...
job329339_40079_46_96.las	1.1	5,227,270	1.741	216.060	404.080	...
job329339_40079_50_92.las	1.1	3,553,699	1.543	233.230	390.760	...
job329339_40079_50_96.las	1.1	5,031,274	1.601	219.890	393.870	...
job329339_40080_34_00.las	1.1	4,471,146	1.668	285.160	418.270	...
job329339_40080_34_04.las	1.1	4,583,050	1.648	297.030	429.900	...
job329339_40080_34_08.las	1.1	4,263,482	1.664	250.980	400.140	...
job329339_40080_38_00.las	1.1	5,611,617	1.681	248.310	426.480	...
job329339_40080_38_04.las	1.1	5,625,639	1.681	247.360	516.680	...
job329339_40080_38_08.las	1.1	5,185,899	1.705	225.010	396.130	...
job329339_40080_42_00.las	1.1	4,814,057	1.815	210.040	493.810	...
job329339_40080_42_04.las	1.1	5,289,214	1.733	213.910	493.150	...
job329339_40080_42_08.las	1.1	5,469,583	1.660	217.410	397.190	...

ภาพ 3.2 การนำเข้าข้อมูลไลดาร์เพื่อสามารถแสดงบนโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

- คลิกที่ Statistics tab > Calculate เพื่อคำนวณค่าสถิติของข้อมูลไลดาร์ โดยในช่องหมายเลข 1 แสดงค่าการสะท้อนกลับของไลดาร์ จำนวนจุดทั้งหมดที่มีการสะท้อนกลับของข้อมูลไลดาร์และร้อยละการสะท้อนกลับของข้อมูลไลดาร์ ส่วนช่องหมายเลข 2 แสดงการจำแนกประเภทของข้อมูลไลดาร์โดยอัตโนมัติ จำนวนจุดทั้งหมดของการจำแนกแต่ละประเภทและร้อยละทั้งหมดของแต่ละการจำแนกประเภทข้อมูล

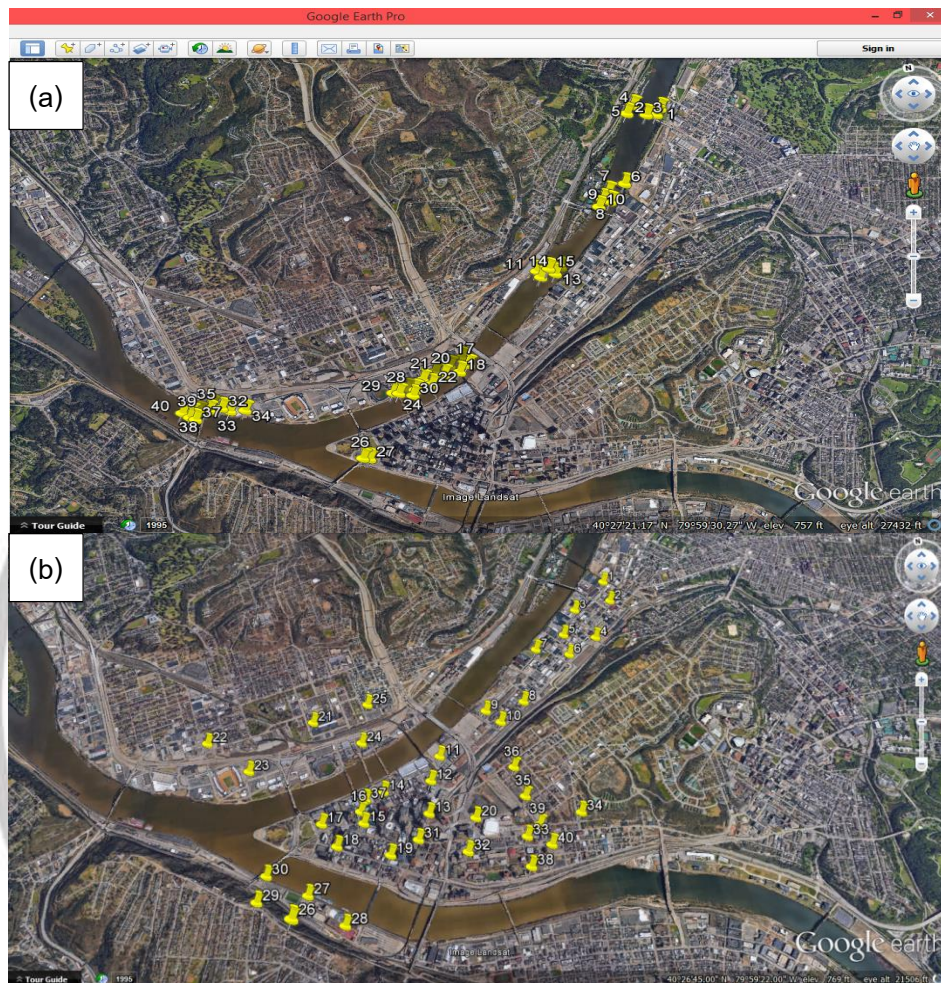


ภาพ 3.3 การคำนวณค่าสถิติของข้อมูลไลดาร์

2. การตรวจสอบความถูกต้องของไลดาร์

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์โดยใช้วิธีการสุ่มบริเวณลำน้ำและถนนโดยวิธีการสุ่มเองและใช้เครื่องมือ Create random point เพื่อนำผลลัพธ์ค่าความสูงที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

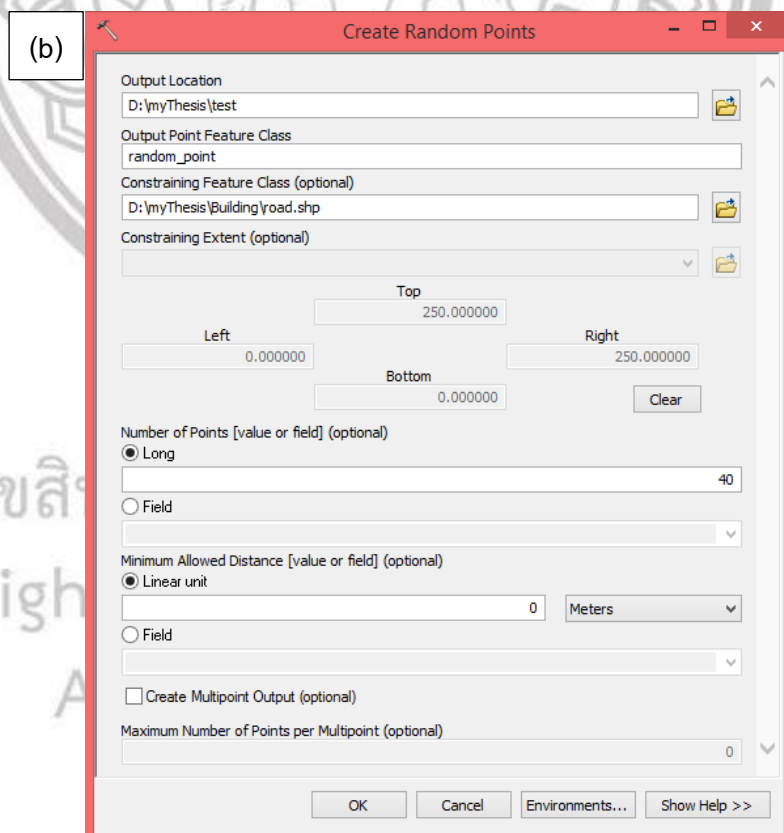
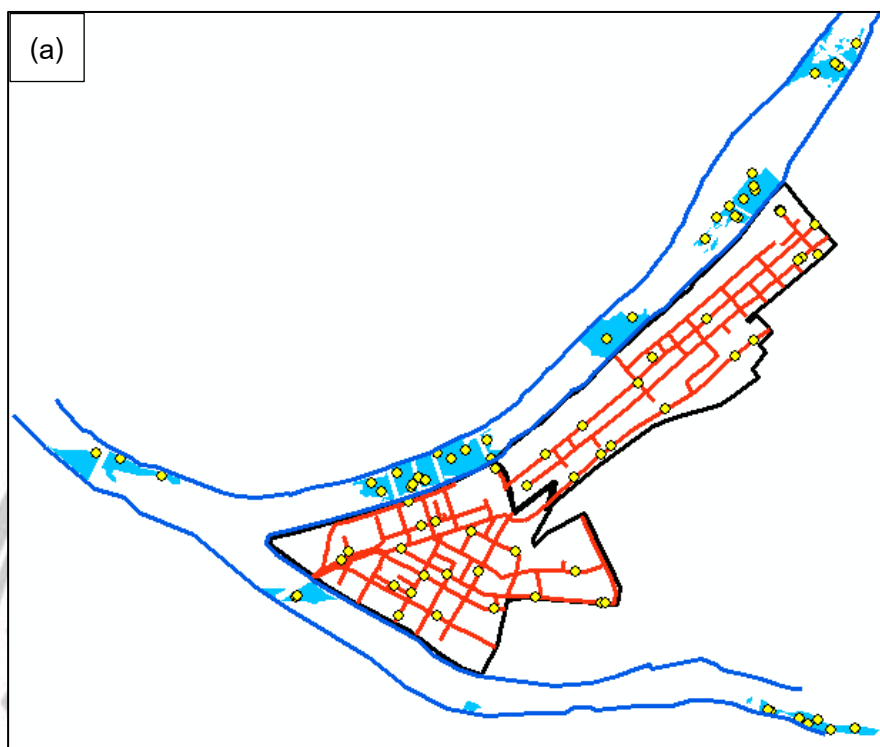
2.1. การสุ่มจุดบนลำน้ำและถนนโดยวิธีการสุ่มด้วยมือ บริเวณละ 40 จุด



ภาพ 3.4 การสุ่มจุดด้วยมือ (a)บริเวณลำน้ำและ (b)ถนน บริเวณละ 40 จุด จาก Google Earth

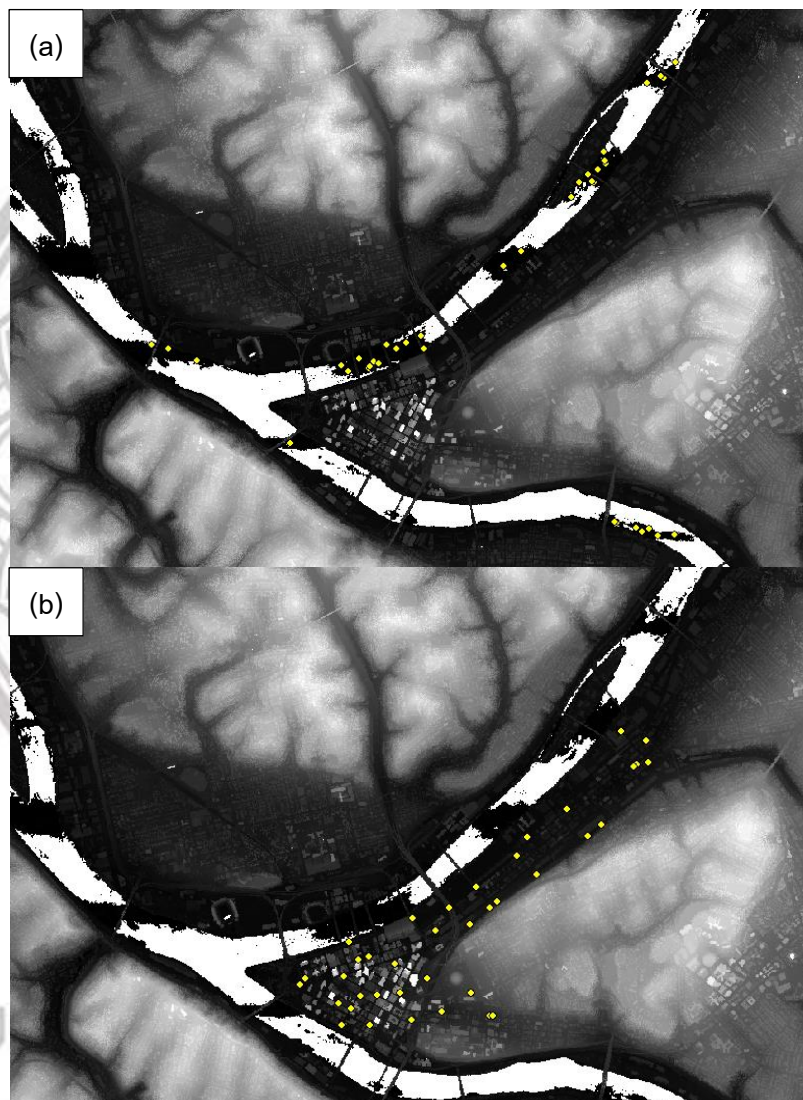
2.2. โดยแต่ละจุดจะบอกค่าพิกัดละติจูด ลองจิจูดและค่าความสูง จากนั้นนำค่าที่ได้ไประบุในตาราง Excel และนำไปคำนวณโดยสมการทางสถิติ

2.3. การสุ่มจุดบริเวณลำน้ำและถนนโดยใช้เครื่องมือ Create random point บริเวณละ 40 จุด โดยการสุ่มนี้จะอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนด คือ การสุ่มบริเวณลำน้ำจะอยู่ภายในบริเวณชั้นข้อมูลลำน้ำที่ได้กำหนดไว้และบริเวณถนนจะอยู่บริเวณชั้นข้อมูลที่กำหนดไว้ ดังภาพ 3.5 โดยจุดสีเหลืองคือจุดที่ได้จากการสุ่มด้วยเครื่องมือ Create random point



ภาพ 3.5 (a) แสดงจุดที่ได้จากการสุ่มด้วยเครื่องมือ Create random point บริเวณลำน้ำและบริเวณถนนบริเวณละ 40 จุด และ (b) เครื่องมือ Create random point

2.4. จากนั้นใช้เครื่องมือ Extract Multi Values to Points เพื่อสกัดค่าความสูงของจุดที่สุ่มได้ (จากข้อ 2.3) จากข้อมูลราสเตอร์เพื่อนำไปคำนวณด้วยสมการสถิติ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงจาก Google Earth จากจุดที่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน

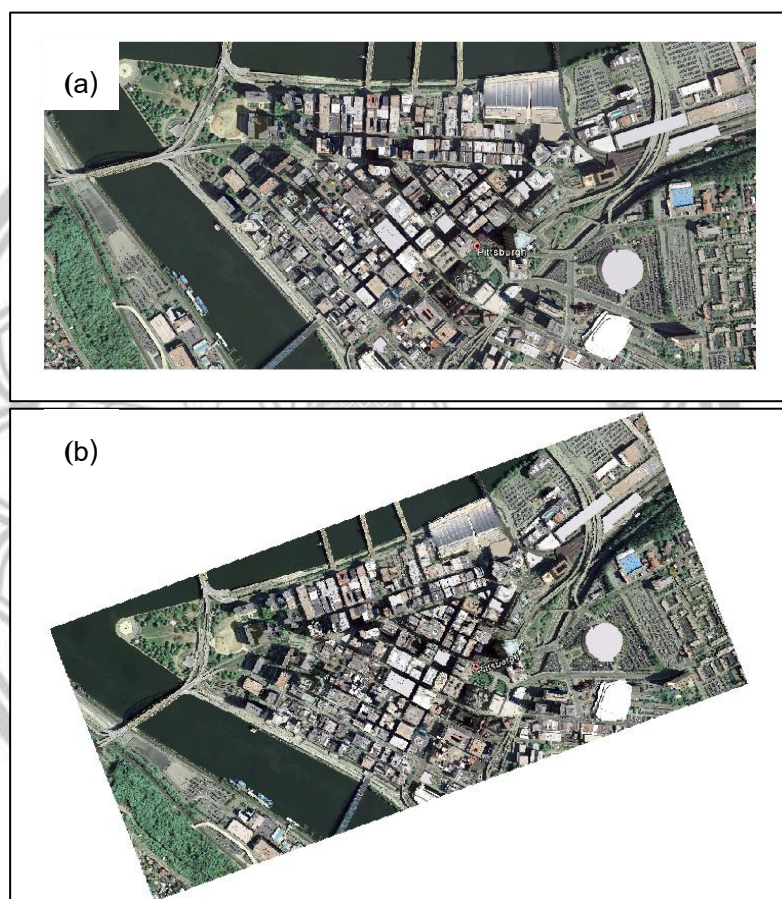


ภาพ 3.6 (a) แสดงจุดที่ได้จากการสุ่มด้วยเครื่องมือ Create random point บริเวณลำน้ำและ (b) บริเวณถนน บริเวณละ 40 จุด

3. การสกัดข้อมูลอาคาร

การสกัดข้อมูลอาคาร คือการหาขอบเขตของอาคารจากข้อมูลไลดาร์เพื่อนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลพารามิเตอร์ในขั้นตอนต่อไป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

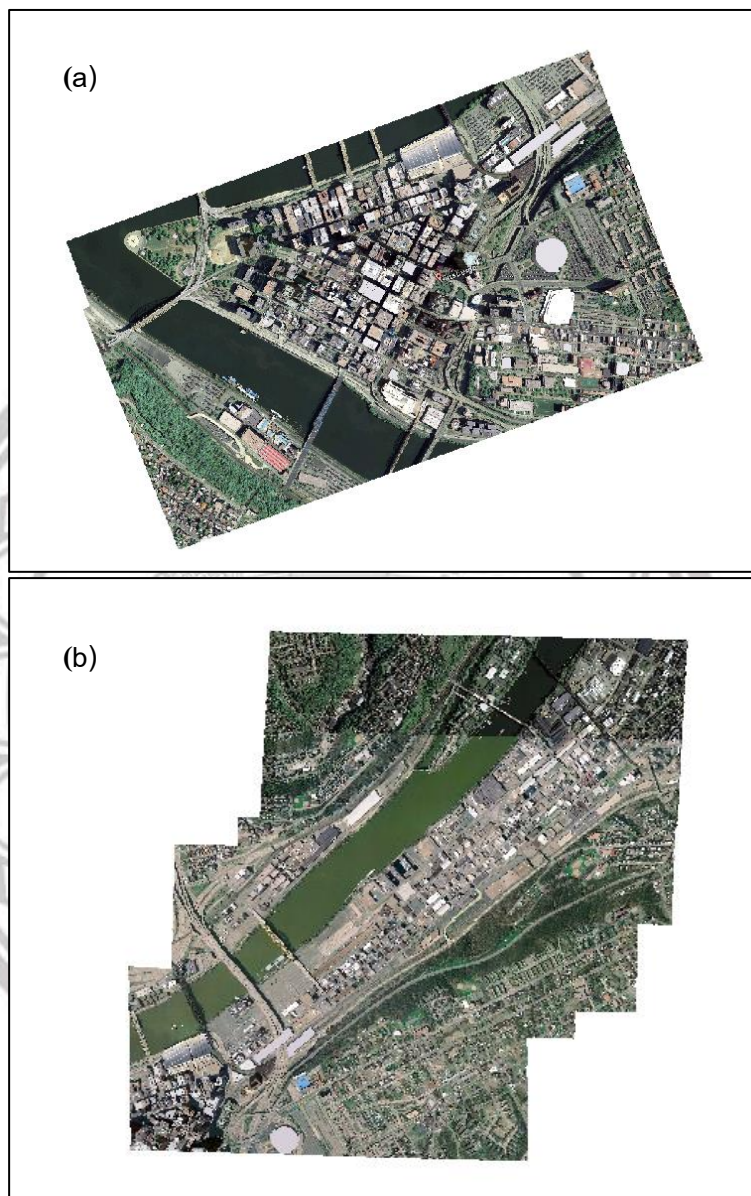
3.1. นำภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่จาก Google Earth โดยเขตดาวนันทานมีจำนวน 2 รูปและเขตสตรีปมีจำนวน 5 รูป โดยแต่ละรูปมีความละเอียดภาพเท่ากับ 4800×2718 พิกเซล นำมาใส่ค่าพิกัดโดยใช้เครื่องมือ Georeferencing



ภาพ 3.7 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษา

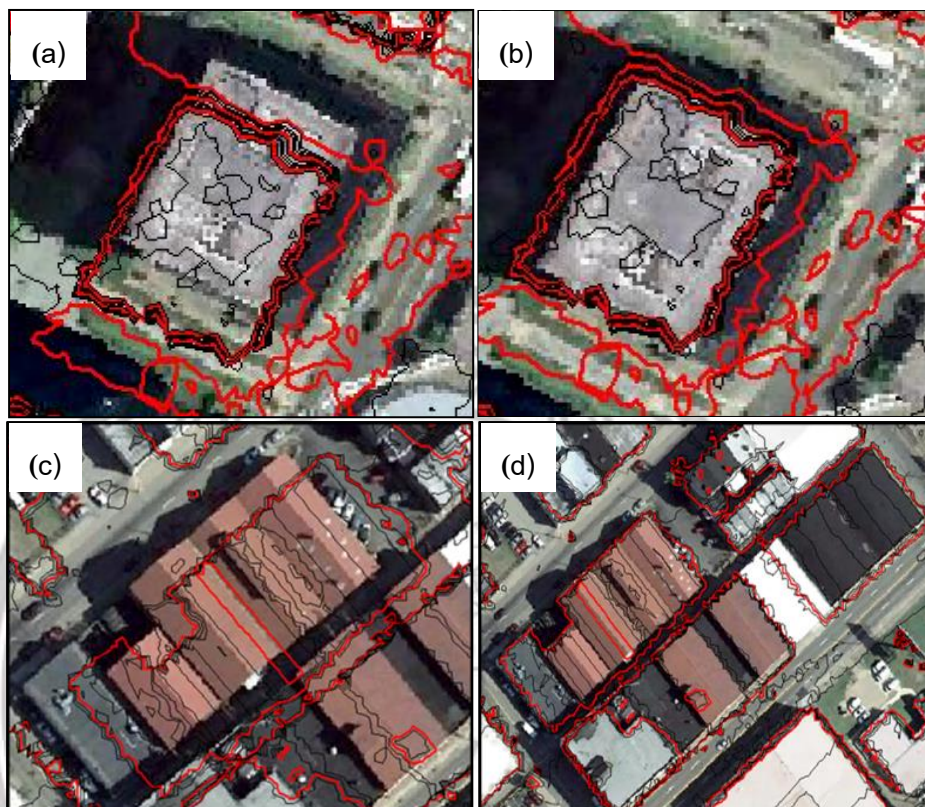
(a) ก่อนการใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (b) หลังการใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์

3.2. เมื่อใส่ค่าพิกัดภาพทั้งหมดแล้ว ปรับแก้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ของภาพโดยใช้เครื่องมือ Define projection จากนั้นนำภาพแต่ละพื้นที่ศึกษาไปโมเสคเพื่อให้ง่ายต่อการหาขอบเขตอาคาร



ภาพ 3.8 ภาพพื้นที่ศึกษาที่ผ่านการโหมสเคภาพแล้ว โดย (a) เขตดาวทาวน์ (b) เขตสตรีป

3.3. จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลภาพและข้อมูลไลดาร์โดยข้อมูลไลดาร์จะแสดงในรูปแบบเส้นชั้นความสูงเพื่อที่จะสามารถเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน หากข้อมูลทั้งสองไม่ตรงกันให้ทำการปรับแก้พิกัดภาพอีกครั้งให้ตรงกับข้อมูลไลดาร์



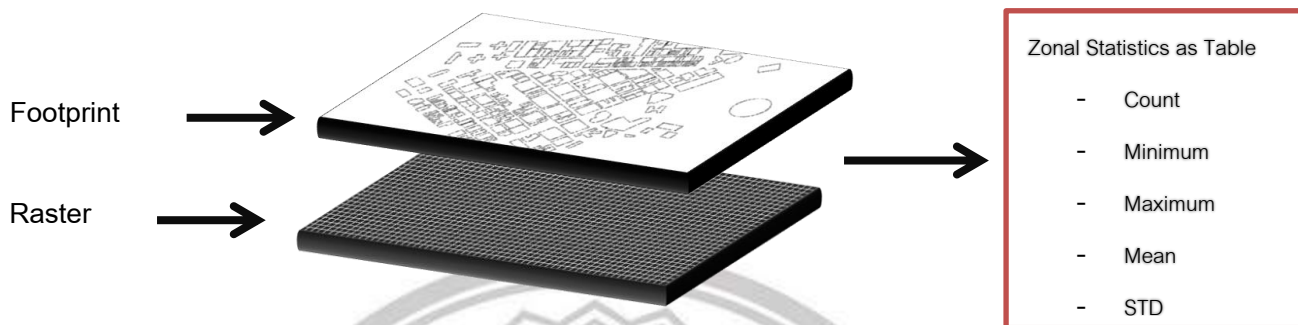
ภาพ 3.9 ภาพก่อน (a,c) และหลัง (b,d) การปรับแก้พิกัดภาพ

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลไลดาร์ที่แสดงในรูปแบบเส้นชั้นความสูงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะสังเกตว่า ข้อมูลไลดาร์นั้นไม่ตรงกับขอบเขตของอาคารดังภาพ 3.9 (a) และ (c) เมื่อนำมาดิจิทัลข้อมูลขอบเขตอาคารทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ ดังนั้นจึงได้ทำการปรับแก้พิกัดภาพให้ตรงกับข้อมูลไลดาร์ดังภาพ 3.9 (b) และ (d)

3.4. เมื่อปรับแก้พิกัดภาพให้ตรงข้อมูลไลดาร์แล้ว สามารถดิจิทัลขอบเขตอาคารจากภาพเพื่อจะได้ข้อมูลขอบเขตอาคาร

4. การสกัดข้อมูลพารามิเตอร์

การสกัดข้อมูลพารามิเตอร์ คือการคำนวณค่าทางสถิติและเรขาคณิตจากข้อมูลขอบเขตอาคาร (ข้อที่ 3) โดยหาค่าสถิติด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics as Table โดยใช้ข้อมูลขอบเขตอาคารและข้อมูลไลดาร์และนำไปคำนวณด้วยสมการทางสถิติและเรขาคณิต (ข้อ 3.4)



ภาพ 3.10 การสกัดข้อมูลพารามิเตอร์

การสกัดข้อมูลพารามิเตอร์นั้นใช้ข้อมูลขอบเขตอาคาร (Footprint) ที่ได้จากการดิจิทัลชี้ข้อมูลขอบเขตอาคารจากภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth โดยพบอาคารในเขตดาวทาวน์ทั้งหมด 281 อาคาร เขตสตรีปพบอาคารทั้งหมด 357 อาคาร และข้อมูลราสเตอร์ขนาด 2x2 เมตรที่ได้จากการดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์ตั้งที่กล่าวไว้ข้างต้น และนำมาหาค่าสถิติด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics as Table เพื่อให้ทราบค่าทางสถิติที่นำไปใช้ในการคำนวณค่าสถิติและเซาคณิต

3.4. สมการการคำนวณ

1. การคำนวณค่าทางสถิติเพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์สามารถหาได้โดยสมการการคำนวณ ดังต่อไปนี้

1. Root Mean Square Error หรือความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{google} - Z_{lidar})^2}{n}} \quad (\text{สมการที่ 3.1})$$

2. Mean Absolute Error หรือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z_{google} - Z_{lidar}|}{n} \quad (\text{สมการที่ 3.2})$$

3. Mean Bias Error

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{google} - Z_{lidar})}{n} \quad (\text{สมการที่ 3.3})$$

Z_{google} หมายถึง ค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth

Z_{lidar} หมายถึง ค่าความสูงที่ได้จากข้อมูลไลดาร์

n หมายถึง จำนวนจุดทั้งหมด

โดยทั้งสามสมการเป็นการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริง (ข้อมูล Google Earth) และค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลอง (ข้อมูลไลดาร์) หากค่าที่ได้มีค่าน้อยหรือใกล้ศูนย์ แสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริงและหากค่านี้มีค่าเท่ากับศูนย์จะหมายความว่า ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบจำลองนี้เลย

2. การคำนวณค่าทางเรขาคณิตและสถิติสามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

2.1. Size of Footprint (S) หรือ ขนาดของพื้นที่ฐานอาคาร

$$S = nr^2 \quad (\text{สมการที่ 3.4})$$

n หมายถึง จำนวนเซลล์ที่อยู่ภายในขอบเขตอาคาร

r หมายถึง ขนาดของเซลล์

2.2. Height (H) หรือ ขนาดความสูงของอาคาร

$$H = \text{Max} \{h_i\} \quad (\text{สมการที่ 3.5})$$

h_i หมายถึง ความสูงที่สูงที่สุดที่อยู่ภายในขอบเขตอาคาร

2.3. Average size of footprint (AV_S) หรือ ค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ฐานอาคาร

$$AV_S = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^b S_i \quad (\text{สมการที่ 3.6})$$

b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด

S_i หมายถึง ขนาดพื้นที่ฐานอาคารแต่ละอาคาร

2.4. Average height (AV_H) หรือ ค่าเฉลี่ยของความสูงอาคาร

$$AV_H = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^b H_i \quad (\text{สมการที่ 3.7})$$

b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด

H_i หมายถึง ความสูงของแต่ละอาคาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

2.5. Standard deviation of footprint size (SD_S) หรือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดพื้นที่ฐานอาคาร สำหรับเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ฐานอาคารในข้อมูลว่ามีกระจายตัวของข้อมูลออกไปมากน้อยเท่าใด เมื่อข้อมูลอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย แต่หากข้อมูลอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยมากจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก และเมื่อข้อมูลทุกตัวมีค่าเท่ากันหมดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือไม่มีการกระจายตัว

$$SD_S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^b (S_i - AV_S)^2}{b}} \quad (\text{สมการที่ 3.8})$$

b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด

S_i หมายถึง ขนาดพื้นที่ฐานอาคารแต่ละอาคาร

AV_S หมายถึง ค่าเฉลี่ยขนาดพื้นที่ฐานอาคารทั้งหมด

2.6. Standard deviation of height (SD_H) หรือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงอาคาร สำหรับเปรียบเทียบขนาดความสูงของอาคารในข้อมูลว่ามีกระจายตัวของข้อมูลออกไปมากน้อยเท่าใด เมื่อข้อมูลอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย แต่หากข้อมูลอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยมากจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก และเมื่อข้อมูลมีค่าเท่ากันหมดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือไม่มีการกระจายตัว

$$SD_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^b (H_i - AV_H)^2}{b}} \quad (\text{สมการที่ 3.9})$$

b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด

H_i หมายถึง ความสูงของอาคารแต่ละอาคาร

AV_H หมายถึง ค่าเฉลี่ยความสูงของอาคารทั้งหมด

Copyright by Naresuan University

3. การหาค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) สามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

3.1. ค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) เพื่อกำหนดขนาดของตัวอาคารในแต่ละแปลงและเพื่อรักษาลักษณะของเมืองที่ตีรวมทั้งลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในเขตเมือง

$$BCR = \frac{\sum_{i=1}^b S_i}{S_L} \quad (\text{สมการที่ 3.10})$$

- b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด
 S_i หมายถึง ขนาดพื้นที่ฐานอาคารแต่ละอาคาร
 S_L หมายถึง ขนาดพื้นที่จริงทั้งหมด

3.2. ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) เพื่อควบคุมความหนาแน่นประชากรในเขตเมืองให้มีความสมดุลในเขตที่มีความหนาแน่นมาก

$$FAR = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^t A_{i,j}}{S_L} \quad (\text{สมการที่ 3.11})$$

- b หมายถึง จำนวนอาคารทั้งหมด
t หมายถึง จำนวนชั้นทั้งหมด
 $A_{i,j}$ หมายถึง พื้นที่ของชั้น j ของตึก i
 S_L หมายถึง ขนาดพื้นที่จริงทั้งหมด

ค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) ในแต่ละพื้นที่จะมีค่าที่กำหนดแตกต่างกันไปตามความสามารถในการรองรับและสภาพแวดล้อมนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

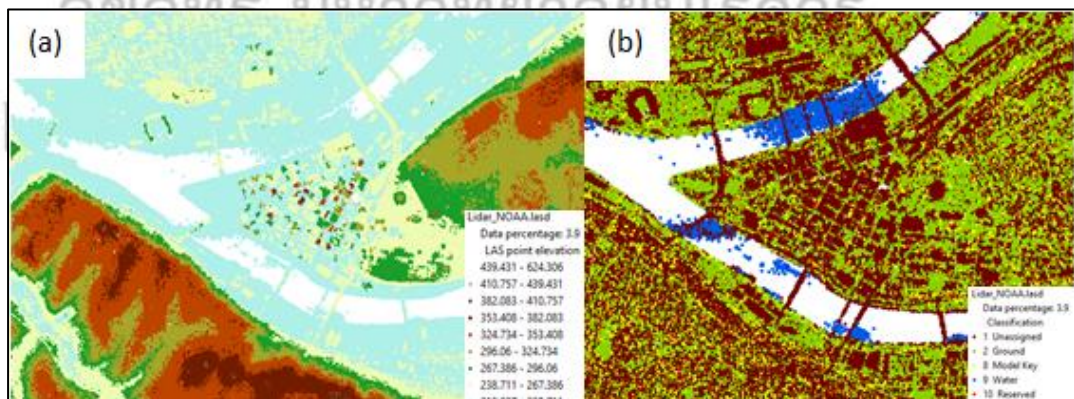
บทนี้บรรยายถึงการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานการศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อศึกษาข้อมูลไลดาร์รวมทั้งกระบวนการสกัดข้อมูลและหาความหนาแน่นของอาคารในเขตพื้นที่เมือง โดยใช้ข้อมูลไลดาร์ เพื่อสกัดค่าพารามิเตอร์ในเรื่องความหนาแน่นของเมืองและนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จาก Google Earth พบว่าข้อมูลไลดาร์มีความถูกต้องแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสามารถนำมาเป็นแนวทางในงานด้านการวางผังเมือง โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์

4.2 ผลการสกัดข้อมูลอาคารและพารามิเตอร์

4.3 ผลการคำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR)

ข้อมูลไลดาร์ที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ LAS file ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลข้อมูลจุดสามมิติระหว่างผู้ใช้ข้อมูลและเก็บข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงของลักษณะข้อมูล LIDAR ที่ไม่ซับซ้อนเกินไปและสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ ดังภาพที่ 4.1



ภาพ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลไลดาร์ (a) ข้อมูลไลดาร์ประเภทระดับความสูง (b) ข้อมูลไลดาร์ประเภทการจำแนกประเภท

4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์ในพื้นที่ลำน้ำและถนนโดยมีสมมติฐานว่าพื้นที่ทั้งสองควรมีค่าความสูงคงที่เนื่องจากมีลักษณะเป็นที่ราบของพื้นผิวที่ตั้งเหมาะสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์ โดยการคำนวณค่าสถิติจากข้อมูลความสูงไลดาร์เปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth โดยมีสมมติฐานว่า ข้อมูลความสูงจาก Google Earth มีความถูกต้องสูงเนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลความสูงอ้างอิงจากแหล่งอื่นได้จากนั้นนำไปคำนวณโดยใช้สมการทางสถิติ RMSE, MAE และ MBE ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลความสูงทั้งสองแหล่งและทำการสุ่มจุดด้วยเครื่องมือ Create random point ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างจุดตรวจสอบข้อมูลโดยวิธีการสุ่มและการสุ่มจุดด้วยมือ บริเวณละ 40 จุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 4.1 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลไลดาร์บริเวณลำน้ำและถนนโดยเครื่องมือ Create Random Point

	ลำน้ำ	ถนน
RMSE	0.73	1.15
MAE	0.60	0.77
MBE	0.18	0.14

จากตาราง 4.1 แสดงให้เห็นว่าจากการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้จากบริเวณลำน้ำและถนนมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าค่าความสูงจากข้อมูลไลดาร์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth แต่ยังมีค่า RMSE บริเวณถนนเท่านั้นที่มีค่ามากกว่าศูนย์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสุ่มอยู่ใกล้กับบริเวณอาคารจึงทำให้ค่าความสูงที่ได้มีค่ามากเมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ค่า RMSE มีค่ามาก

ตาราง 4.2 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลไลดาร์บริเวณลำน้ำและถนนโดยวิธีการสุ่มด้วยมือ

	ลำน้ำ	ถนน
RMSE	1.09	2.00
MAE	0.95	0.72
MBE	0.48	0.10

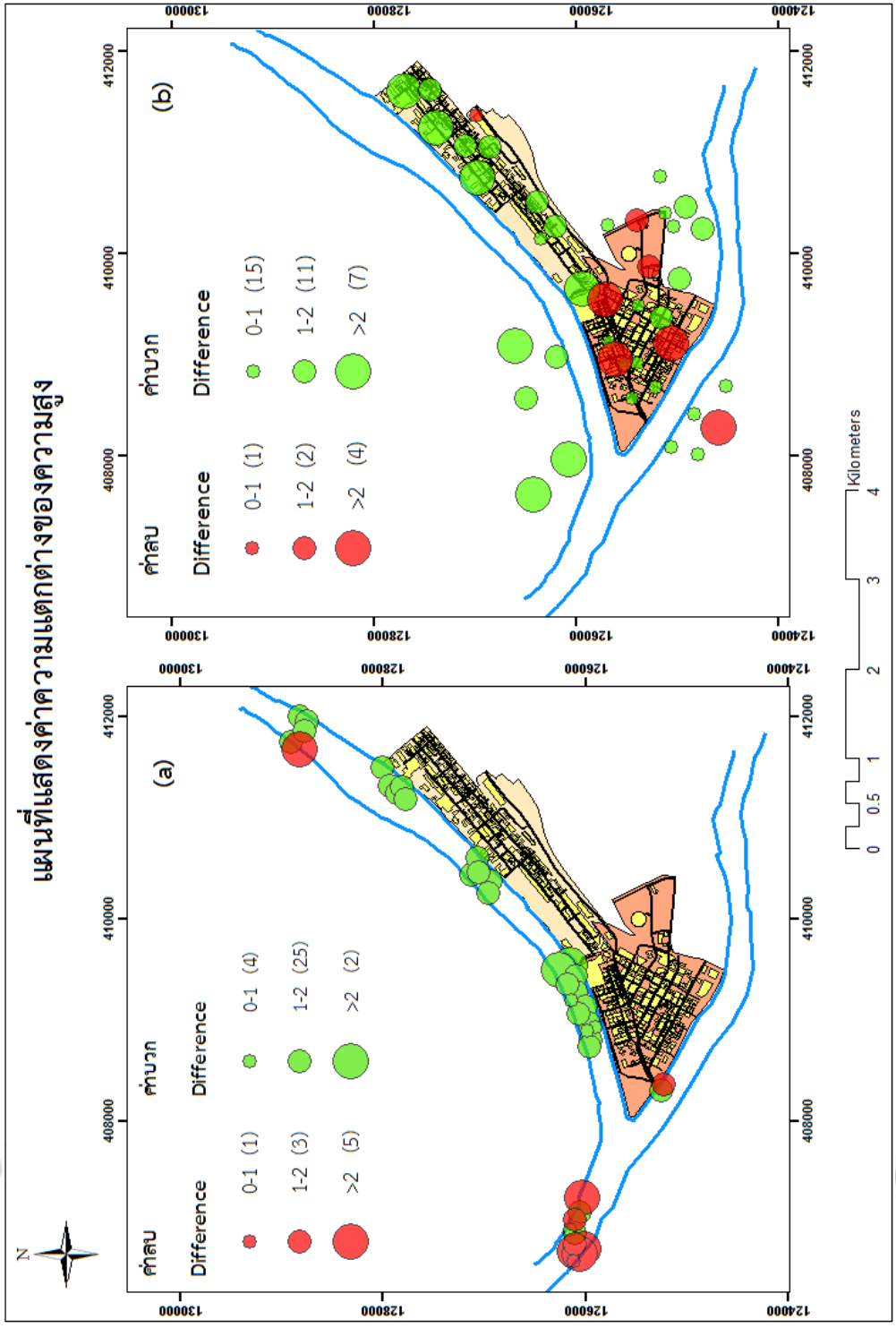
จากตาราง 4.2 พบว่าค่า MAE และ MBE ทั้งบริเวณลำน้ำและถนนมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงจาก Google Earth แต่ยังมีค่า RMSE ที่มีค่ามากกว่าหนึ่ง ทั้งนี้อาจเกิดจากการสุ่มจุดบริเวณลำน้ำอยู่ใกล้กับพื้นดินและการสุ่มจุดบริเวณถนนอยู่ใกล้กับอาคารจึงทำให้ค่าความสูงที่ได้มีค่ามากและเมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ค่า RMSE มีค่ามาก

ค่าความแตกต่างความสูงที่ได้จาก Google Earth และข้อมูลไลดาร์โดยใช้สูตร Mean Bias Error ดังแสดงในภาพ 4.2 และ 4.3 โดยวงกลมสีแดงแสดงถึงค่าความแตกต่างที่เป็นลบ หมายถึงความสูงจากข้อมูลไลดาร์มีค่ามากกว่าความสูงจากข้อมูลจาก Google Earth ตรงกันข้ามวงกลมสีเขียวแสดงถึงค่าความแตกต่างที่เป็นบวก หมายถึง ข้อมูลไลดาร์มีค่าความสูงน้อยกว่าค่าความสูงจาก Google Earth จากภาพ 4.2 (a) มีการกระจายตัวของวงกลมสีเขียวบริเวณกลางลำน้ำซึ่งอยู่ในช่วงที่ 1-2 มากที่สุด จำนวน 25 จุดหรือร้อยละ 62.5 และมีการกระจายตัวของวงกลมสีแดงบริเวณลำน้ำที่ใกล้กับพื้นดินซึ่งอยู่ในช่วงมากกว่า 2 มากที่สุด จำนวน 5 จุดหรือร้อยละ 12.5 เช่นเดียวกับภาพ 4.2 (b) มีการกระจายตัวของวงกลมสีเขียวบริเวณเขตดาวทาวนซึ่งอยู่ในช่วง 0-1 มากที่สุด จำนวน 15 จุดหรือร้อยละ 37.5 และมีการกระจายตัวของวงกลมสีแดงในบริเวณเขตดาวทาวนซึ่งอยู่ในช่วงที่มากกว่า 2 มากที่สุด จำนวน 4 จุดหรือร้อยละ 10 ดังนั้นภาพ 4.2 (a) และ (b) แสดงให้เห็นว่าค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth มีความสูงมากกว่าค่าความสูงจากข้อมูลไลดาร์ แต่มีค่าความสูงจากข้อมูลไลดาร์มีคลาดเคลื่อนของความสูงที่สามารถยอมรับได้และนำมาประมาณค่าความสูงแทนข้อมูลจาก Google Earth ได้

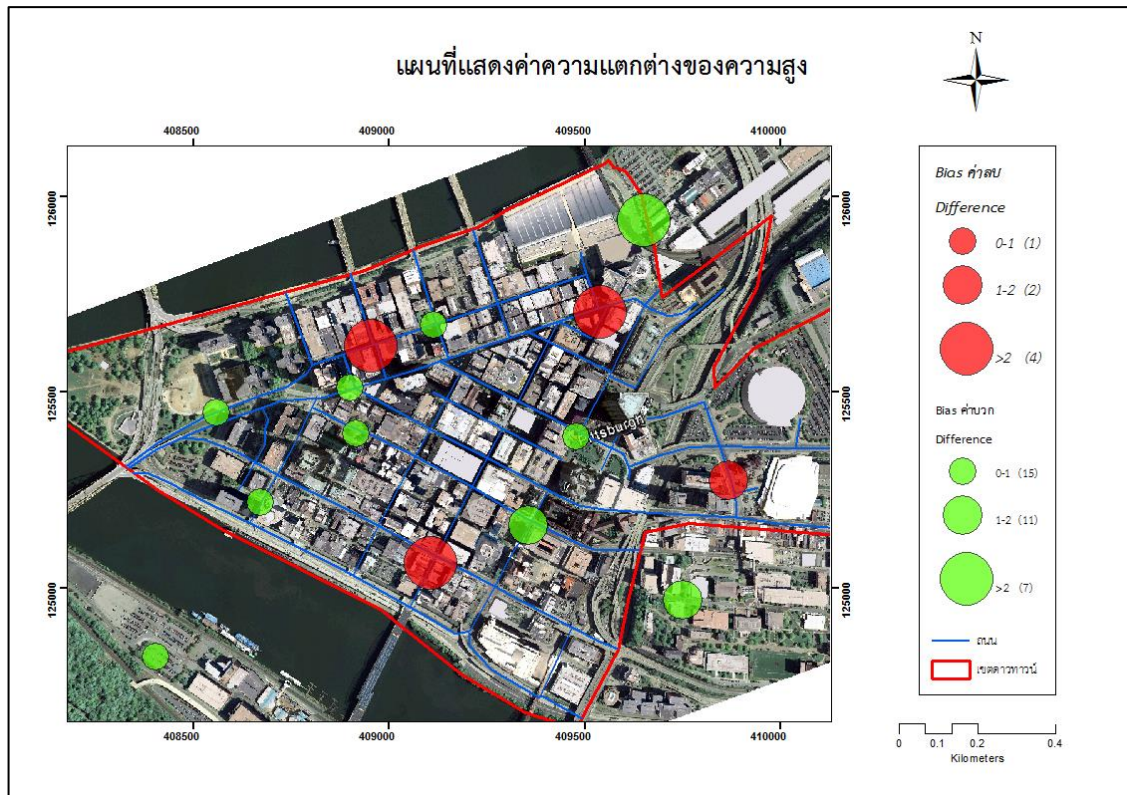
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

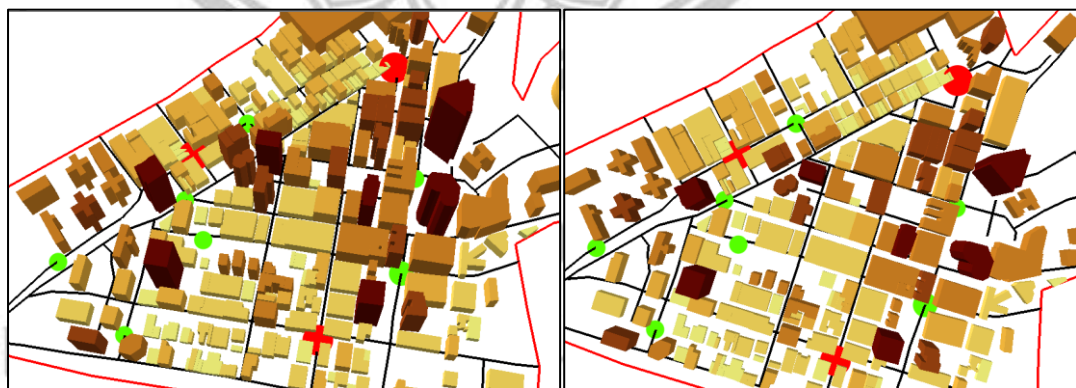
All rights reserved



ภาพ 4.2 แผนที่แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลโดคาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณ (a) ลำน้ำ (b) ถนน โดยภายในวงสีแดงแสดงจำนวนจุดที่พบ



ภาพ 4.3 แผนที่แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณถนน เขตดาวทาวน์ โดยที่ค่าในวงเล็บคือจำนวนจุดในแต่ละช่วงค่าความแตกต่าง



ภาพ 4.4 แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณถนนรูปแบบสามมิติ เขตดาวทาวน์

4.2 การสกัดข้อมูลอาคารและพารามิเตอร์

ตาราง 4.3 และภาพ 4.5 แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสกัดข้อมูลอาคารในเขตเมืองโดยการสร้างขอบเขตอาคาร (Footprint) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth และข้อมูลไลดาร์ ในเขตดาวทาวน์พบอาคารรวมทั้งหมด 281 อาคาร และมีความหนาแน่นของอาคารน้อยที่สุดคือ 169 อาคารต่อตารางกิโลเมตร เขตสตรีปพบอาคารรวมทั้งหมด 357 อาคารและมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดคือ 226 อาคารต่อตารางกิโลเมตร โดยในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีขนาดพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,854.26 ตารางเมตรซึ่งมากกว่าเขตสตรีปที่มีขนาดพื้นที่ฐานอาคารคือ 1,189.10 ตารางเมตรและความสูงของอาคารในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีความสูงเฉลี่ย 49.78 เมตรซึ่งสูงกว่าอาคารในเขตสตรีปที่มีความสูงเฉลี่ย 12.25 เมตร ในส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดพื้นที่ฐานอาคารเขตดาวทาวน์และเขตสตรีปเท่ากับ 3,651.34 ตารางเมตรและ 2,428.68 ตารางเมตรตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพื้นที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงจากค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าขนาดของพื้นที่ฐานอาคารทั้งสองพื้นที่มีขนาดที่แตกต่างกันทั้งขนาดพื้นที่ฐานขนาดใหญ่จนถึงขนาดพื้นที่ฐานที่ขนาดเล็ก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของอาคารในเขตดาวทาวน์และเขตสตรีปเท่ากับ 38.92 เมตรและ 8.26 เมตร โดยในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงอาคารที่สูงจากค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าในเขตดาวทาวน์มีความสูงของอาคารที่แตกต่างกันทั้งอาคารสูงและอาคารต่ำ แต่ในเขตพื้นที่สตรีปมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงอาคารที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยแสดงให้เห็นว่าความสูงของอาคารในเขตพื้นที่นี้มีความสูงอาคารใกล้เคียงกัน

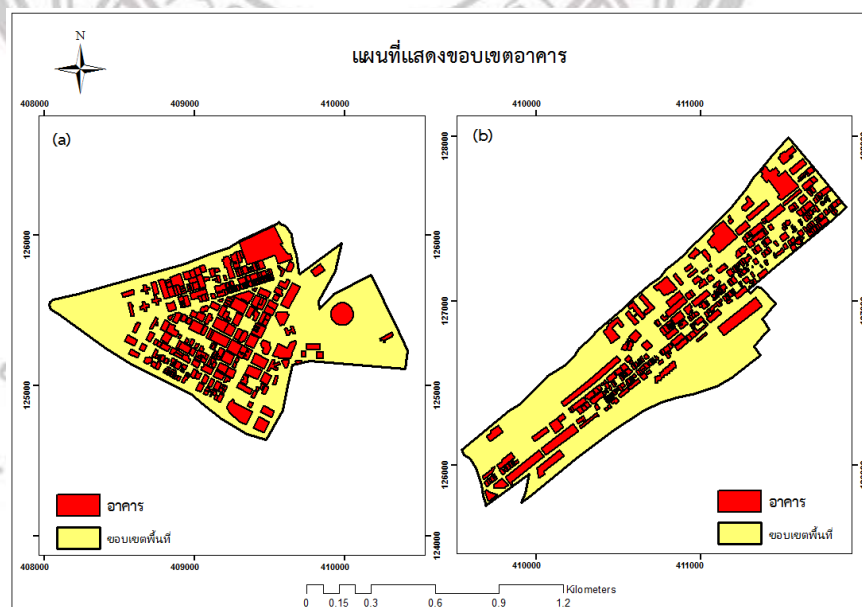
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

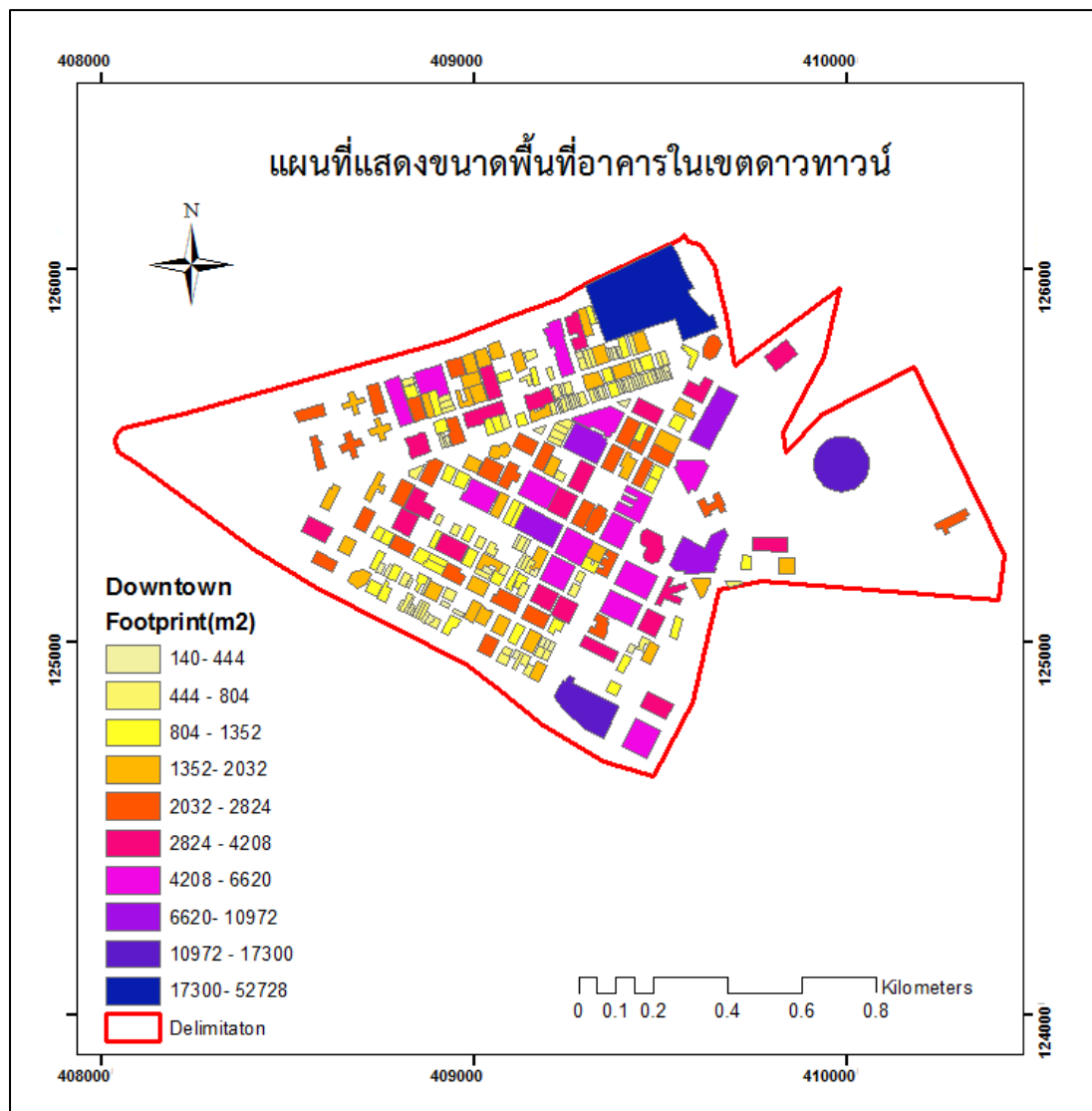
All rights reserved

ตาราง 4.3 ตารางแสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของอาคาร

Area (m ²)	Downtown	Strip District
Number of Building	281	357
Size of footprint (S)		
AV_S (m ²)	1854.26	1189.10
Max_S (m ²)	52728	22148
Min_S(m ₂)	140	24
Height (H)		
AV_H (m)	49.78	12.25
Max_H (m)	262.88	64.00
Min_H (m)	6.38	1.00
Standard Deviation (S.D.)		
S.D._S (m ²)	3651.34	2428.68
S.D._H (m)	38.92	8.26

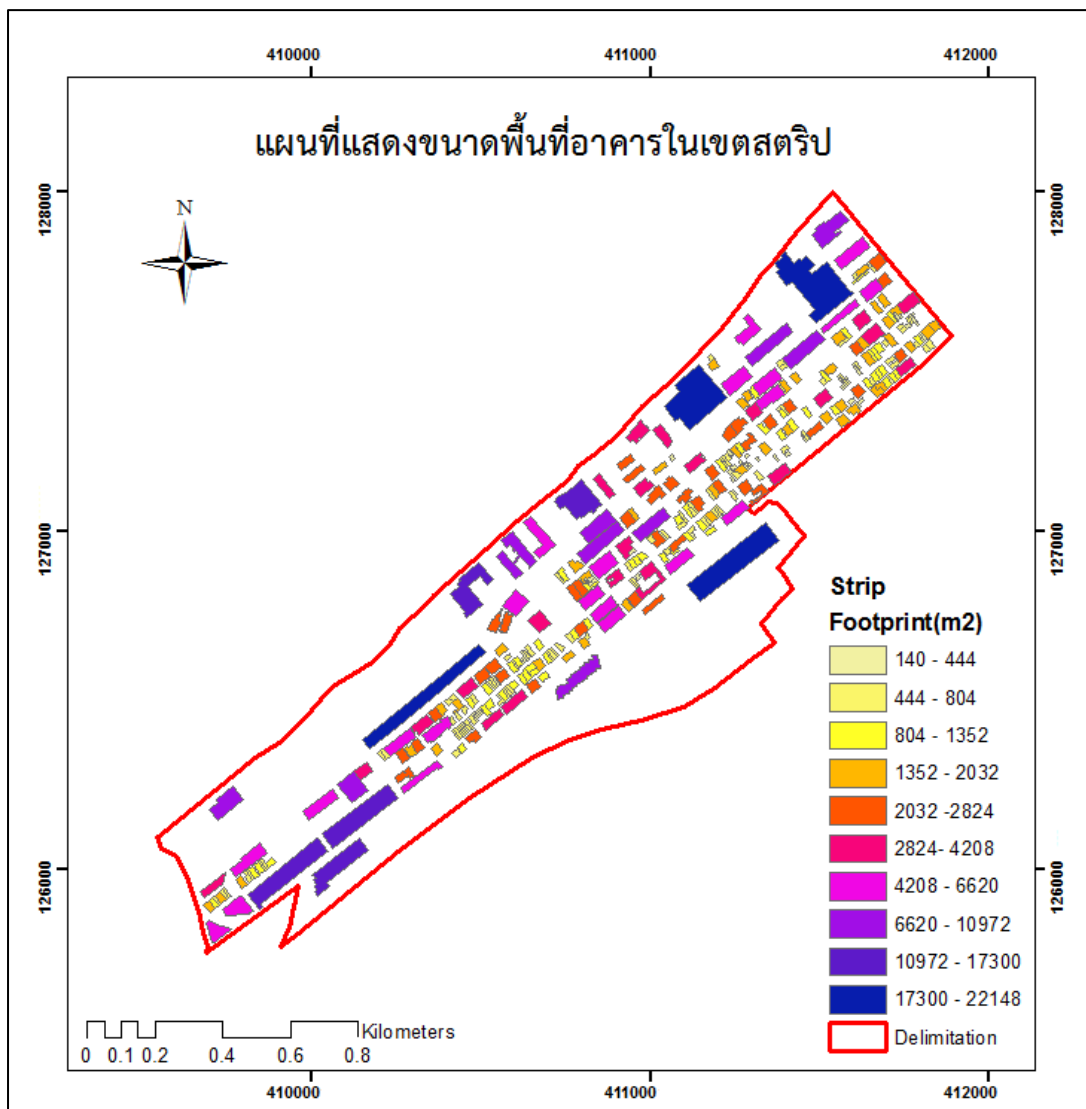


ภาพ 4.5 แผนที่แสดงขอบเขตอาคารโดยการสร้างขอบเขตอาคารจากภาพถ่ายดาวเทียม
ที่ได้จาก Google Earth (a) เขตดาวน์ทาวน์ (b) เขตสตริบ



ภาพ 4.6 แผนที่แสดงขนาดของพื้นที่อาคาร (Size of Footprint) เขตดาวทาวน์

จากภาพ 4.6 แสดงให้เห็นถึงขนาดของพื้นที่ฐานอาคารเขตดาวทาวน์ โดยมีพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,854.26 ตารางเมตร ขนาดพื้นที่ฐานอาคารที่ใหญ่ที่สุดคือ 52,728 ตารางเมตรและขนาดพื้นที่ฐานอาคารที่เล็กที่สุด 140 ตารางเมตร โดยขนาดพื้นที่ฐานอาคารที่มีขนาดใหญ่จะอยู่บริเวณใจกลางเมืองติดกับถนน Fifth Avenue และทางทิศตะวันออกติดกับถนน Grant Street และพื้นที่ฐานอาคารที่มีขนาดเล็กจะกระจายตัวอยู่รอบเมืองโดยเฉพาะด้านทิศเหนือติดกับถนน Liberty Avenue และทิศตะวันตกเฉียงใต้ติดกับถนน Boulevard of the Allies

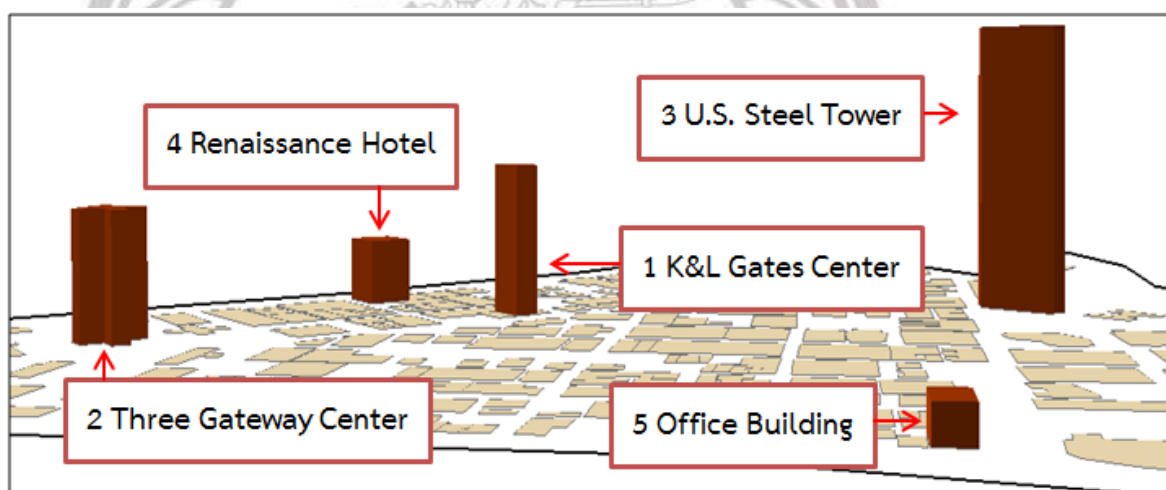


ภาพที่ 4.7 แผนที่แสดงขนาดของพื้นที่อาคาร (Size of Footprint) เขตสตรีป

จากภาพ 4.7 แสดงให้เห็นถึงขนาดของพื้นที่ฐานอาคารเขตสตรีป โดยมีพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,189.10 ตารางเมตร พื้นที่ฐานอาคารที่ใหญ่ที่สุด 22,148 ตารางเมตรและพื้นที่ฐานอาคารที่เล็กที่สุด 24 ตารางเมตร โดยขนาดพื้นที่ฐานอาคารที่มีขนาดใหญ่กระจายอยู่รอบเมืองส่วนใหญ่อยู่บริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและใจกลางเมืองและพื้นที่ฐานอาคารที่มีขนาดเล็กกระจายตัวอยู่รอบเมืองโดยเฉพาะด้านทิศตะวันออกเหนือติดกับถนน Small man Street และถนน Liberty Avenue

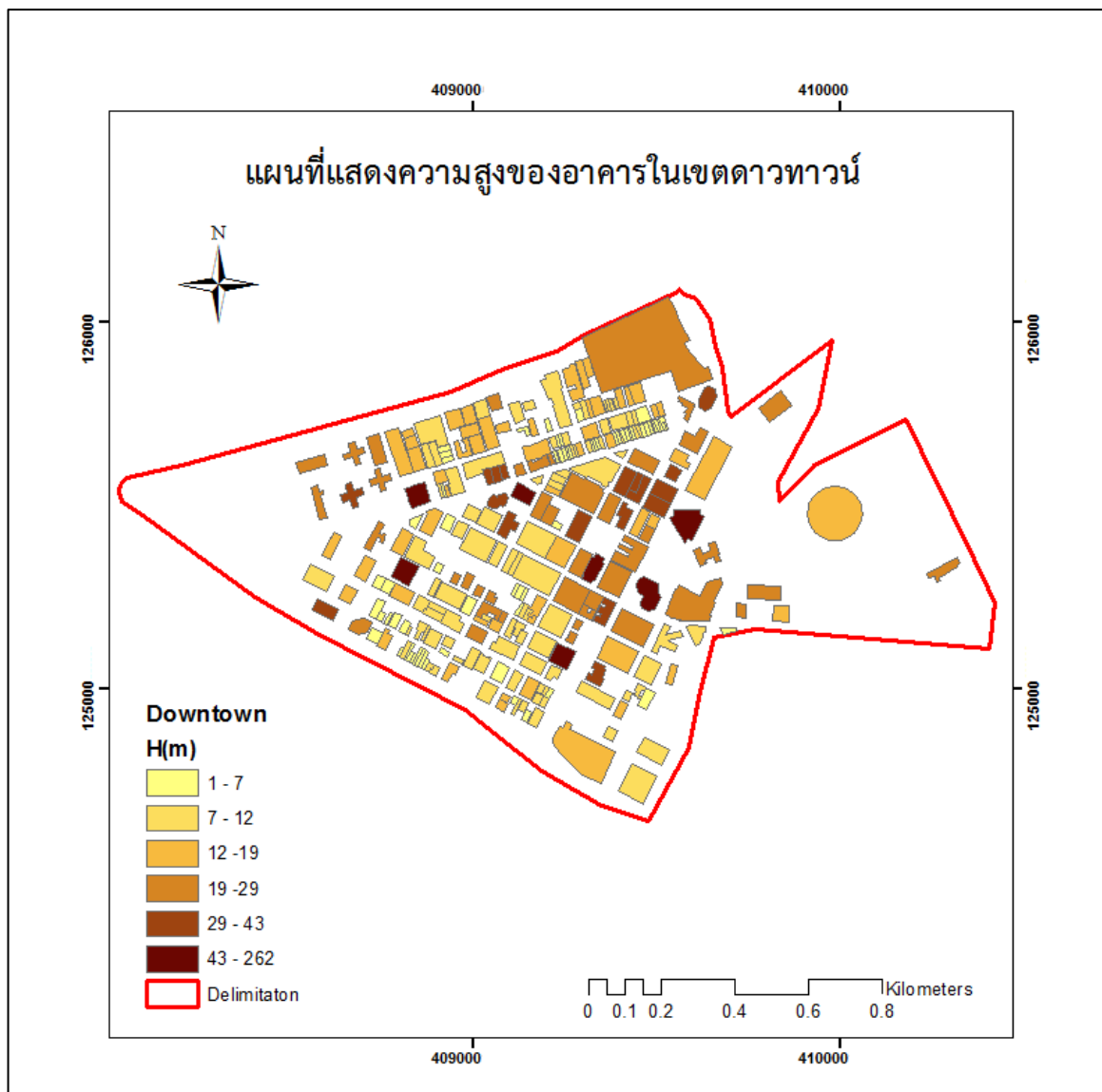
ตาราง 4.4 แสดงตัวอย่างความสูงอาคารจากข้อมูล Google Earth และข้อมูลไลดาร์

ลำดับ	ความสูงจาก Google Earth (เมตร)	ความสูงอาคารจากข้อมูลไลดาร์ (เมตร)
1	131.37	135.76
2	105.41	107.59
3	254.37	262.88
4	58.36	59.90
5	21.65	26.10



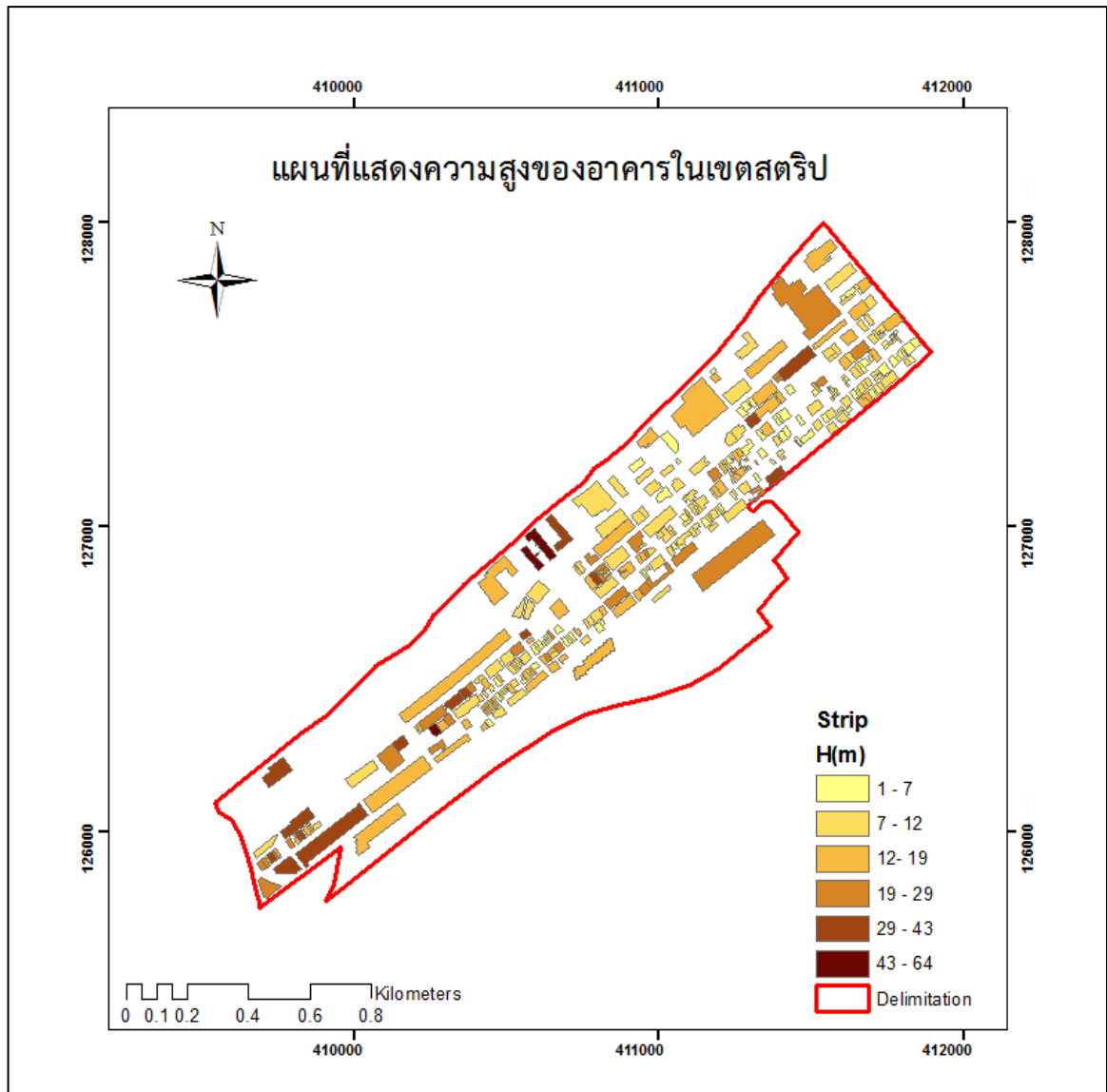
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างความสูงของอาคารจากข้อมูล Google Earth และข้อมูลไลดาร์

จากตาราง 4.3 และภาพ 4.8 แสดงตัวอย่างค่าความสูงของอาคารจากข้อมูล Google Earth และข้อมูลไลดาร์ซึ่งได้ยกตัวอย่างอาคารในเขตดาวทาวน์ทั้งหมด 5 อาคารดังต่อไปนี้ อาคาร K&L Gates Center ตั้งอยู่ใจกลางเมือง, อาคาร Three Gateway Center ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ติดกับถนน Liberty Avenue, อาคาร U.S. Steel Tower ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกติดกับถนน Grant Street, โรงแรม Renaissance ตั้งอยู่ทางทิศเหนือติดกับถนน Fort Duquesne Boulevard และอาคารสำนักงานตั้งอยู่ทางทิศใต้ติดกับถนน Fort Pitt Boulevard ทั้งนี้จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาค่าความสูงจากข้อมูลไลดาร์มีทั้งค่าที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าความสูงจาก Google Earth จากตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างนั้นแสดงให้เห็นว่าค่าความสูงจากข้อมูลไลดาร์มากกว่าค่าความสูงจาก Google Earth



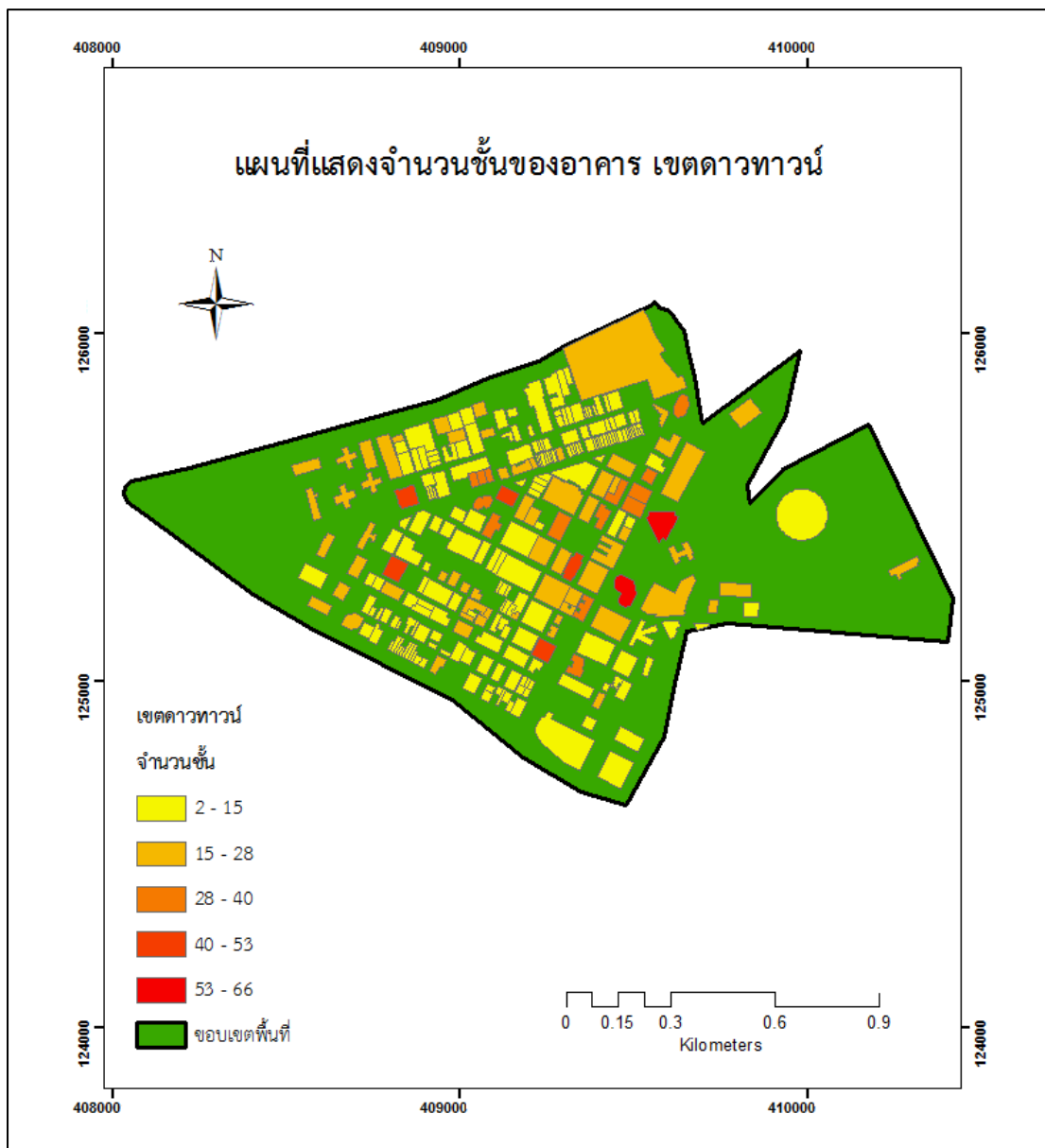
ภาพที่ 4.9 แผนที่แสดงความสูงของอาคาร เขตดาวทาวน์

จากภาพ 4.9 แสดงให้เห็นถึงความสูงอาคารเขตดาวทาวน์ โดยมีความสูงอาคารเฉลี่ย 49.78 เมตร ความสูงอาคารที่สูงที่สุด 262.88 เมตรและความสูงอาคารที่น้อยที่สุด 6.38 เมตร โดยอาคารสูงส่วนใหญ่กระจายอยู่ที่ใจกลางเมืองติดกับถนน Grant Street และถนน Liberty Avenue เนื่องจากถนนทั้งสองสายเป็นที่ตั้งของอาคารสำนักงานและเป็นแหล่งธุรกิจที่สำคัญ ในส่วนอาคารขนาดเล็กกระจายตัวอยู่รอบเมือง



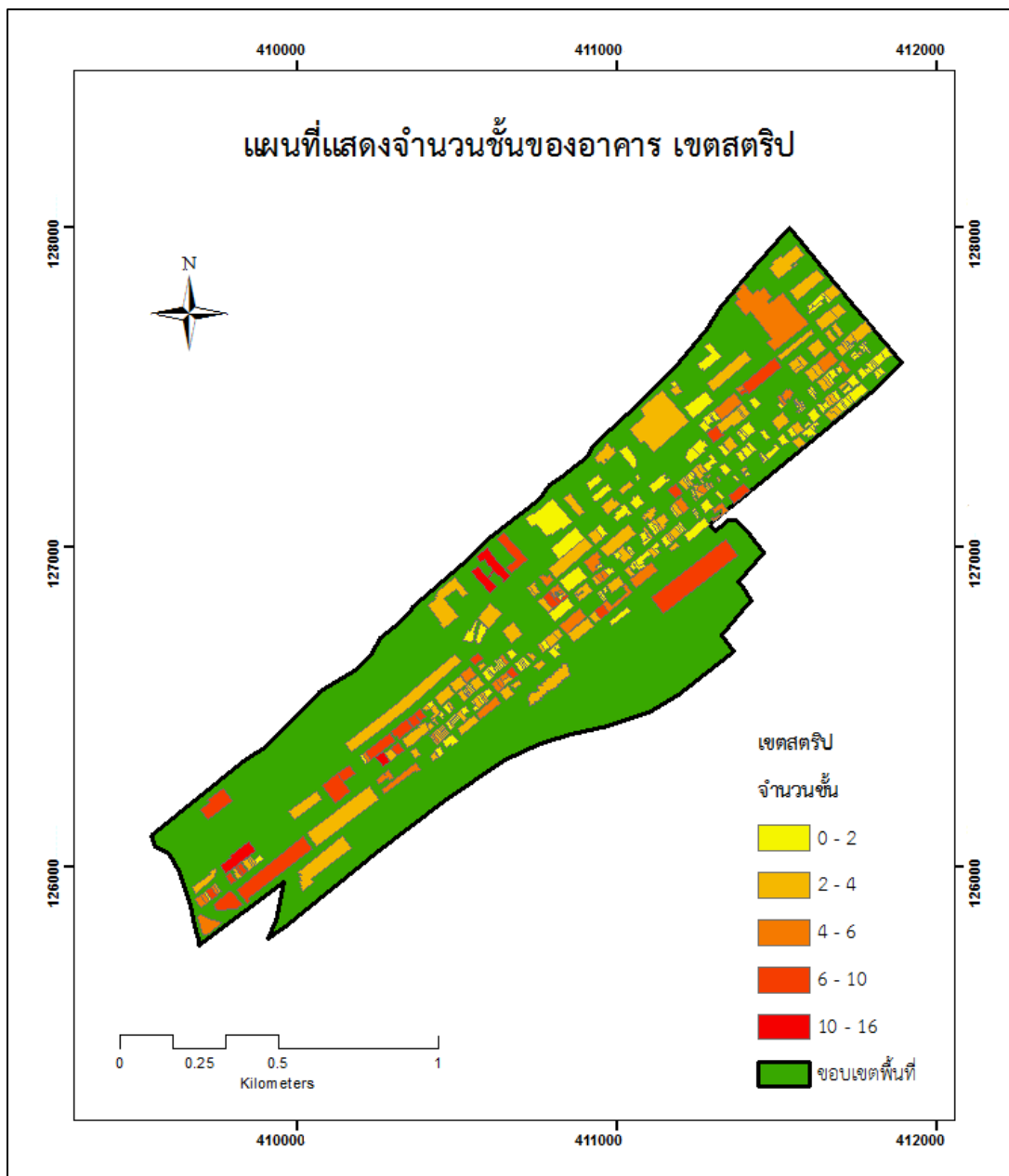
ภาพที่ 4.10 แผนที่แสดงความสูงของอาคาร เขตสตรีป

จากภาพ 4.10 แสดงให้เห็นถึงความสูงอาคารเขตสตรีป โดยมีความสูงอาคารเฉลี่ย 12.25 เมตร ความสูงอาคารที่สูงที่สุด 64 เมตรและความสูงอาคารที่น้อยที่สุด 1 เมตร โดยอาคารสูงส่วนใหญ่กระจายอยู่ที่ใจกลางเมืองและทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ติดกับถนน Penn Avenue และถนน Liberty Avenue เนื่องจากถนนทั้งสองสายเป็นที่ตั้งแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ในส่วนอาคารขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือติดกับถนนที่สำคัญ เช่น Small man Street, Penn Ave, and Liberty Ave ซึ่งส่วนใหญ่เป็นร้านค้าขนาดเล็ก สำนักงานและแหล่งท่องเที่ยว



ภาพที่ 4.11 แผนที่แสดงจำนวนชั้นของอาคาร เขตดาวทาวน์

จากภาพ 4.11 แสดงให้เห็นถึงจำนวนชั้นของอาคารเขตดาวทาวน์ โดยผู้วิจัยให้สมมติฐานว่าอาคาร 1 ชั้นมีขนาดเท่ากับ 4 เมตร ดังนั้น จำนวนชั้นของอาคารที่มากที่สุดเท่ากับ 66 ชั้นและจำนวนชั้นของอาคารที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2 ชั้น ซึ่งจำนวนชั้นอาคารส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-15 ชั้น โดยกระจายตัวอยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ ส่วนจำนวนชั้นของอาคารในช่วง 28-40, 40-53 และ 53-66 ชั้นกระจายตัวอยู่ในทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของเมือง



ภาพที่ 4.12 แผนที่แสดงจำนวนชั้นของอาคาร เขตสตรีป

จากภาพ 4.12 แสดงให้เห็นถึงจำนวนชั้นของอาคารเขต โดยมีจำนวนชั้นของอาคารมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั้นและจำนวนชั้นของอาคารที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1 ชั้น ซึ่งจำนวนชั้นอาคารส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-4 และ 4-6 ชั้น โดยกระจายตัวอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเมือง

4.3 ค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR)

การวิเคราะห์จากค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดินหรือค่า BCR เพื่อกำหนดขนาดของตัวอาคารในแต่ละแปลงและเพื่อรักษาลักษณะของเมืองที่ดีรวมทั้งลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในเขตเมืองและค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดินหรือค่า FAR เพื่อควบคุมความหนาแน่นประชากรในเขตเมืองให้มีความสมดุลในเขตที่มีความหนาแน่นมาก

ตาราง 4.5 ตารางผลการคำนวณค่า BCR และ FAR

	Downtown	Strip District
BCR(m ² /km ²)	313,884.34	268,675.95
FAR(m ² /m ²)	5.01	1.18

จากตาราง 4.4 เขตดาวทาวน์มีค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) 313,884.34 ตารางเมตรต่อตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 31.39 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งมากกว่าเขตสตริปมีค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) 268,675.95 ตารางเมตรต่อตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 26.87 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีขนาดตัวอาคารในแต่ละแปลงมีขนาดใหญ่ ช่องว่างระหว่างอาคารน้อยลงส่งผลให้เกิดปัญหาการระบายอากาศที่แย่ ปัญหาอัคคีภัยที่ลามไปอาคารใกล้เคียงได้ง่ายรวมทั้งลักษณะรูปแบบของเมืองที่ไม่ดี ในทางตรงข้ามในเขตสตริปมีขนาดของของตัวอาคารที่ขนาดเล็กกว่าและมีพื้นที่โล่งมากกว่าในเขตดาวทาวน์ ในส่วนค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) ในเขตดาวทาวน์เท่ากับ 5.01 ซึ่งมากกว่าเขตสตริปที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) เท่ากับ 1.18 แสดงให้เห็นว่าในเขตดาวทาวน์มีจำนวนของอาคารสูงมากกว่าเขตสตริป ดังนั้นเขตดาวทาวน์มีจำนวนประชากรมากกว่า ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านระบบสาธารณูปโภคและมลพิษต่าง ๆ ได้มากกว่าเขตสตริป ซึ่งค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) ในแต่ละพื้นที่ตามความสามารถในการรองรับและสภาพแวดล้อมนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาคความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา สรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการทำวิจัย

5.1 กระบวนการสกัดข้อมูลอาคารที่ได้จากข้อมูลไลดาร์

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาคความหนาแน่นของเมืองและข้อมูลไลดาร์ ซึ่งข้อมูลไลดาร์เมื่อพิจารณาถึงความถูกต้องของข้อมูลได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์โดยเปรียบเทียบข้อมูลความสูงจากข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงจาก Google Earth บนตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นนำมาคำนวณด้วยสมการทางสถิติ RMSE, MAE และ MBE ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยผลลัพธ์ที่ได้ ข้อมูลไลดาร์มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก Google Earth

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นกระบวนการสกัดข้อมูลอาคารซึ่งขั้นตอนนี้จำเป็นที่ต้องใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ในการซ้อนทับกับข้อมูลไลดาร์เพื่อสร้างชั้นข้อมูลอาคาร แต่เนื่องจากบริเวณขอบเขตอาคารจากภาพถ่ายที่มีค่าพิกัดดาวเทียมไม่ตรงกับค่าพิกัดของข้อมูลไลดาร์ ดังนั้นจึงต้องปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียมให้ตรงกับข้อมูลไลดาร์แล้วจึงนำมาสร้างชั้นข้อมูลอาคาร จากนั้น ขั้นตอนต่อไปเป็นกระบวนการสกัดข้อมูลพารามิเตอร์เพื่อนำไปคำนวณค่าทางเรขาคณิตและสถิติเชิงพื้นที่ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

5.2 การศึกษาคความหนาแน่นของอาคารในเขตพื้นที่เมือง

ในเขตดาวทาวน์พบอาคารรวมทั้งหมด 281 อาคารและมีความหนาแน่นของอาคารคือ 189 อาคารต่อตารางกิโลเมตร เขตสตรีปพบอาคารรวมทั้งหมด 357 อาคารและมีความหนาแน่นของอาคารคือ 226 อาคารต่อตารางกิโลเมตร

ดังนั้น เขตสตรีปมีความหนาแน่นของอาคารมากกว่าเขตดาวทาวน์ ซึ่งในเขตพื้นที่ดาวทาวน์และเขตสตรีปมีขนาดพื้นที่ฐานอาคารที่มีขนาดที่แตกต่างกันทั้งขนาดพื้นที่ฐานอาคารขนาดใหญ่จนถึงขนาดพื้นที่ฐานที่ขนาดเล็ก โดยเขตดาวทาวน์มีขนาดพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,854.26 ตารางเมตรและในเขตสตรีปมีขนาดพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,189.10 ตารางเมตร รวมทั้ง

ความสูงของอาคารในเขตดาวทาวน์ที่มีความสูงของอาคารที่แตกต่างกันทั้งอาคารสูงไปจนถึงอาคารขนาดเล็กที่มีความสูงต่ำโดย มีความสูงเฉลี่ย 49.78 เมตรและในเขตพื้นที่สตริปมีความสูงของอาคารในเขตพื้นที่ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมีความสูงเฉลี่ย 12.25 เมตร

5.3 ค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) และการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR)

ในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) มากกว่าเขตสตริป กล่าวคือ เขตดาวทาวน์เป็นพื้นที่ที่มีจึงมีลักษณะเมืองที่มีความหนาแน่นสูง ช่องว่างระหว่างอาคารน้อยลง ส่งผลให้เกิดการระบายอากาศที่ค่อนข้างไม่ดีและปัญหาเพลิงไหม้อาจทำให้มีการลุกลามของไฟไปอาคารใกล้เคียงได้ง่ายกว่าเขตสตริปที่มีขนาดของของตัวอาคารที่ขนาดเล็กกว่าและมีพื้นที่โล่งมากกว่าในเขตดาวทาวน์

ในส่วนค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) ในเขตดาวทาวน์มีค่ามากกว่าเขตสตริป แสดงให้เห็นว่าพบจำนวนของอาคารสูงที่มากกว่าเขตสตริปและจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่มากด้วย ส่งผลให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของประชากรและปัญหาด้านระบบสาธารณูปโภคและมลพิษทางอากาศได้มากกว่าเขตสตริป

ซึ่งค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) ในแต่ละพื้นที่ตามความสามารถในการรองรับและสภาพแวดล้อมนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการวิเคราะห์ความหนาแน่นของเมืองในเขตดาวทาวน์และเขตสตริปจากข้อมูลไลดาร์ พบว่า ข้อมูลไลดาร์ที่ได้นำมาศึกษามีความถูกต้องเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจาก Google Earth ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้และจากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของเมือง พบว่า เขตสตริปมีความหนาแน่นของอาคารมากกว่าเขตดาวทาวน์โดยเขตสตริปมีจำนวนอาคารที่พบคือ 357 อาคารและเขตดาวทาวน์พบอาคารทั้งหมด 281 อาคาร ซึ่งไม่สอดคล้องกับขนาดพื้นที่ฐานอาคารในเขตดาวทาวน์ที่มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าเขตสตริป รวมทั้งยังไม่สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดินค่าอัตราส่วน (BCR) เนื่องจากในเขตดาวทาวน์เป็นศูนย์กลางธุรกิจที่มีอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูงจำนวนมากในส่วนเขตสตริปเป็นพื้นที่การค้าขายอาคารไม่สูงมากนักซึ่งในอดีตเคยเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมและมีพื้นที่ว่างมากกว่าเขตดาวทาวน์ แสดงให้เห็นว่าในเขตพื้นที่ดาว

ทาวนมีความหนาแน่นของเมืองมากกว่าเขตสตรียิป จากงานวิจัย Aguilera et al. (2013) พบว่าพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารมากจะมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดและพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยจะมีความหนาแน่นของอาคารต่ำและการวิเคราะห์ค่า BCR และค่า FAR ค่าที่ต่ำสุดจะแสดงถึงพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยและค่า BCR และค่า FAR ที่มีค่ามากกว่าจะพบในพื้นที่ที่ถูกครอบครองโดยโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่และอุตสาหกรรม ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจจะต้องนำข้อมูลขอบเขตอาคารที่มีความถูกต้องนำมาใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นของเมืองได้อย่างถูกต้อง

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวิธีการใหม่โดยผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์ โดยวิธีการนี้อาจจะเป็นวิธีที่มีประโยชน์สำหรับผู้ที่ศึกษาในของเมืองเนื่องจากข้อมูลไลดาร์มีความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ในเรื่องของเมือง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการวางผังเมืองและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการวางผังเมืองซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harrap R. (2016) พบว่าเทคโนโลยีไลดาร์และข้อมูลไลดาร์สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเมืองและทำแผนที่โครงสร้างพื้นฐานในเมืองได้อย่างถูกต้องและสะดวกรวดเร็วกว่าวิธีอื่น เนื่องจากข้อมูลไลดาร์ที่มีความถูกต้องและมีความละเอียดสูงและชี้ให้เห็นว่าไลดาร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนงานด้านผังเมืองและงานด้านวิศวกรรม และจากงานวิจัยของ จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุลและคณะ (2550) พบว่าสามารถนำข้อมูลไลดาร์มาวิเคราะห์ร่วมกับสภาพภูมิประเทศในประเทศไทยและยังสามารถนำไปประยุกต์ในด้านอื่น ๆ เช่น วิเคราะห์การไหลของน้ำ การสร้างแผนที่ชั้นความสูง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

5.3.1 การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของเมืองในช่วงเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

5.3.2 ข้อมูลขอบเขตอาคารที่ใช้เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้นจากภาพถ่ายจาก Google Earth ซึ่งอาจมีความถูกต้องที่ไม่มากนัก ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรจะมีการสร้างขอบเขตอาคารที่มีความถูกต้องมากขึ้นหรือใช้ข้อมูลในพื้นที่ที่มีข้อมูลแล้วนำมาใช้เพื่อความถูกต้อง

5.3.3 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาเรื่องสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองจะเป็นผลดีต่อการวางแผนจัดการเมืองในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บรรณานุกรม

- กรีธา สุวรรณสะอาด. (2553). **การปรับแก้ข้อมูลไลดาร์ระหว่างแนวบินโดยอาศัยจุดควบคุมจากภาพถ่ายทางอากาศ** วิทยานิพนธ์ วศ.บ., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2552). **คู่มือการวางและจัดทำผังเมืองเฉพาะ**. สืบค้นเมื่อ วันที่ 3 เมษายน 2558, จาก www.dpt.go.th/adg/images/stories/pdf/specific.pdf
- จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล, วิชาสลักษณ์ วงศ์เยาว์ฟ้าและสุกิจ วิเศษสินธุ์. (2550). **การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วย LIDAR : ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูง**. บริษัท ESRI (ประเทศไทย) จำกัด.
- ภูชิต แฉล้มเขตต์. (2554). **การศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟเพื่อใช้ในการดึงข้อมูลลักษณะวัตถุจากข้อมูลไลดาร์** วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). **การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วรอุฒิ ไชยวงษา.(2555). **การศึกษาวิธีประมวลผลแบบจำลองระดับปริมาณมากเพื่อการวิเคราะห์ภูมิประเทศ** วิทยานิพนธ์ วศ.บ., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
- ศูนย์ออกแบบและพัฒนาเมือง. (2559). **เครื่องมือและนวัตกรรมการฟื้นฟูเมืองด้านกฎหมายและข้อบัญญัติ**. สืบค้นเมื่อ วันที่ 13 มีนาคม 2558, จาก <http://www.uddc.net/th/urban-renewal>
- Aguilera, D. G., Matellán, E. C., López, D. H. and Gonzálve P. R. (2013). **Automated Urban Analysis Based on LiDAR-Derived Building Models**. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, 51(3), 1844-1851
- ASPRS. (2014). **Introduction to Lasers and Lidar**. Retrieved November 15, 2016, From https://www.e-education.psu.edu/geog481/l1_p3.html
- Baltsavias, E. (31 March - 4 April 2008). **Introduction to Airborne LiDAR and Physical Principles of LiDAR Technology (Lectures 1 and 5)**. Retrieved November 15, 2016, from <http://home.iitk.ac.in/~blohani/LiDARSchool2008/Downloads/Kanpur-Baltsavias.pdf>.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Haithcoat, T. **Building Extraction - LIDAR Project report**. From <http://www.icrest.missouri.edu/Projects/NASA/FeatureExtractionBuildings/REPYear2-build-extraction.pdf>.
- Harrap, R., and Lato, M. (2016). **An Overview of LIDAR for Urban Applications**. Queen's University.
- Lohani, B. (November 2016). **Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data collection, processing and Applications**. Retrieved November 15, 2016, from http://home.iitk.ac.in/~blohani/LiDAR_Tutorial/Airborne_AltimetricLidar_Tutorial.htm
- Rottensteiner, F., Trinder, J., Clode, S., and Kubik K. (2013). **Automated Delineation of Roof Planes from Lidar data**. ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands, September 12-14, 2005
- Shiravi, S., Zhong, M. and Beykaei, S. A. (2012). **Accuracy assessment of building extraction using LiDAR data for urban planning/transportation applications**. Dept. of Civil Engineering, University of New Brunswick.
- Yan, W. Y., Shaker, A. and Ashmawy, N. E. (2015). **Urban land cover classification using airborne LiDAR data: A review**. Remote Sensing of Environment, 158, 295-310

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ภาคผนวก ก ตารางการปรับแก้พิกัดภาพ

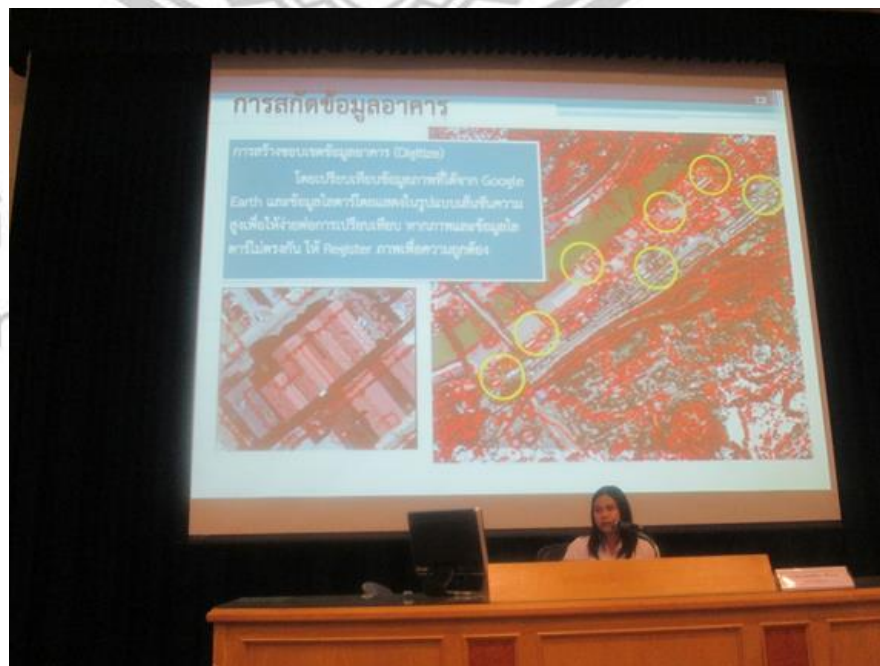
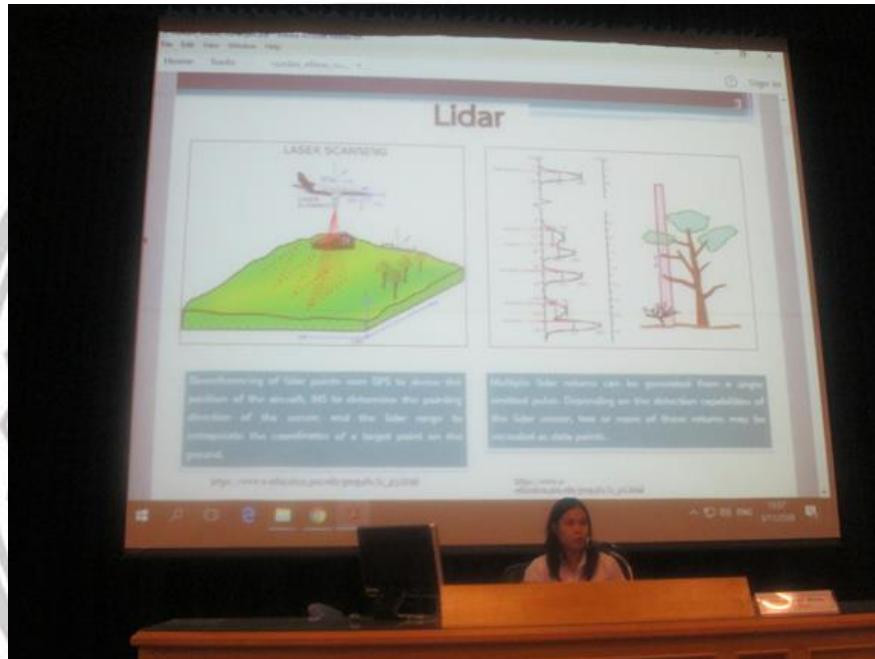
Link								
Total RMS Error: Forward:0.828399								
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	408566.331064	125349.679740	408556.981455	125338.180704	0.0487397	-0.0167993	0.0515537
<input checked="" type="checkbox"/>	2	408689.035131	125281.697222	408679.573000	125269.246000	0.00451349	0.125453	0.125534
<input checked="" type="checkbox"/>	3	408761.199758	125703.902107	408758.419000	125696.814000	0.295848	-0.631817	0.697653
<input checked="" type="checkbox"/>	4	409289.264617	125966.805711	409294.730907	125962.985348	1.10878	-0.783334	1.35757
<input checked="" type="checkbox"/>	5	409782.176036	125782.721726	409787.650000	125777.776000	0.152487	1.18514	1.19491
<input checked="" type="checkbox"/>	6	409818.269088	125240.163910	409816.225000	125225.854000	-0.0753124	-0.209507	0.222633
<input checked="" type="checkbox"/>	7	409526.916624	125189.575464	409523.595000	125175.584000	1.43457	0.612986	1.56005
<input checked="" type="checkbox"/>	8	409263.841054	125369.723884	409259.541000	125358.146000	-0.168805	0.176742	0.244403
<input checked="" type="checkbox"/>	9	408730.577028	125359.422972	408722.436000	125348.092000	-0.0528352	0.141889	0.151407
<input checked="" type="checkbox"/>	10	408729.099345	125196.572124	408718.731000	125183.521000	0	0.803841	0.803841
<input checked="" type="checkbox"/>	11	408969.220407	125620.400749	408965.967000	125613.060000	-0.50274	0.506293	0.713498
<input checked="" type="checkbox"/>	12	409684.230950	125167.165970	409680.356497	125151.810672	0.0684836	-0.295294	0.303131
<input checked="" type="checkbox"/>	13	408947.328078	125633.216579	408944.410533	125625.284843	-0.188617	-0.290008	0.345949
<input checked="" type="checkbox"/>	14	409940.600706	125676.163604	409943.974752	125668.114356	-1.59791	-0.230426	1.61444
<input checked="" type="checkbox"/>	15	409553.278066	125283.291703	409549.944000	125270.379000	-0.0702291	0.341602	0.348747
<input checked="" type="checkbox"/>	16	408958.105784	125147.672398	408948.346000	125133.018000	-0.352766	0.101949	0.367203
<input checked="" type="checkbox"/>	17	409076.535233	125086.729310	409066.417000	125070.179000	-0.710288	-0.806013	1.07432
<input checked="" type="checkbox"/>	18	409149.956943	125117.752004	409141.359789	125102.325606	-0.145888	-0.076564	0.164759
<input checked="" type="checkbox"/>	19	409563.513807	125078.249833	409557.220000	125062.242000	-0.250512	0.255535	0.357847
<input checked="" type="checkbox"/>	20	409656.174198	125080.596892	409651.832603	125063.381054	1.00639	-0.911664	1.35792

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)
 Degrees Minutes Seconds Forward Residual Unit : Unknown

Link								
Total RMS Error: Forward:0.994869								
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	409682.764863	126173.214149	409704.990000	126175.199000	0.608325	0.566819	0.83147
<input checked="" type="checkbox"/>	2	409957.006037	126172.420397	409980.157566	126173.161220	-0.973679	-0.362762	1.03906
<input checked="" type="checkbox"/>	3	410104.006561	126284.478592	410125.744724	126286.642445	-0.859976	1.04473	1.35315
<input checked="" type="checkbox"/>	4	410135.269759	126384.285705	410154.121355	126384.616335	-1.48218	-0.916134	1.74246
<input checked="" type="checkbox"/>	5	410397.493811	126811.866683	410409.841118	126813.705475	0.550293	0.191684	0.582722
<input checked="" type="checkbox"/>	6	410575.779292	126987.763413	410585.974903	126989.957575	1.27158	0.462765	1.35317
<input checked="" type="checkbox"/>	7	411140.822804	127484.513172	411142.050385	127486.820117	-0.141273	0.407786	0.431564
<input checked="" type="checkbox"/>	8	410708.775774	127083.310290	410716.203000	127083.568000	-0.264205	-1.47819	1.50162
<input checked="" type="checkbox"/>	9	410911.594872	126999.278341	410923.583419	126999.773804	0.3117	-0.871321	0.925396
<input checked="" type="checkbox"/>	10	410701.489097	126868.556588	410716.467223	126870.313658	1.87028	0.364309	1.90544
<input checked="" type="checkbox"/>	11	411086.858100	126840.406179	411104.976132	126841.209000	0.795158	-0.103828	0.801908
<input checked="" type="checkbox"/>	12	411413.044962	127158.268009	411424.917253	127159.186257	-0.295201	-0.136143	0.325083
<input checked="" type="checkbox"/>	13	411515.093497	127416.433393	411521.325472	127417.909060	-0.270589	0.115295	0.294128
<input checked="" type="checkbox"/>	14	411603.316339	127673.178872	411603.948413	127674.317096	-0.116373	-0.541592	0.553954
<input checked="" type="checkbox"/>	15	411525.012765	127788.140738	411522.336828	127789.742590	0.220949	-0.355521	0.418585
<input checked="" type="checkbox"/>	16	411615.860281	127705.560777	411615.801720	127707.205490	-0.0941288	-0.0737752	0.119595
<input checked="" type="checkbox"/>	17	411300.703687	127450.284410	411304.848841	127451.022158	0.451897	-0.92283	1.02753
<input checked="" type="checkbox"/>	18	411135.757005	127220.090166	411144.167192	127221.944900	0.336748	0.38254	0.509642
<input checked="" type="checkbox"/>	19	411496.897837	127112.733389	411511.965496	127113.531562	0.976917	-0.0859481	0.98069
<input checked="" type="checkbox"/>	20	411328.457325	127344.954168	411334.694179	127345.453245	-0.397218	-0.957429	1.03656
<input checked="" type="checkbox"/>	21	411330.528086	127585.591745	411330.390627	127588.371315	-0.646999	0.931607	1.13424
<input checked="" type="checkbox"/>	22	411652.847793	127613.639286	411654.850506	127616.034493	-0.71513	0.86939	1.12572
<input checked="" type="checkbox"/>	23	411424.988968	127358.480251	411432.175139	127360.618885	0.0215995	0.770219	0.770522
<input checked="" type="checkbox"/>	24	411361.961265	127473.017833	411364.747362	127475.191613	-0.882568	0.545946	1.03778
<input checked="" type="checkbox"/>	25	411753.092363	127512.855621	411759.016714	127514.254416	-0.275929	0.152385	0.315211

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)
 Degrees Minutes Seconds Forward Residual Unit : Unknown

ภาคผนวก ข รูปภาพการบรรยายการประชุมวิชาการ “ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศ
ภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม” ครั้งที่ 1 วันที่ 3 พฤศจิกายน 2559 ณ คณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม





ภาคผนวก ค ผลงานที่ตีพิมพ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

การศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลไลดาร์
กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลวาเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา
A Study of urban density based on LIDAR data: A case study of Downtown
and Strip Districts, Pennsylvania state, The United State

กมลฉัตร ศรีจะตะ^{1*}, นัฐพล มหาวิค¹
 Kamonchat Seejata^{1*}, Nattapon Mahavik¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งศึกษาความหนาแน่นของเมืองจากข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์ในพื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลวาเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำเสนอวิธีการสกัดข้อมูลความสูงไลดาร์ พารามิเตอร์ของอาคาร การคำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR) รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พบว่าเขตดาวทาวน์มีความหนาแน่นของความเป็นเมืองน้อยกว่าเขตสตรีปซึ่งพิจารณาจากค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน (Building Coverage Ratio: BCR)

คำสำคัญ: ไลดาร์, การวางผังเมือง, ความหนาแน่นของอาคาร

Abstract

The present study aimed to study of urban density based on Lidar data in Downtown and Strip districts, Pennsylvania State of the United State¹. The method of Lidar extraction has been investigated to derive building parameters floor area ratio (FAR) and building coverage ratio (BCR). In addition, accuracy assessment of the Lidar data has been investigated with the use of GIS techniques. The results indicate that the urban density of the Downtown is less than that of Strip districts based on the method of floor area ratio (FAR) and building coverage ratio (BCR).

Keywords: Lidar, Urban Planning, Building Density

¹ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก65000

* Corresponding author. E-mail: kamonchatseejata@gmail.com

บทนำ

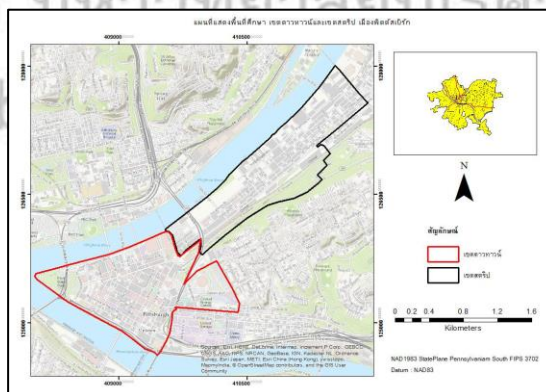
ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีความเป็นเมืองสูงแห่งหนึ่งที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างมากเนื่องจากเป็นผู้นำด้านอุตสาหกรรมและธุรกิจหลากหลายประเภท เช่น ด้านการค้า บริการ การท่องเที่ยวรวมถึงการศึกษาที่มีคุณภาพ เป็นต้น ซึ่งทำให้ในแต่ละพื้นที่ที่มีการขยายตัวของเมืองที่สูงขึ้น โดยมีปัจจัยหลายประการซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญคือจำนวนประชากรและความต้องการที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้เกิดการเติบโตของเมืองนั้น ควบคุมได้ยากมากขึ้นจึงทำให้เกิดปัญหาความหนาแน่นในเมืองโดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์ที่ได้จากเทคโนโลยีไลดาร์(Light Detection and Ranging : LiDAR) ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง มีความสมบูรณ์ของแบบจำลองที่ได้ทั้งแบบจำลองพื้นผิว(Digital Surface Model) และแบบจำลองระดับความสูง(Digital Elevation Model) ที่มีความน่าเชื่อถือ ประสิทธิภาพและความถูกต้องและมีประโยชน์สำหรับการวางผังเมือง

เทคโนโลยีไลดาร์ (Light Detection and Ranging : LiDAR) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สำคัญในปัจจุบัน ซึ่งเทคโนโลยีไลดาร์เป็นที่ยอมรับในหน่วยงานในอเมริกาเหนือ ยุโรป และญี่ปุ่น ว่ามีความสามารถเทียบเท่ากับการสำรวจด้วยภาพถ่ายแบบดั้งเดิมซึ่งมีความละเอียดถูกต้องสูง ความสมบูรณ์ของแบบจำลองที่ได้ทั้งแบบจำลองพื้นผิว (Digital Surface Model) และแบบจำลองระดับความสูง(Digital Elevation Model) ที่มีความน่าเชื่อถือ ประสิทธิภาพและความถูกต้อง ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประโยชน์สำหรับการวางผังเมือง โดยไลดาร์มีความสามารถในการทะลุทะลวงยอดไม้และพืชที่ไม่หนาที่มากในพื้นที่ป่าไม้และมีพืชพรรณปกคลุมและยังสามารถสร้างแบบจำลองที่ตึกกว่างานรังวัด (ไพศาล, 2553) โดยการทำงานของเทคโนโลยีไลดาร์เป็นการทำงานของแสงเดินทางจากเซ็นเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายและเดินทางกลับมายังเซ็นเซอร์ เวลาการเดินทางของพัลส์เลเซอร์จะถูกบันทึกและการสะท้อนของแสงเลเซอร์จะเรียกว่าเป็น "การสะท้อนกลับ" มี 3 รูปแบบ: สะท้อนกลับครั้งแรก เป็นการสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุแรกที่พบ สะท้อนกลับครั้งสุดท้าย การสะท้อนกลับซึ่งวัดช่วงของวัตถุที่ผ่านมาซึ่งมักจะติดต่อกับพื้นดินภายใต้พืชพรรณ และการสะท้อนกลับที่ระดับกลางซึ่งวัดช่วงของวัตถุที่อยู่ตรงกลาง จะเหมาะสำหรับการกำหนดโครงสร้างพืช เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลระบบจะทำการทอนค่าต่างๆเป็นค่าความสูงภูมิประเทศทั้งที่เป็นพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ(Digital Surface Model : DSM) และค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ(Digital Elevation Model : DEM) (Shiravi et al.,2012) ข้อมูลไลดาร์ที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้

งานด้านโครงสร้างเมืองและการจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตเมือง เช่น การวิเคราะห์พื้นที่สีเขียวในเขตเมือง การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงน้ำท่วมในเขตเมือง เป็นต้น เนื่องจากข้อมูลไลดาร์มีความละเอียดถูกต้องสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินและวัตถุในเขตเมืองได้ดี (Yan et al.,2015) Aguilera et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลไลดาร์ ซึ่งจะได้ข้อมูลทางเรขาคณิต เช่น ความสูง, พื้นที่ และปริมาตร และลักษณะความหนาแน่นในเขตเมืองของอาคาร จำนวนที่ดิน และหน่วยในเขตเมืองโดยผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารมากจะมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดและพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยจะมีความหนาแน่นของอาคารต่ำและการวิเคราะห์ค่า BCR และ FAR ที่ต่ำสุดจะแสดงถึงพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียว และค่าBCR และFAR ที่มากกว่าจะพบในพื้นที่ที่ถูกครอบครองโดยโครงสร้างอาคารอุตสาหกรรม การวิจัยครั้งนี้มุ่งทำการศึกษาถึงกระบวนการสกัดข้อมูลในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์และการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของความหนาแน่นของเมือง ซึ่งสามารถนำผลที่ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางหนึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการวางผังเมืองของประเทศไทยต่อไปได้

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเขตดาวทาวน์มีขนาดพื้นที่ 1.66 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นศูนย์กลางย่านธุรกิจที่สำคัญของเมือง ส่วนเขตสตรีปมีขนาดพื้นที่ 1.58 ตารางกิโลเมตร พื้นที่แต่เดิมเคยเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม โรงงานและการขนส่งสินค้า เนื่องจากมีพื้นที่ติดกับแม่น้ำแอลเลเกนี ปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งทั้งแหล่งการค้าขายและบริการดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยขอบเขตสีแดงคือ เขตดาวทาวน์ และขอบเขตสีดำคือเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา

ข้อมูลแบบจำลองความสูงไครสต์ สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ www.coast.noaa.gov โดยข้อมูลที่นำมาใช้อยู่ในรูปแบบข้อมูลจุด (Point Cloud) และข้อมูลราสเตอร์ (Raster) ขนาด 2 เมตร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลไครสต์มาดำเนินการสกัดข้อมูลไครสต์เพื่อสามารถนำมาใช้งานได้ในซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth เพื่อนำมาสร้างขอบเขตของอาคาร (Foot print)

ตารางที่ 1 ข้อมูลและแหล่งที่มา

ลำดับ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล/เว็บไซต์	พื้นที่
1	ข้อมูลไครสต์	www.coast.noaa.gov	เขตดาวทาวน์และ
2	ภาพถ่ายดาวเทียม	Google Earth	เขตสตรีป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสกัดข้อมูลพารามิเตอร์อาคารในเขตเมือง

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการสกัดข้อมูลพารามิเตอร์ของอาคารในเขตเมืองโดยใช้ข้อมูลขอบเขตอาคารและข้อมูลราสเตอร์ซ้อนทับกันเพื่อสกัดค่าสถิติโดยเครื่องมือ Zonal Statistics as Table และจากนั้นนำค่าสถิติที่ได้นำไปคำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และนำเสนอในรูปแบบแผนที่แสดงการคำนวณพารามิเตอร์ ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไครสต์ ใช้วิธีสุ่มจุดหรือเครื่องมือ Create Random Point ในบริเวณถนนและลำน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลความสูงไคร

ดาร์นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงจาก Google Earth และคำนวณโดยใช้สมการทางสถิติ Root Mean Square Error, Mean Absolute Error, Mean Bias Error ซึ่งทั้งสามสมการนำมาเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลระหว่างข้อมูลความสูงจากข้อมูลไลดาร์และข้อมูลความสูงจาก Google Earth ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

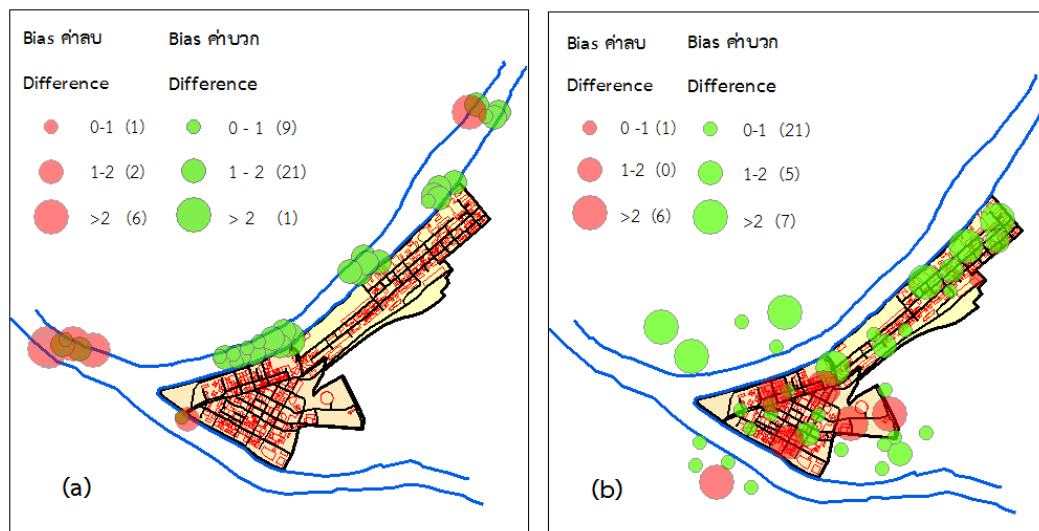
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{google} - Z_{lidar})^2}{n}} \quad MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z_{google} - Z_{lidar}|}{n} \quad MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{google} - Z_{lidar})}{n}$$

ผลการศึกษา

จากการศึกษาความหนาแน่นของเมืองที่ได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์ ในพื้นที่เขตดาวทาวน์และเขตสตรีป เมืองพิตต์สเบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลไลดาร์ที่ได้ดำเนินการตรวจสอบในพื้นที่ลำน้ำและถนนด้วยค่าสถิติจากข้อมูลความสูงไลดาร์เปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth โดยมีสมมติฐานว่าข้อมูลจาก Google Earth มีความถูกต้องสูงเนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลความสูงอ้างอิงจากแหล่งอื่นได้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความสูงไลดาร์มีค่าที่ใกล้เคียงกับความสูงที่ได้จาก Google Earth

ตารางที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องบริเวณลำน้ำและถนน

	ลำน้ำ	ถนน
RMSE	0.73	1.15
MAE	0.60	0.77
MBE	0.18	0.14



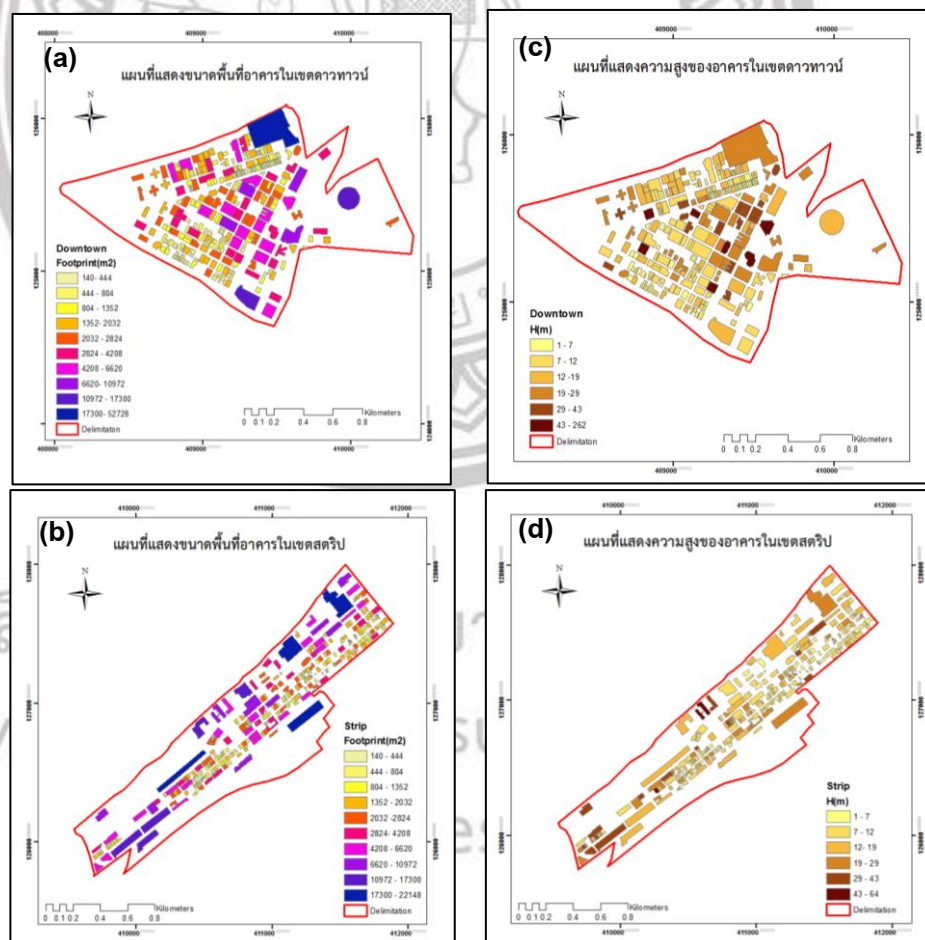
ภาพที่ 3 แผนที่แสดงค่าความแตกต่างความสูงระหว่างข้อมูลไลดาร์กับข้อมูลความสูงที่ได้จาก Google Earth บริเวณ (a) ลำน้ำ (b) ถนน

ภาพที่ 3 แสดงค่าความแตกต่างความสูงที่ได้จาก Google Earth และข้อมูลไลดาร์โดยใช้สูตร Mean Bias error และแสดงผลในรูปแบบวงกลมโดยวงกลมสีแดงหรือค่าความแตกต่างที่เป็นลบ หมายถึง ความสูงจากข้อมูลไลดาร์มีค่ามากกว่าข้อมูลจาก Google Earth ตรงกันข้ามวงกลมสีเขียวหรือค่าความแตกต่างที่เป็นบวก หมายถึง ข้อมูลไลดาร์มีค่าน้อยกว่าข้อมูลจาก Google Earth จากภาพ (a) มีการกระจายตัวของวงกลมสีเขียวในช่วง 1-2 มากที่สุดเช่นเดียวกับภาพ (b) แต่มีการกระจายตัวของวงกลมสีเขียวในช่วง 0-1 มากที่สุด ดังนั้น ภาพ (a) และ (b) แสดงให้เห็นว่าค่าความสูงจาก Google Earth มีความสูงมากกว่าแต่มีค่าความสูงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

การสกัดข้อมูลอาคารในเขตเมืองโดยการสร้างขอบเขตอาคารจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ในเขตดาวทาวน์พบอาคารรวมทั้งหมด 281 อาคารและมีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 169 อาคารต่อตารางกิโลเมตร เขตสตรีปพบอาคารรวมทั้งหมด 357 อาคารและมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดคือ 226 อาคารต่อตารางกิโลเมตร โดยในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีขนาดพื้นที่ฐานอาคารเฉลี่ย 1,854.26 ตารางเมตรซึ่งมากกว่าเขตสตรีปที่มีขนาดพื้นที่ฐานอาคารคือ 1,189.10 ตารางเมตรและความสูงของอาคารในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีความสูงเฉลี่ย 49.78 เมตรซึ่งสูงกว่าอาคารในเขตสตรีปที่มีความสูงเฉลี่ย 12.25 เมตร ดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของอาคาร

Area (m ²)	Downtown	Strip District
Number of Building	281	357
Size of footprint (S)		
AV_S (m ²)	1854.26	1189.10
Max_S (m ²)	52728	22148
Min_S(m ₂)	140	24
Height (H)		
AV_H (m)	49.78	12.25
Max_H (m)	262.88	64.00
Min_H (m)	6.38	1.00



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงการคำนวณค่าทางสถิติและเรขาคณิต (a)แผนที่แสดงขนาดพื้นที่อาคารเขตดาวทาวน์ (b)แผนที่แสดงขนาดพื้นที่อาคารเขตสตริป (c) แผนที่แสดงความสูงของอาคารเขตดาวทาวน์ (d) แผนที่แสดงความสูงของอาคารเขตสตริป

การวิเคราะห์จากค่า FAR หรือค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดินเพื่อควบคุมความหนาแน่นประชากรให้มีความสมดุลและค่าBCR หรือค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดินเพื่อกำหนดขนาดของตัวอาคารในแต่ละแปลงและเพื่อรักษาลักษณะของเมืองที่ดี พบว่าค่า FAR ในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีค่าสูงกว่าในเขตสตริปเนื่องจากในเขตนี้มีจำนวนอาคารสูงที่มากกว่าเขตสตริปเช่นเดียวกับค่า BCR พบว่าเขตดาวทาวน์สูงกว่าในเขตสตริป ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางผลการคำนวณค่าFARและBCR

	Downtown	Strip District
BCR(m ² /ha)	3044.96	2684.08
FAR(m ² /m ²)	5.01	1.18

อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเมืองในเขตดาวทาวน์และเขตสตริป พบว่า เขตสตริปมีความหนาแน่นของเมืองมากกว่าเขตดาวทาวน์โดยเขตสตริปมีจำนวนอาคารที่พบคือ 357 อาคาร และเขตดาวทาวน์พบอาคารทั้งหมด 281 อาคาร ซึ่งไม่สอดคล้องกับขนาดพื้นที่ฐานอาคารในเขตดาวทาวน์ที่มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าเขตสตริป รวมทั้งยังไม่สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน(FAR)และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดินค่าอัตราส่วน(BCR) เนื่องจากในเขตดาวทาวน์เป็นศูนย์กลางธุรกิจที่มีอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูงจำนวนมากในส่วนเขตสตริปเป็นพื้นที่การค้าขายอาคารไม่สูงมากนักซึ่งในอดีตเคยเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมและมีพื้นที่ว่างมากกว่าเขตดาวทาวน์ แสดงให้เห็นว่าในเขตพื้นที่ดาวทาวน์มีความหนาแน่นของเมืองมากกว่าเขตสตริป จากงานวิจัย Aguilera et al. (2013) พบว่า พื้นที่ที่มีจำนวนอาคารมากจะมีความหนาแน่นของอาคารมากที่สุดและพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยจะมีความหนาแน่นของอาคารต่ำและการวิเคราะห์ค่า BCR และ FAR ค่าที่ต่ำสุดจะแสดงถึงพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ที่มีจำนวนอาคารน้อยและค่าBCR และค่าFAR ที่มีค่ามากกว่าจะพบในพื้นที่ที่ถูกครอบครองโดยโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่และอุตสาหกรรม ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจจะต้องนำข้อมูลขอบเขตอาคารที่มีความถูกต้องนำมาใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นของเมืองได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของเมืองในเขตดาวทาวน์และเขตสตริป พบว่า เขตดาวทาวน์มีจำนวนอาคารที่น้อยกว่าเขตสตริปจึงแสดงให้เห็นว่าเขตดาวทาวน์มีความหนาแน่นของ

เมืองน้อยกว่าเขตสตริปซึ่งยังคงมีความไม่สอดคล้องกับขนาดของพื้นที่ฐานอาคารที่ในเขตดาวทาวน์มีขนาดใหญ่กว่า รวมทั้งค่าที่ได้จากค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อแปลงที่ดิน(FAR)และค่าอัตราส่วนพื้นที่คลุมดินต่อแปลงที่ดิน(BCR)ที่แสดงให้เห็นว่าเขตดาวทาวน์มีความหนาแน่นของเมืองมากกว่าเขตสตริป

งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของเมืองในช่วงเวลาที่ผ่านมาถึงปัจจุบันและ นอกจากนี้ข้อมูลขอบเขตอาคารที่ใช้เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้นจากภาพถ่ายจาก Google Earth ซึ่งอาจมีความถูกต้องที่ไม่มากนัก ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรจะมีการสร้างขอบเขตอาคารที่มีความถูกต้องมากขึ้นหรือใช้ข้อมูลในพื้นที่ที่มีข้อมูลแล้วนำมาใช้ รวมทั้งอาจจะทำการศึกษาเรื่องสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองจะเป็นผลดีต่อการวางแผนจัดการเมืองในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ที่ให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงไลดาร์และ Google Earth ที่ให้บริการภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี หลักสูตรภูมิศาสตร์ในครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). *การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Aguilera, D G., Matellán, E C., López, D H., & Gonzálve, P R. (2013). *Automated Urban Analysis Based on LiDAR- Derived Building Models*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(3), 1844-1851

Shiravi, S., Zhong, M., & Beykaei, S A. (2012). *Accuracy assessment of building extraction using LiDAR data for urban planning/transportation applications*. Department of Civil Engineering. Thesis, University of New Brunswick.

Yan, W Y., Shaker, A. & Ashmawy, N E. (2015). *Urban land cover classification using airborne LiDAR data: A review*. Remote Sensing of Environment, 158, 295-310



ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ – ชื่อสกุล กมลฉัตร ศรีจะตะ
วัน เดือน ปี เกิด 25 สิงหาคม 2537
ที่อยู่ปัจจุบัน 159 หมู่ที่ 1 ตำบลร่องกวาง อำเภอร่องกวาง จังหวัดแพร่ 54140
ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556-2559 วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวรเกรดเฉลี่ย 3.10
 พ.ศ. 2550-2555 ระดับมัธยมศึกษา (วิทย์ - คณิต) โรงเรียนร่องกวางอนุสรณ์
 เกรดเฉลี่ย 3.12
 พ.ศ. 2544-2549 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านร่องกวาง (จันทิมาคม)

ผลงานที่ตีพิมพ์

กมลฉัตร ศรีจะตะ และนัฐพล มหาวิก. (2559). การศึกษาความหนาแน่นของเมืองจาก
 ข้อมูลไลดาร์ กรณีศึกษาเขตดาวทาวน์และเขตสตรีป รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศ
 สหรัฐอเมริกา.ประชุมวิชาการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศาสตร์ และ
 สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 1 (3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559), หน้า 85-92.

กิจกรรมที่เข้าร่วม

- (1) เข้าร่วมอบรมการประยุกต์ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข
 และข้อมูลสำรวจระยะไกล เพื่อเฝ้าระวังติดตามและการเตือนภัยน้ำท่วม ในวันที่ 25-26
 สิงหาคม 2559 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- (2) เข้าร่วมอบรมหลักสูตรภาษาอังกฤษ Grammar Overview ประจำเดือนกันยายน
 2559 ณ สถานพัฒนาวิชาการด้านภาษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
- (3) เข้าร่วมอบรมหลักสูตรภาษาอังกฤษ Listening Skill Practice for Test Preparation
 และ Leisure Reading ประจำเดือนตุลาคม 2559 ณ สถานพัฒนาวิชาการด้านภาษา
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
- (4) เข้าร่วมบรรยายการประชุมวิชาการ “ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมศาสตร์ และ
 สิ่งแวดล้อม” ครั้งที่ 1 ในวันที่ 3 พฤศจิกายน 2559 ณ คณะเกษตรศาสตร์
 ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- (5) ผู้ช่วยสอนปฏิบัติการรายวิชาไฟโตแกรมเมตรี สอนโดย ดร.นัฐพล มหาวิก ประจำภาค
 เรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 วันที่ 29-30 ตุลาคม 2559 ณ คณะเกษตรศาสตร์
 ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

รางวัลที่ได้รับ

(1) ได้รับเกียรติบัตรผู้มีผลการเรียนดี สาขาภูมิศาสตร์ ในวันที่ 8 กันยายน 2559 ณ อาคารขวัญเมือง มหาวิทยาลัยนเรศวร



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved