



โครงร่างวิทยานิพนธ์

การคำนวณปริมาณการจราจรบนเส้นทางหลวงด้วยเทคนิคการประมวลผลเชิง
ปริภูมิ

HIGHWAY CAPACITY CALCULATION BY GEOSPATIAL
PROCESSING TECHNIQUE

นายบัญชา ไวเปี้ย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปีการศึกษา ๒๕๖๔



2976672351
KU iThesis 6314500711 proposal / recv: 24062565 04:49:42 / seq: 24

ใบรับรองโครงงานวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

เรื่อง การคำนวณปริมาณการจราจรบนเส้นทางหลวงด้วยเทคนิคการประมวลผลเชิงปริภูมิ

Highway Capacity Calculation by Geospatial Processing Technique

นามผู้วิจัย นายบัญชา ไวก่อ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันโทสรวิศ สุภเวชย์, วศ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุเผ่า ออบแพทย์, วศ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลิ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์, Ph.D.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โครงร่างวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การคำนวณปริมาณการจราจรบนเส้นทางหลวงด้วยเทคนิคการประมวลผลเชิงปริภูมิ

Highway Capacity Calculation by Geospatial Processing Technique

โดย

นายบัญชา ไวเปี้ย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปีการศึกษา 2564

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|---|
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ช |
| บทนำ..... | 1 |
| ความเป็นมา | 1 |
| วัตถุประสงค์..... | 1 |
| ขอบเขตการดำเนินงาน..... | 1 |
| วิเคราะห์ความจุ (Capacity) บนเส้นทางหลวง | 1 |
| แนวทางการดำเนินงาน | 2 |
| ฐานข้อมูล PostgreSQL และ PostGIS..... | 2 |
| ลักษณะการทำงาน | 2 |
| ลักษณะทางภูมิศาสตร์ | 3 |
| ลักษณะการอ้างอิงภูมิศาสตร์ตามมาตรฐานของ OpenGIS..... | 3 |
| ตาราง SPATIAL_REF_SYS..... | 3 |
| การใช้ฟังก์ชันความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Relationships)..... | 5 |
| ST_Equals | 5 |
| ST_Intersects, ST_Disjoint, ST_Crosses and ST_Overlaps | 5 |
| ST_Within และ ST_Contains..... | 6 |
| การสำรวจข้อมูลทุติยภูมิที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ | 7 |
| ศึกษาข้อมูลโครงสร้างของกรมทางหลวง (main road) | 7 |
| ศึกษาโครงสร้างข้อมูลของกรมทางหลวง (subsection) | 9 |

| | |
|--|----|
| ข้อมูลเส้นทางจากฐานข้อมูล ROADNET | 10 |
| ศึกษาโครงสร้างข้อมูลขอบเขตเมือง(Urban) ของกรมทางหลวง | 11 |
| ศึกษาโครงสร้างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง..... | 11 |
| การสำรวจข้อมูลความสูงภูมิประเทศของทางหลวง | 13 |
| การคำนวณหาปริมาณการจราจร (Capacity) บนเส้นทางหลวง | 14 |
| หาปริมาณการจราจรถนนทางหลวงประเภทถนนเขตเมือง (Urban Street Highway) | 14 |
| หาปริมาณการจราจรถนนทางหลวงประเภท 2 ช่องจราจร (Two Lane Highway) | 15 |
| หาปริมาณการจราจรถนนทางหลวงประเภทหลายช่องจราจร (Multilane Highway)..... | 16 |
| วิธีการดำเนินงาน..... | 16 |
| แยกประเภทเส้นถนนทางหลวงเขตเมืองและถนนทางหลวงชนบท..... | 16 |
| ตรวจสอบระยะไฟจราจร กรณี เส้นถนนทางหลวงในเขตเมือง(Urban)..... | 18 |
| เส้นถนนทางหลวงนอกเขตเมือง | 20 |
| ตัดแบ่งช่วงถนน (Segment)..... | 21 |
| คำนวณหาความชัน (Slope)..... | 22 |
| คำนวณหาปริมาณการจราจรบนเส้นถนนทางหลวง | 23 |
| ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 23 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 24 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 26 |

สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|---|----|
| ตารางที่ 1 โครงสร้างข้อมูลทางหลวง (main road) | 8 |
| ตารางที่ 2 โครงสร้างข้อมูลทางหลวง (subsection) | 9 |
| ตารางที่ 3 โครงสร้างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง..... | 12 |
| ตารางที่ 4 ตารางหาปริมาณการจราจร(Capacity)โดยปริมาณอัตราส่วนของรถบรรทุกและระดับชั้น ของแนวสายทางตั้ง | 15 |

สารบัญภาพ

หน้า

| | |
|---|----|
| ภาพที่ 1 ตรวจสอบความเท่าเทียมกันเชิงพื้นที่ของสองรูปทรง | 5 |
| ภาพที่ 2 ST_Intersects , ST_Crosses และ ST_Overlaps ตรวจสอบว่าภายในรูปทรงตัดกันหรือไม่ ... | 6 |
| ภาพที่ 3 ST_Within และ ST_Contains ตรวจสอบว่าเรขาคณิตหนึ่งอยู่ภายในอีกอันหนึ่งอย่าง สมบูรณ์หรือไม่ | 7 |
| ภาพที่ 4 โครงสร้างข้อมูลถนนทางหลวง ชื่อตาราง section20211201 | 8 |
| ภาพที่ 5 โครงสร้างข้อมูลถนนทางหลวง ชื่อตาราง road_subsection | 9 |
| ภาพที่ 6 ขอบเขตเมืองตามมาตรฐานกรมทางหลวง | 11 |
| ภาพที่ 7(a) จุดสัญญาณไฟจราจรควบคุมจุด 2 เส้นทาง (b).สัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง | 12 |
| ภาพที่ 8 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) | 14 |
| ภาพที่ 9 ตารางจำแนกชั้นของแนวสายทางตั้ง เทียบระหว่างความชันของถนนและความยาวช่วง ถนนทางหลวง | 15 |
| ภาพที่ 10 แสดงแผนผังประเภทถนนทางหลวง | 16 |
| ภาพที่ 11 แผนที่แสดงพื้นที่เขตเมือง และ เส้นถนนทางหลวง | 17 |
| ภาพที่ 12 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นถนนทางหลวงในเขตเมือง | 17 |
| ภาพที่ 13 เงื่อนไขการของประเภทถนนทางหลวงอยู่ในเขตเมือง(Urban Street Highway) | 18 |
| ภาพที่ 14 เงื่อนไขของถนนทางหลวงหลายช่องจราจร(Multilane Highway) | 18 |
| ภาพที่ 15 แผนผังการแยกประเภทถนนทางหลวงในเมือง | 19 |
| ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรและเส้นถนนทางหลวง | 19 |
| ภาพที่ 17 แผนผังการแยกประเภทถนนทางหลวงนอกเขตเมือง | 20 |
| ภาพที่ 18 ลักษณะถนนทางหลวงเท่ากับ 2 ช่องจราจร | 20 |
| ภาพที่ 19 ลักษณะถนนทางหลวงมากกว่า 2 ช่องจราจร | 21 |

| | |
|---|----|
| ภาพที่ 20 แสดงหลักการตัดแบ่งช่วงถนนทางหลวง | 21 |
| ภาพที่ 21 แสดงรูปแบบความชันจากแบบจำลองเชิงเลข(DEM) | 22 |
| ภาพที่ 22 แสดงข้อมูลความสูงของแบบจำลองเชิงเลข | 22 |
| ภาพที่ 23 แสดงข้อมูลที่จัดด้วยวิธีการ Moving Average..... | 23 |

บทนำ

ความเป็นมา

กรมทางหลวงมีพันธกิจในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการคมนาคมเพื่อพัฒนาระดับการให้บริการให้เป็นไปด้วยความสะดวกและความปลอดภัยในการคมนาคมทางถนน เมื่อขณะที่ผู้ใช้งานถนนทางหลวงที่มีระดับการให้บริการต่ำทำให้ยานพาหนะไม่สามารถใช้ความเร็วในการเดินทางได้ดี ทำให้ใช้ระยะเวลาในการเดินทางหรือขนส่งที่ยาวนานขึ้น มีต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลง

จากข้างต้นในการที่จะคำนวณให้ได้ผลลัพธ์ความจุของถนน (Capacity) มานั้นจะต้องใช้เทคนิควิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ด้วยเพราะข้อมูลเป็นจำนวนมากมีความซับซ้อนจึงต้องเขียนโปรแกรมในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ข้อมูลตามเงื่อนไข พร้อมกับความรู้เชิงภูมิศาสตร์ต้องใช้ฟังก์ชัน PostGIS แปลงข้อมูล เช่น คำนวณระยะ หาจุดตัดพื้นที่ การตรวจตำแหน่งทับซ้อน การอ่านข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) การกำจัดข้อมูล noise ด้วยการปรับแก้ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาคำนวณหาความชัน (Slope) การแบ่งถนนตามระยะที่ต้องการ (Segment Line) เป็นต้น พัฒนาโปรแกรมบนพื้นฐานภาษา Python3 ควบคู่กับ Library (Geospatial Data Abstraction Library :GDAL) สำหรับการอ่านและการเขียนรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์และเวกเตอร์เชิงพื้นที่ ฐานข้อมูล PostgreSQL Extension PostGIS ใช้การจัดการข้อมูลและใช้ฟังก์ชันในการจัดการข้อมูลเวกเตอร์ ทั้งหมดทั้งมวลนี้เพื่อที่จะให้คำนวณผลลัพธ์โดยที่ข้อมูลอยู่ในรูปเชิงพื้นที่ออกมาได้

วัตถุประสงค์

โครงการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาสภาพจราจรบนทางหลวงเพื่อจัดทำแผนที่เพิ่มประสิทธิภาพสายทาง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาหาวิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความจุ(Capacity) ด้วยการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์จากข้อมูลปริภูมิในส่วนที่เกี่ยวกับการหาความจุ(Capacity)บนเส้นถนนทางหลวง
2. ศึกษาปัญหาและข้อมูลปริภูมิเพื่อพัฒนาโปรแกรมหาความจุ(Capacity) บนเส้นถนนทางหลวงด้วยเทคนิคการประมวลผลเชิงปริภูมิ

ขอบเขตการดำเนินงาน

วิเคราะห์ความจุ (Capacity) บนเส้นถนนทางหลวง

ศึกษาตัวแปรและขั้นตอนกระบวนการตามหลักวิศวกรรมจราจรเพื่อมาใช้วิเคราะห์หาความจุของทางหลวงโดยใช้ข้อมูลภายในโครงการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาสภาพจราจรบนทาง

หลวงเพื่อจัดทำแผนที่เพิ่มประสิทธิภาพสายทาง โดยรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพ เช่น จำนวนและความกว้างของช่องจราจร, free flow speed (Google Map API), สัดส่วนรถบรรทุก เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการวิเคราะห์หาค่าความจุ(Capacity)ของทางหลวง รวบรวมข้อมูลเป็นระยะทางรวมไม่น้อยกว่า 28,000 กิโลเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ความจุของทางหลวง

ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถอ่านข้อมูลวิเคราะห์พร้อมกับการตัดสินใจเงื่อนไขในการคำนวณหรือเทคนิคที่เหมาะสมในการแปลงข้อมูลด้วยหมายเลขสายทาง ชี้อตอนควบคุม และหลักกิโลเมตรของกรมทางหลวง

การสำรวจความสูงภูมิประเทศของทางหลวง จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) พร้อมศึกษาการนำข้อมูลผลการสำรวจสภาพสายทาง (ROADNET) มาใช้ร่วมกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) เพื่อวิเคราะห์ความลาดชันของทางหลวงระยะทางรวมประมาณ 28,000 กิโลเมตร เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประกอบการคำนวณความจุของทางหลวง

แนวทางการดำเนินงาน

ฐานข้อมูล PostgreSQL และ PostGIS

การจัดเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในฐานข้อมูลแบบโอเพนซอร์สเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้งาน ในการจัดเก็บข้อมูลแบบนี้จะใช้ PostGIS ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์แบบโอเพนซอร์สที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างระบบฐานข้อมูลกับส่วนเสริม(Extension) ที่ใช้วิเคราะห์ โดย PostGIS มีความสามารถในการจัดเก็บฐานข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ (Relational Database Management System : RDBMS) (Ramsey 2003)

ลักษณะการทำงาน

PostGIS จะทำงานในลักษณะของ Extension ซึ่งสามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการ UNIX เกือบทุกระบบ อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows โดยอาศัยโครงสร้างการทำงานของ Windows โดยในการทำงานร่วมกับ PostgreSQL นั้น PostGIS ยังรองรับการสร้าง Spatial Index เพื่อใช้ในการจัดการข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์

ลักษณะทางภูมิศาสตร์

PostGIS จะรองรับลักษณะของข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ตามมาตรฐาน “Simple Features For SQL” ที่กำหนดโดย OpenGIS Consortium (OGC) ซึ่ง PostGIS จะกำหนดลักษณะของข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ด้วยข้อความดังต่อไปนี้

POINT (30 10)

LINESTRING (30 10, 10 30, 40 40)

POLYGON ((30 10, 40 40, 20 40, 10 20, 30 10))

MULTIPOINT ((10 40), (40 30), (20 20), (30 10))

MULTILINESTRING ((10 10, 20 20, 10 40), (40 40, 30 30, 40 20, 30 10))

MULTIPOLYGON (((30 20, 45 40, 10 40, 30 20)), ((15 5, 40 10, 10 20, 5 10, 15 5)))

ทั้งนี้ในแต่ละลักษณะทางภูมิศาสตร์จะสามารถใช้ค่าพิกัดแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติได้ และในการจัดเก็บข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลนั้นจะต้องมีการระบุหมายเลขของระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Spatial Referencing System Identifier : SRID) ซึ่งใช้ในการกำหนดระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ของลักษณะทางภูมิศาสตร์นั้นๆ

ลักษณะการอ้างอิงภูมิศาสตร์ตามมาตรฐานของ OpenGIS

เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานของ OpenGIS นั้นจำเป็นต้องใช้ตารางพิเศษ (Meta-data Tables) เพื่อเป็นการกำหนดระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์และคุณสมบัติของชั้นข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Layer) ซึ่ง PostGIS จะใช้ตารางพิเศษ 2 ตารางดังนี้

ตาราง SPATIAL_REF_SYS

หมายเลข SRID ที่ระบุไว้ในแต่ละลักษณะทางภูมิศาสตร์จะถูกจัดเก็บไว้ในตารางนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย field ดังต่อไปนี้

- SRID คือหมายเลขเฉพาะซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงระบบอ้างอิงภูมิศาสตร์
- AUTH_NAME คือชื่อของมาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์โดย OpenGIS จะใช้ค่าเป็น “EPSG”
- AUTH_SRID คือหมายเลขเฉพาะซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงระบบอ้างอิงภูมิศาสตร์ที่กำหนดโดยมาตรฐานของระบบอ้างอิงนั้นๆ
- SRTEXT คือข้อความที่แสดงระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์

●PROJ4TEXT คือข้อความที่แสดงค่าที่ใช้ร่วมกับ Proj4 ซึ่งเป็น library ที่ช่วยในการแปลงระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์

ตัวอย่างของระบบอ้างอิง WGS 1984 UTM 47N สามารถแสดงได้ดังนี้

SRID = 32647

AUTH_NAME = EPSG

AUTH_SRID = 32647

SRTEXT = PROJCS["WGS 84 / UTM zone 47N",

GEOGCS["WGS 84",

DATUM["WGS_1984",

SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,

AUTHORITY["EPSG","7030"]],

AUTHORITY["EPSG","6326"]],

PRIMEM["Greenwich",0,

AUTHORITY["EPSG","8901"]],

UNIT["degree",0.0174532925199433,

AUTHORITY["EPSG","9122"]],

AUTHORITY["EPSG","4326"]],

PROJECTION["Transverse_Mercator"],

PARAMETER["latitude_of_origin",0],

PARAMETER["central_meridian",99],

PARAMETER["scale_factor",0.9996],

PARAMETER["false_easting",500000],

PARAMETER["false_northing",0],

UNIT["metre",1,

AUTHORITY["EPSG","9001"]],

AXIS["Easting",EAST],

AXIS["Northing",NORTH],

AUTHORITY["EPSG","32647"]]

PROJ4TEXT = +proj=utm +zone=47 +datum=WGS84 +units=m +no_defs

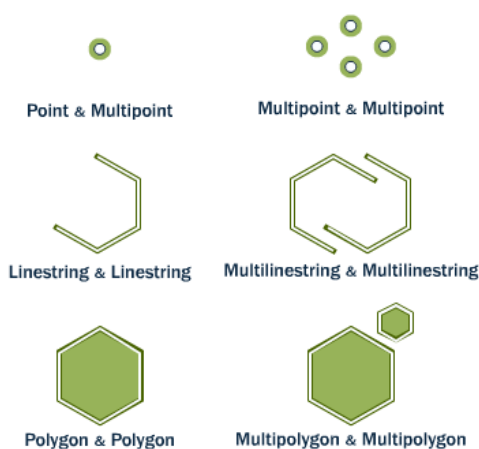
การใช้ฟังก์ชันความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Relationships)

เราได้ใช้ฟังก์ชันเชิงพื้นที่ที่เราคิด ฟังก์ชันประเภทนี้ใช้งานได้ครั้งละหนึ่งรูปทรงเท่านั้น ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพเพราะไม่เพียงเก็บรูปทรงเรขาคณิตเท่านั้น แต่ยังมีความสามารถในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิต เช่น “ที่จอดรถจักรยานที่ใกล้ที่สุดกับสวนสาธารณะคืออะไร” หรือ “ทางแยกของรถไฟใต้ดินและถนนอยู่ที่ไหน” สามารถตอบได้โดยการเปรียบเทียบรูปทรงที่เป็นตัวแทนของจักรยาน ถนน และรถไฟใต้ดินเท่านั้น มาตรฐาน OGC กำหนดชุดวิธีต่อไปนี้เพื่อเปรียบเทียบรูปทรงเรขาคณิต

ST_Equals

ST_Equals(เรขาคณิต A, เรขาคณิต B)ทดสอบความเท่าเทียมกันเชิงพื้นที่ของสองรูปทรง

Equals

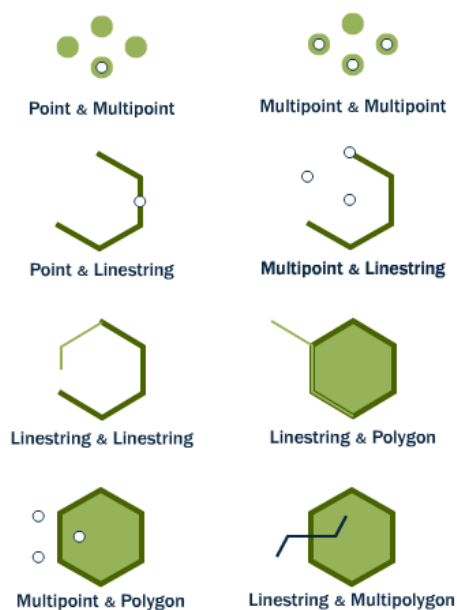


ภาพที่ 1 ตรวจสอบความเท่าเทียมกันเชิงพื้นที่ของสองรูปทรง

ST_Intersects, ST_Disjoint, ST_Crosses and ST_Overlaps

ST_Intersects , ST_Crosses และ ST_Overlaps ทดสอบว่าภายในของรูปทรงตัดกันหรือไม่

Intersects

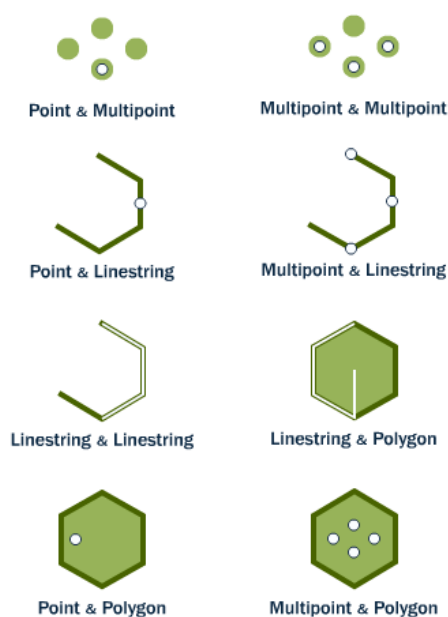


ภาพที่ 2 ST_Intersects , ST_Crosses และ ST_Overlaps ตรวจสอบว่าภายในรูปทรงตัดกันหรือไม่

ST_Within และ ST_Contains

ST_Within และ ST_Contains ทดสอบว่าเรขาคณิตหนึ่งอยู่ภายในอีกอันหนึ่งอย่างสมบูรณ์หรือไม่

Within/Contains



ภาพที่ 3 ST_WithinและST_Contains ตรวจสอบว่าเรขาคณิตหนึ่งอยู่ภายในอีกอันหนึ่งอย่างสมบูรณ์หรือไม่

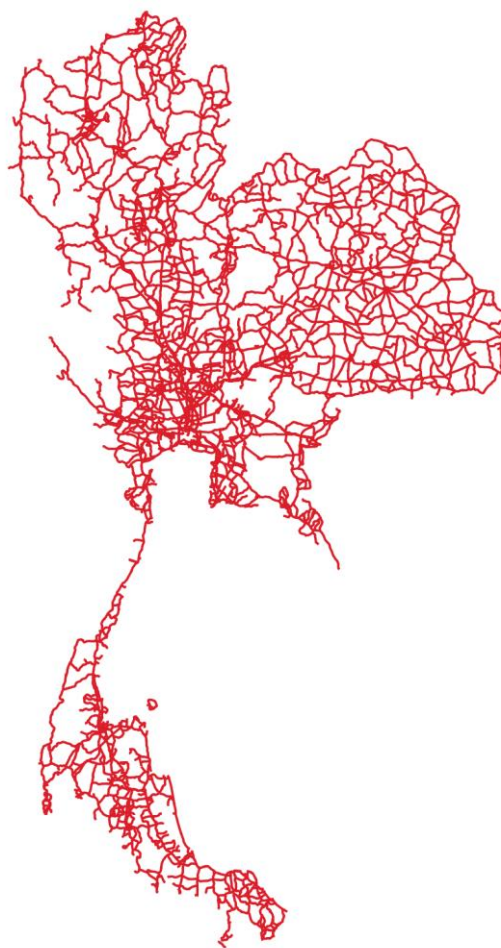
การสำรวจข้อมูลทุติยภูมิที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลความจุ (Capacity) ปริมาณการจราจร (Flow) ระดับการให้บริการ (LOS) และวิเคราะห์ข้อมูลช่วงถนน ซึ่งอยู่ในกลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตามขอบเขตของงานระยะทางรวมไม่น้อยกว่า 26,000 กิโลเมตร หมายถึง จะต้องทำการวิเคราะห์โครงข่ายถนนทั้งประเทศ เพื่อเลือกเส้นทาง และการเลือกเส้นทางนั้น จะต้องมีความสอดคล้องกับ ข้อมูลหมายเลขสายทาง ตอนควบคุม และหลักกิโลเมตรของกรมทางหลวง ข้อมูลทุติยภูมิที่จะต้องนำมาใช้เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายถนน มีรายละเอียด ดังนี้

ศึกษาข้อมูลโครงสร้างของกรมทางหลวง (main road)

ข้อมูลเส้นทางของกรมทางหลวง เป็นเครือข่ายของทางหลวงที่อยู่ในประเทศไทย ซึ่งได้ข้อมูลจาก ROADNET ดังภาพที่ 4 เส้นทางของกรมทางหลวงโดยปกติมักหมายถึงทางหลวงแผ่นดินซึ่งอยู่ในความควบคุมของกรมทางหลวง และกรมทางหลวงจัดเก็บข้อมูลอยู่ในโครงสร้าง





ภาพที่ 4 โครงสร้างข้อมูลถนนทางหลวง ชื่อตาราง section20211201

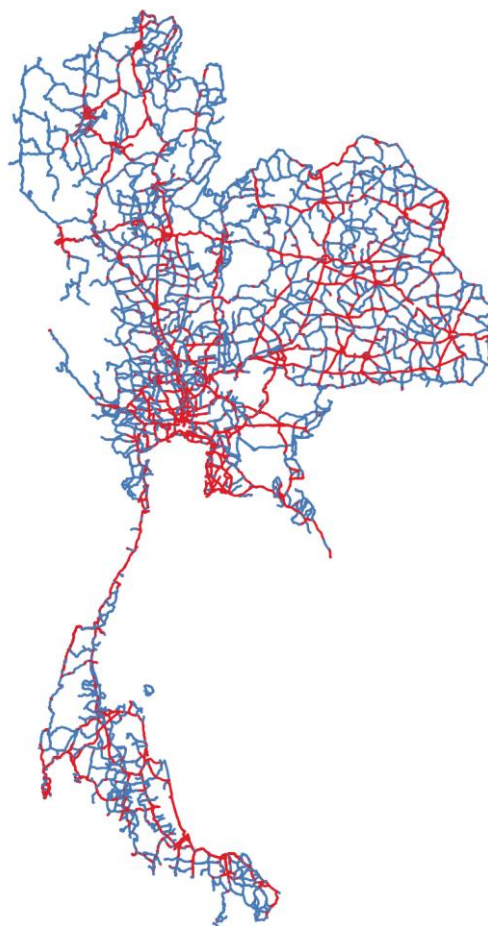
ตารางที่ 1 โครงสร้างข้อมูลทางหลวง (main road)

| ลำดับ | ชื่อตัวแปร | คำอธิบาย |
|-------|------------|------------------|
| 1 | fid | รหัสอ้างอิง |
| 2 | road_no | หมายเลขทางหลวง |
| 3 | cs_no | รหัสควบคุม |
| 4 | km_start | กิโลเมตรเริ่มต้น |
| 5 | km_end | กิโลเมตรสิ้นสุด |

| | | |
|---|---------|----------------|
| 6 | cs_name | ชื่อถนนภาษาไทย |
|---|---------|----------------|

ศึกษาโครงสร้างข้อมูลของกรมทางหลวง (subsection)

ข้อมูลเส้นทางของกรมทางหลวง เป็นเครือข่ายของทางหลวงที่อยู่ในประเทศไทย ซึ่งได้ข้อมูลจาก ROADNET ดังภาพที่ 5 โดยถูกแบ่งตัดเป็นชิ้น ภายในถนนเส้นเดียว โดยแต่ละลักษณะของช่วงถนนแต่ละเส้นจะบอกข้อมูลรายละเอียดแยกย่อย ดังนี้ จำนวนช่องจราจรด้านซ้าย จำนวนช่องจราจรด้านขวา กิโลเมตรเริ่มต้น หรือ กิโลเมตรสิ้นสุด ประเภทถนน ชนิดของถนน หน้าที่ของถนน รหัสควบคุม เป็นต้น



ภาพที่ 5 โครงสร้างข้อมูลถนนทางหลวง ชื่อตาราง road_subsection
ตารางที่ 2 โครงสร้างข้อมูลทางหลวง (subsection)

| | | |
|-------|------------|----------|
| ลำดับ | ชื่อตัวแปร | คำอธิบาย |
|-------|------------|----------|

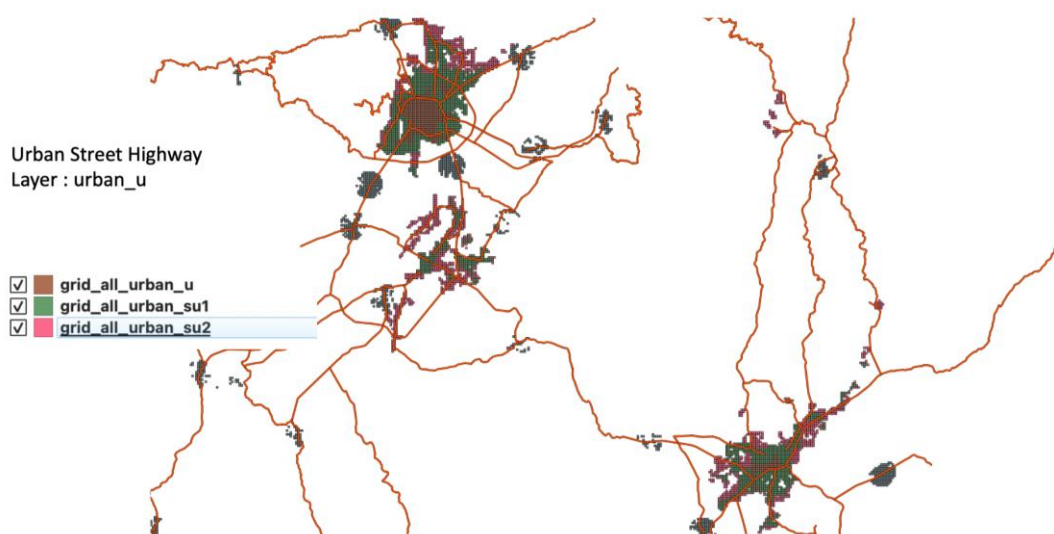
| | | |
|----|------------------|---------------------------|
| 1 | fid | รหัสอ้างอิง |
| 2 | road_id | รหัสอ้างอิงถนนทางหลวง |
| 3 | road_type_id | รหัสประเภทถนน |
| 4 | road_code | รหัสหมายเลขถนน |
| 5 | control | รหัสควบคุม |
| 6 | control_name | ชื่อถนนภาษาไทย |
| 7 | km_start | กิโลเมตรเริ่มต้น |
| 8 | km_end | กิโลเมตรสิ้นสุด |
| 9 | lane_count_left | จำนวนช่องทางจราจรด้านซ้าย |
| 10 | lane_count_right | จำนวนช่องทางจราจรด้านขวา |
| 11 | type_id | ชนิดของถนน |
| 12 | character | หน้าที่ของถนน |
| 13 | geom | ข้อมูลเส้นถนน |

ข้อมูลเส้นทางจากฐานข้อมูล ROADNET

ข้อมูลเส้นทางจากฐานข้อมูล ROADNET สำนักบริหารบำรุงทาง เป็นชั้นข้อมูลที่มีข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของสายที่ที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ LOS ได้ แต่ไม่ได้มีการวางโครงสร้าง Geometry สำหรับใช้วิเคราะห์ Network analysis ด้วยฟังก์ชัน Linear referencing เนื่องจากไม่ได้มีการ Digitize จากไปตามลำดับหลักกิโลเมตร ซึ่งทำให้การทำ Referencing ด้วย Distance ด้วยฟังก์ชันจะได้ Point บนข้อมูลสายทางที่ไม่มี Direction เกี่ยวกับหลักกิโลเมตร

ศึกษาโครงสร้างข้อมูลขอบเขตเมือง(Urban) ของกรมทางหลวง

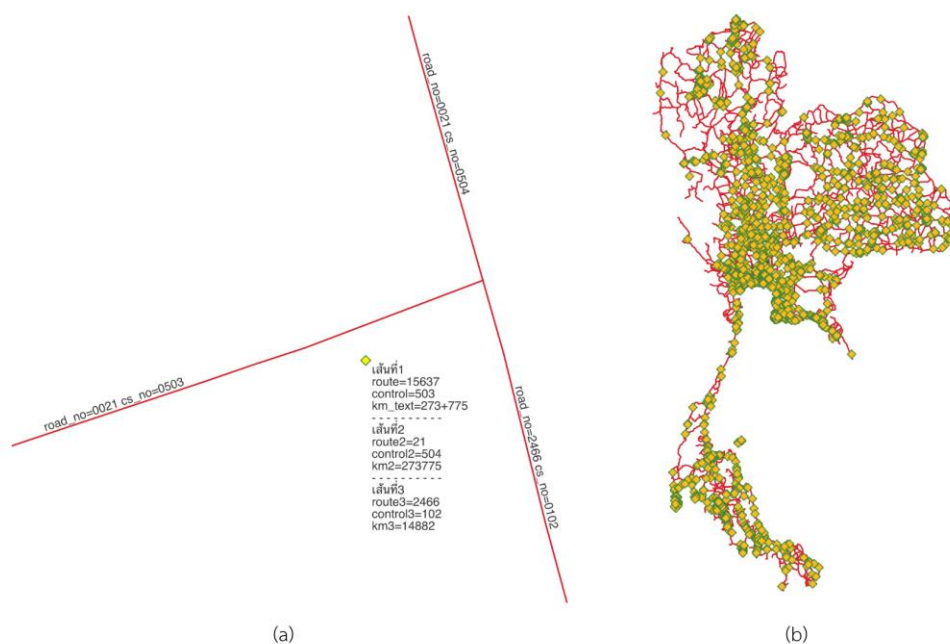
ข้อมูลทุติยภูมิพื้นที่กริดเขตเมือง (Grid Urban) เป็นข้อมูลโดยการจำแนกความหนาแน่นของจำนวนประชากรในพื้นที่ โดยมีชั้นข้อมูลดังนี้ Grid_all_urban_u, Grid_all_urban_su1, Grid_all_urban_su2 ซึ่งถือว่าข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าวที่อยู่ภายในตารางเขตเมือง(Grid Urban) จัดอยู่ในพื้นที่เขตเมือง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขอบเขตเมืองตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ศึกษาโครงสร้างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง

ข้อมูลทุติยภูมิสัญญาณไฟจราจรของกรมทางหลวง เป็นเครือข่ายที่อยู่ในประเทศไทย แนวควบคุมสัญญาณไฟจราจรอ้างอิงถึงเส้นที่ Control ของเส้นทางหลวง ดังภาพที่ 7 โดยมีโครงสร้างข้อมูลดัง ตารางที่ 3



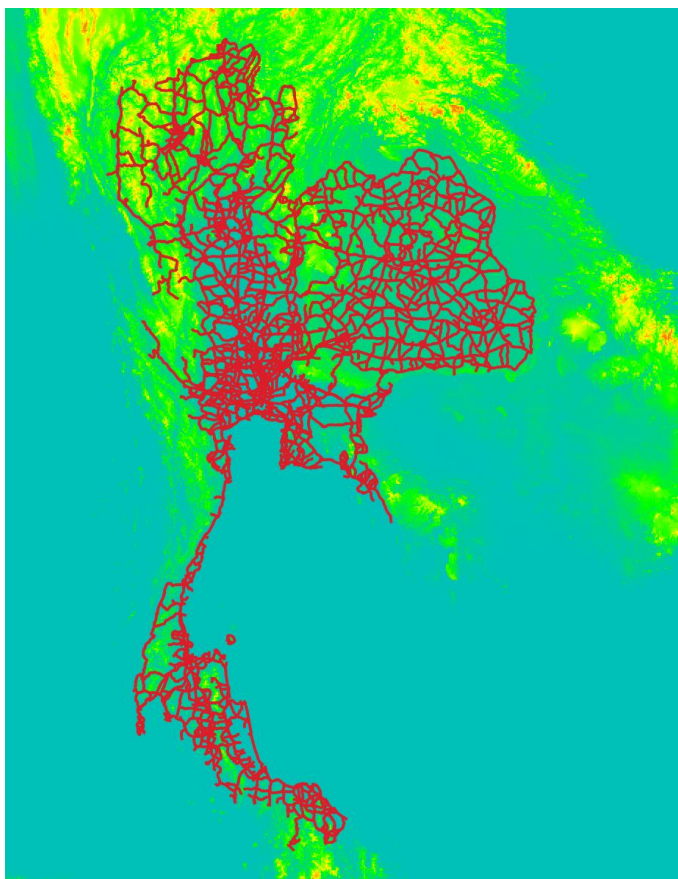
ภาพที่ 7(a) จุดสัญญาณไฟจราจรควบคุม 3 จุด 2 เส้นทาง (b).สัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง
ตารางที่ 3 โครงสร้างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร ของกรมทางหลวง

| ลำดับ | ชื่อตัวแปร | คำอธิบาย |
|-------|------------|---|
| 1 | fid | รหัสอ้างอิง |
| 2 | route | หมายเลขทางหลวงเส้นที่ 1 |
| 3 | control | รหัสควบคุมเส้นที่ 1 |
| 4 | km_text | หลักกิโลเมตรตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรเส้นที่ 1 |
| 5 | junction | ชื่อแยกสัญญาณไฟจราจร |
| 6 | section_na | ชื่อถนนภาษาไทย |
| 7 | route2 | หมายเลขทางหลวงเส้นที่ 2 |

| | | |
|----|----------|---|
| 8 | contro2 | รหัสควบคุมเส้นที่ 2 |
| 9 | km_text2 | หลักกิโลเมตรตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรเส้นที่ 2 |
| 10 | route3 | หมายเลขทางหลวงเส้นที่ 3 |
| 11 | contro3 | รหัสควบคุมเส้นที่ 3 |
| 12 | km_text3 | หลักกิโลเมตรตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรเส้นที่ 3 |
| 13 | geom | ข้อมูลเส้นถนน |

การสำรวจข้อมูลความสูงภูมิประเทศของทางหลวง

การสำรวจความสูงภูมิประเทศของทางหลวง จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) จะทำการสำรวจจากทั้งข้อมูลทุติยภูมิ เช่น จาก ROADNET และการประมวลผลจากข้อมูล DEM เป็นลักษณะข้อมูลเป็นรูปแบบ Multiline String จะใช้วิธีตัดเส้นถนนทางหลวงตัดทุกๆ 2 กิโลเมตร ทุกเส้นทางทั่วประเทศเพื่อคำนวณหาความชัน Slope ที่มีค่ามากกว่า 5% เพราะความชันสูงจะทำให้ผลต่อการคมนาคมบนถนนทางหลวง ของแต่ละเส้นถนน



ภาพที่ 8 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM)

การคำนวณหาปริมาณการจราจร (Capacity) บนเส้นทางหลวง

การคำนวณหาปริมาณการจราจร (Capacity) ของถนนทางหลวงมีวิธีการผลลัพธ์ด้วยรูปแบบประเภทถนน 3 ประเภทดังนี้

หาปริมาณการจราจรถนนทางหลวงประเภทถนนเขตเมือง (Urban Street Highway)

$$C_{th} = 1,800(N_{th} - 1 + P_{0,j}^*)$$

C_{th} = ความสามารถในการจับจองจราจรบนถนน ปริมาณคัน/ชั่วโมง

N_{th} = จำนวนช่องจราจร

$P_{0,j}^*$ = ค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่มีแถวคอยในช่องทางตรงโดยที่ j

สมมติว่าเลนเลี้ยวขวาใช้ร่วมกับทางสายหลัก

เนื่องจากถนนทางหลวงในประเทศไทยมีเลนเสริมรถกลับรถด้านขวา จึงสมมติค่า $P_{0,j}^* = 1$



หาปริมาณการจราจรบนทางหลวงประเภท 2 ช่องจราจร (Two Lane Highway)

การหาความจุถนนทางหลวงประเภท 2 ช่องจราจร

Exhibit 15-11: Classifications for Vertical Alignment (Downgrades in Parentheses)

| Segment Length (mi) | Segment Percent Grade (%) | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | ≤1 | >1 ≤2 | >2 ≤3 | >3 ≤4 | >4 ≤5 | >5 ≤6 | >6 ≤7 | >7 ≤8 | >8 ≤9 | >9 |
| ≤0.1 | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 2 (2) | 2 (2) |
| >0.1 ≤0.2 | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 2 (2) | 2 (2) | 3 (2) | 3 (3) | 3 (3) |
| >0.2 ≤0.3 | 1 (1) | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 2 (2) | 3 (2) | 3 (3) | 4 (3) | 4 (4) | 5 (5) |
| >0.3 ≤0.4 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 2 (2) | 3 (2) | 3 (3) | 4 (4) | 5 (4) | 5 (5) | 5 (5) |
| >0.4 ≤0.5 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 2 (2) | 3 (3) | 4 (3) | 5 (4) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) |
| >0.5 ≤0.6 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 3 (2) | 3 (3) | 4 (4) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) |
| >0.6 ≤0.7 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 3 (2) | 4 (3) | 4 (4) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) |
| >0.7 ≤0.8 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 3 (3) | 4 (4) | 5 (4) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) |
| >0.8 ≤0.9 | 1 (1) | 1 (1) | 2 (1) | 3 (3) | 4 (4) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) |

ภาพที่ 9 ตารางจำแนกชั้นของแนวสายทางตั้ง เทียบระหว่างความชันของถนนและความยาวช่วง
ถนนทางหลวง

Classifications for vertical Alignment = จำแนกชั้นของแนวสายทางตั้งมี 1-5 ระดับ

Segment Length(mi) = ความยาว Segment ที่ได้จากการตัดช่วงถนน

Segment Percent Grade = อัตราส่วนความชันในของความยาว Segment

ตารางที่ 4 ตารางหาปริมาณการจราจร(Capacity)โดยปริมาณอัตราส่วนของรถบรรทุกและระดับชั้น
ของแนวสายทางตั้ง

| Heavy Vehicle Percentage (%) | Maximum Flow Rate (veh/h) by Vertical Class | | | | |
|------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| < 5 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| ≥ 5 < 10 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,400 |
| ≥ 10 < 15 | 1,400 | 1,400 | 1,400 | 1,300 | 1,300 |
| ≥ 15 < 20 | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,200 |
| ≥ 20 < 25 | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,200 | 1,100 |
| ≥ 25 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 |

Note: Capacity is governed by merge point at end of passing lane segment.

ปริมาณจราจรแยกประเภท = Heavy Vehicle Percentage

ระดับชั้นของแนวสายทางตั้ง = Vertical Class

หาปริมาณการจราจรบนทางหลวงประเภทหลายช่องจราจร (Multilane Highway)

$$c(MLH \text{ Segment}) = 1,900 + 20(FFS_{adj} - 45)$$

$c(MLH \text{ Segment})$ = ความสามารถในการจับช่องจราจรบนถนน ปริมาณคัน/ชั่วโมง

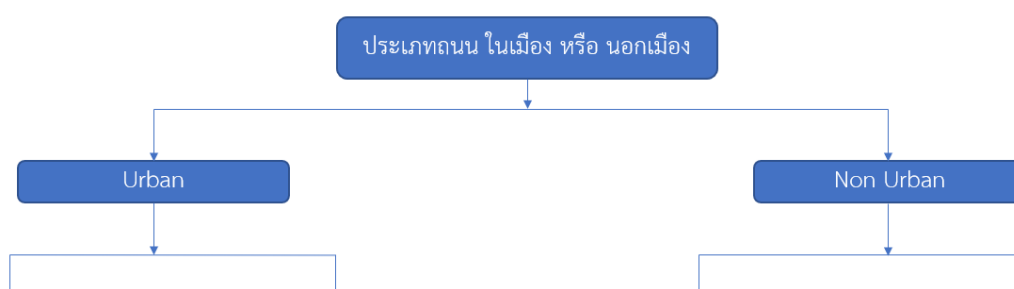
FFS_{adj} = ความเร็วการเดินทางโดยความเร็วอิสระ (Free flow speed) ใช้ข้อมูลจาก Google Maps

Directions API

วิธีการดำเนินงาน

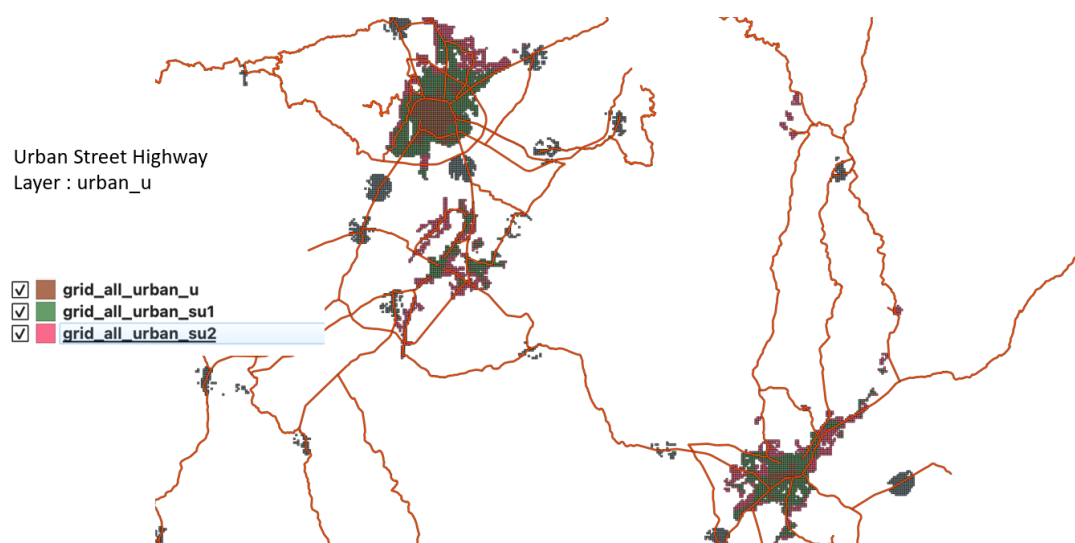
แยกประเภทเส้นถนนทางหลวงเขตเมืองและถนนทางหลวงชนบท

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแยกประเภทเส้นถนนทางหลวงทั้งหมดก่อน ต้องการทราบว่าถนนเส้นใดเป็นถนนประเภท เส้นถนนทางหลวงเขตเมือง เส้นถนนทางหลวง 2 ช่องจราจร หรือ เส้นถนนทางหลวงหลายช่องจราจร ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงแผนผังประเภทถนนทางหลวง

โดยนำข้อมูลทุกข้อมูมิพื้นที่กริดเขตเมืองและข้อมูลเส้นถนนทางหลวง ใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่นำมาวิเคราะห์แยกประเภททางหลวง โดยมีข้อกำหนดคืออยู่ว่าถ้าเส้นถนนทางหลวงเส้นใดมีส่วนหนึ่งส่วนใดมีการสัมผัสกับพื้นที่กริดเขตเมือง จะถือว่าถนนเส้นนั้นเป็นถนนที่เป็นประเภทถนนทางหลวงเขตเมือง (Urban) หรือถนนทางหลวงไม่ใช่เขตเมือง(Non Urban)



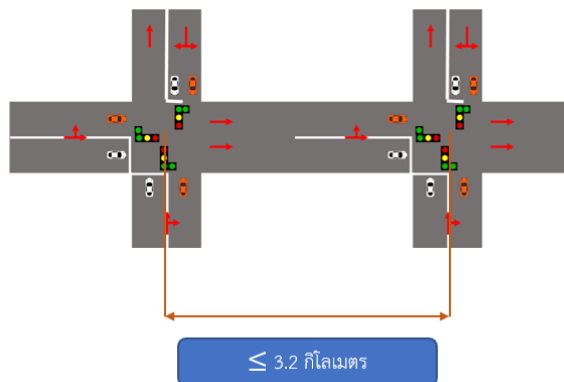
ภาพที่ 11 แผนที่แสดงพื้นที่เขตเมือง และ เส้นถนนทางหลวง

จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าเส้นถนนทางหลวง บางเส้นถนนมีการทับซ้อนหรือมีส่วนหนึ่งส่วนให้อยู่ภายในพื้นที่กริดของเขตเมือง การจำแนกนั้นจะใช้วิธีการนำข้อมูลดังกล่าวทั้งข้อมูลกริดเขตเมือง และข้อมูลเส้นถนนทางหลวงนำไปในฐานข้อมูล PostgreSQL พร้อมกับใช้ส่วนเสริม Extension ติดตั้ง PostGIS ใช้ฟังก์ชัน ST_Intersects เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 ชนิดมีค่าเป็นจริง(True) เมื่อมีการผ่านของวัตถุ ซึ่งจะใช้พื้นที่ที่เป็นกริดเมืองและพื้นที่ที่เป็นเส้นถนนทางหลวง นำมาตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ดังกล่าวนี้และจัดเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบ CSV ดังภาพที่ 12

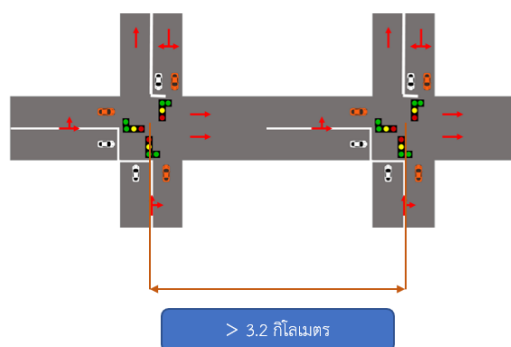
| Urban.csv | | | | | | |
|-----------|----|---------|------------------------|------|------------|-------------------------|
| 1 | no | road_no | cs_name | fid | area_urban | road_code, road_control |
| 2 | 1 | 1400 | แยกทางหลวง - ป่ามะม่วง | 3217 | ในเมือง | 1400, 100 |
| 3 | | | | | | |

ภาพที่ 12 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นถนนทางหลวงในเขตเมือง

ตรวจสอบระยะไฟจราจร กรณี เส้นทางหลวงในเขตเมือง(Urban)

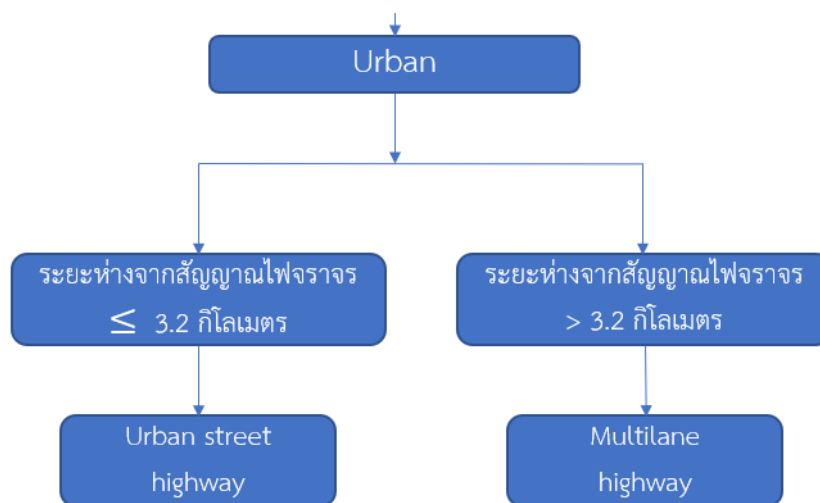


ภาพที่ 13 เงื่อนไขการของประเภทถนนหลวงอยู่ในเขตเมือง(Urban Street Highway)



ภาพที่ 14 เงื่อนไขของถนนหลวงหลายช่องจราจร(Multilane Highway)

เมื่อได้ลักษณะเส้นทางหลวงที่อยู่ในเขตเมืองแล้ว ต่อมาจะต้องตรวจสอบระยะห่างระหว่างสัญญาณไฟจราจรถึงสัญญาณไฟจราจรอีกจุดบนแนวเส้นทาง ถนน ถ้าระยะห่างระหว่าง 2 สัญญาณไฟจราจรน้อยกว่าระยะ 3.2 กิโลเมตรจะถือว่าเป็นถนนประเภทถนนหลวงอยู่ในเขตเมือง(Urban Street Highway) แต่ถ้าสัญญาณไฟจราจรระหว่าง 2 จุดห่างกันมากกว่าระยะ 3.2 กิโลเมตรจะถือว่าเป็นประเภทถนนหลวงหลายช่องจราจร(Multilane Highway) ดังภาพที่ 13



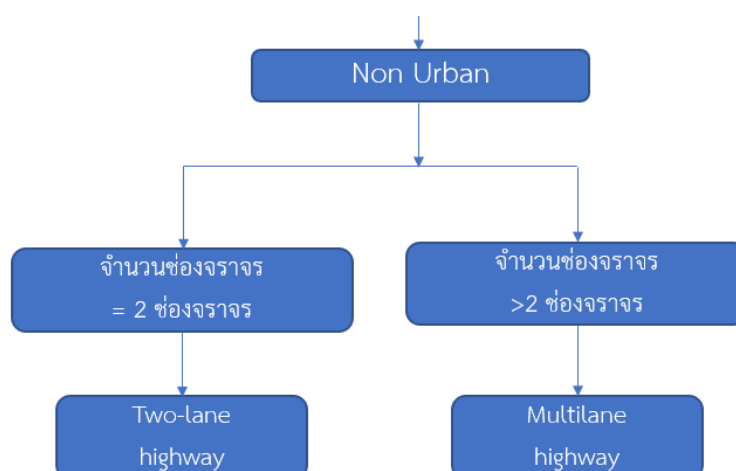
ภาพที่ 15 แผนผังการแยกประเภทถนนทางหลวงในเมือง

จากข้อมูลทุกมิติตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรและข้อมูลเส้นทางหลวงจะมีความสัมพันธ์ของข้อมูลคือ ข้อมูล Column:road_no ของตารางข้อมูลถนนทางหลวง และ Column:route ของตารางข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร, ข้อมูล Column:cs_no ของตารางข้อมูลถนนทางหลวง และ Column:control ของตารางข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร จะมีความสัมพันธ์กันในเชิงข้อมูล และข้อมูลหลักกิโลเมตรความยาวของเส้นทางหลวงของตารางข้อมูลถนนทางหลวง และ Column:km_text หรือ km2 km3 ของตารางข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ด้านระยะทางกับหลักกิโลเมตร ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตำแหน่งสัญญาณไฟจราจรและเส้นทางหลวง

เส้นถนนทางหลวงนอกเขตเมือง



ภาพที่ 17 แผนผังการแยกประเภทถนนทางหลวงนอกเขตเมือง

ประเภทถนนทางหลวงนอกเขตเมืองมีอยู่ 2 ประเภทคือ ถนน 2 ช่องจราจร (Two-lane Highway) และถนนทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway) ดังรูปที่ 17 ต้องแยกจำนวนช่องจราจรเพียงอย่างเดียวโดยที่ถ้าจำนวนช่องจราจรเท่ากับ 2 ช่องจราจร กล่าวคือช่องเดินรถทางซ้าย + ช่องเดินรถทางขวา เท่ากับ 2 ช่องจราจร ดังภาพที่ 18 ให้หมายถึงถนนทางหลวงเส้นนั้นเป็นประเภทถนน 2 ช่องจราจร (Two-lane Highway) ถ้าจำนวนช่องจราจร มากกว่า 2 ช่องจราจร กล่าวคือช่องเดินรถทางซ้าย + ช่องเดินรถทางขวา มากกว่า 2 ช่องจราจร ดังภาพที่ 19 ให้หมายถึงถนนทางหลวงเส้นนั้นเป็นประเภทถนนหลายช่องจราจร (Multilane Highway)



จำนวนช่องจราจร = 2 ช่องจราจร

ภาพที่ 18 ลักษณะถนนทางหลวงเท่ากับ 2 ช่องจราจร



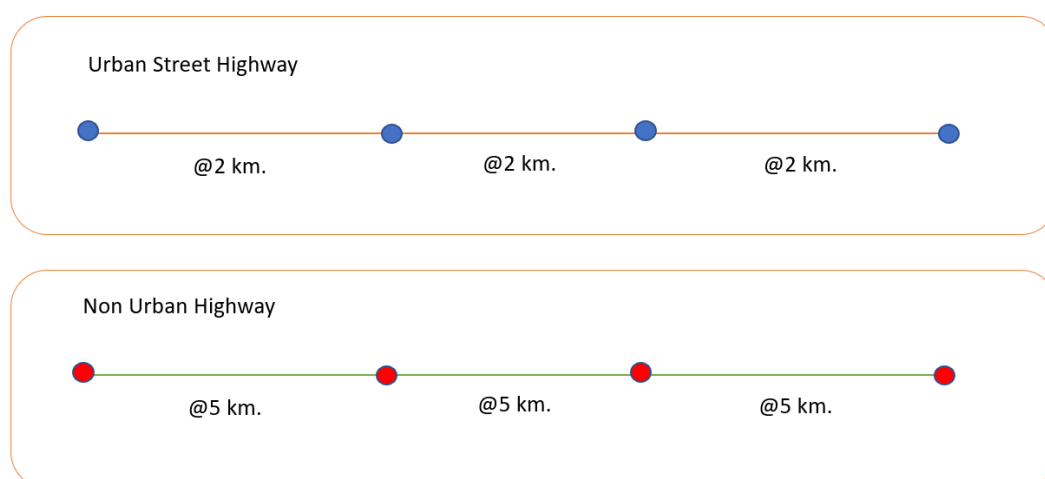
จำนวนช่องจราจร > 2 ช่องจราจร

ภาพที่ 19 ลักษณะถนนทางหลวงมากกว่า 2 ช่องจราจร

จากฐานข้อมูลของกรมทางหลวง ROADNET ภายในตาราง subsection บรรจุข้อมูลจำนวนของช่องจราจรเดินรถด้านซ้ายและช่องจราจรเดินรถด้านขวา ดังตารางที่ 2

ตัดแบ่งช่วงถนน (Segment)

การคำนวณข้อมูลปริมาณจราจรนั้นจะไม่ได้คำนวณทั้งเส้นถนนทีเดียวแต่ต้องการแบ่งการคำนวณข้อมูลปริมาณจราจรออกเป็นส่วนๆเพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลที่ละเอียดขึ้นได้ โดยหลักการตัดแบ่งช่วงถนนนั้นมี 2 ลักษณะ คือ 1. ตัดแบ่งช่วงถนนทางหลวงทุกๆระยะ 2 กิโลเมตร ในกรณีที่ถนนทางหลวงอยู่ในเขตเมือง 2. ตัดแบ่งช่วงถนนทางหลวงทุกๆระยะ 5 กิโลเมตร ในกรณีที่ถนนทางหลวงนอกเขตเมือง ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แสดงหลักการตัดแบ่งช่วงถนนทางหลวง

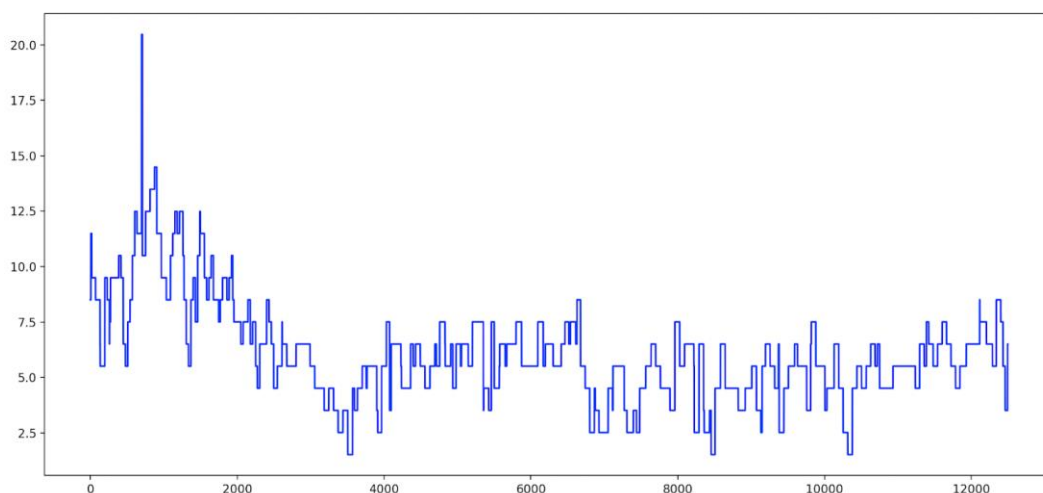
คำนวณหาความชัน (Slope)

ในการหาความชันของเส้นทางถนนทางหลวงจะนำข้อมูลดังกล่าวนี้มาใช้คำนวณเฉพาะประเภทถนน 2 ช่องจราจร เท่านั้น ซึ่งถนนประเภท 2 ช่องจราจรจะอยู่ในถนนทางหลวงนอกเขตเมือง ดังภาพที่ 18

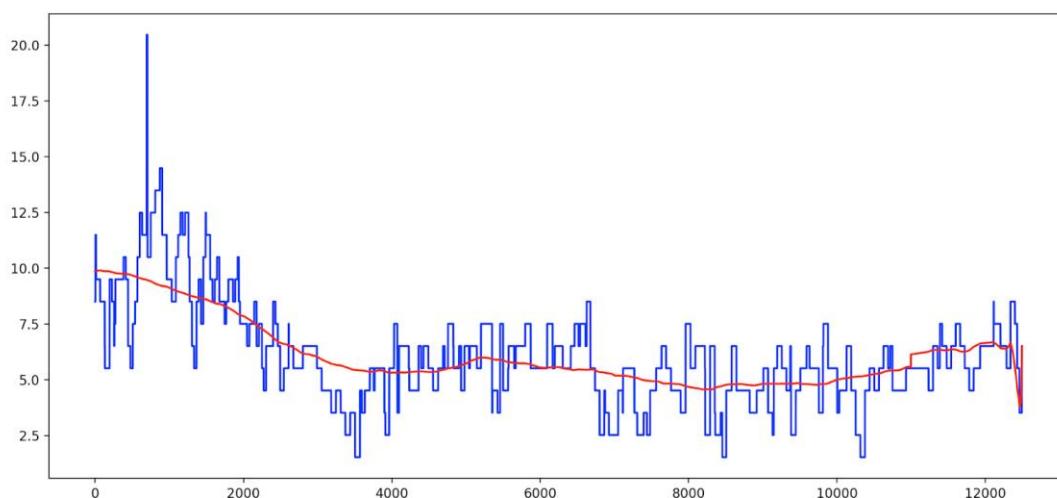


ภาพที่ 21 แสดงรูปแบบความชันจากแบบจำลองเชิงเลข(DEM)

ข้อมูลแบบจำลองเชิงเลข(DEM) จะแสดงค่าความสูงในแต่ละ Pixel มีความละเอียด(Resolution)อยู่ที่ 30 เมตร จะใช้ข้อมูลจุด Start และจุด End ของระยะช่วงที่เราตัดแบ่งช่วง(Segment)ถนนทางหลวง เพื่อนำค่าพิกัดที่เป็นระบบภูมิศาสตร์ อ่านค่าระดับความสูงจากDEM



ภาพที่ 22 แสดงข้อมูลความสูงของแบบจำลองเชิงเลข



ภาพที่ 23 แสดงข้อมูลที่จัดด้วยวิธีการ Moving Average

จากภาพที่ 22 ข้อมูลค่าระดับนั้นมีการแกว่งของค่าระดับ จะต้องมีการจัดข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือด้วยวิธีการ IDW หรือ Moving Average อ่านค่าพิกัดที่จัดบ้างแล้วนำมาคำนวณหาความชันของเส้นถนนทางหลวง และจับช่วงที่สนใจ กล่าวคือ ช่วงที่มี Slope มากกว่า 5% อาจจะทำให้การเคลื่อนตัวของรถในช่วงใดๆ เกิดการสะสมของปริมาณรถได้

คำนวณหาปริมาณจราจรบนเส้นถนนทางหลวง

หลังจากเตรียมข้อมูลดังกล่าวครบถ้วน ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาผลลัพธ์เพื่อทราบปริมาณจราจรซึ่งจะมีทั้งวิธีการคำนวณและวิธีการอ่านตารางข้อมูล

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เรียนรู้ถึงการแก้ปัญหาและการใช้งานฟังก์ชันเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยนี้ พร้อมทั้งพัฒนาโปรแกรม Source Code เพื่อแก้ปัญหาซึ่งให้สามารถคำนวณหาปริมาณจราจรเส้นถนนทางหลวงที่สนใจได้ทันที

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

"Geometry Accessors <https://postgis.net/docs/reference.html>."

HIGHWAY CAPACITY MANUAL Version 7 (HCM v.7).

"spatial_relationships http://postgis.net/workshops/postgis-intro/spatial_relationships.html."

"Well-known text representation of geometry https://en.wikipedia.org/wiki/Well-known_text_representation_of_geometry."

Ramsey, P. (2003). ""PostGIS Manual", Retrieved ".





KU iThesis 6314500711 proposal / recv: 24062565 04:49:42 / seq: 24

297672351

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล

นายบัญชา ไวเปี้ย

วัน เดือน ปี เกิด

2 พฤษภาคม 2535



297672351

KU iThesis 6314500711 proposal / recv: 24062565 04:49:42 / seq: 24