การศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง

นาย สิทธินันท์ ทองใบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY AND DESIGN OF THE SPATIAL DATABASE FOR ROAD MAINTENANCE

Mr. Sittinun Thongbai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง
โดย	นาย สิทธินันท์ ทองใบ
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี)

สิทธินันท์ ทองใบ : การศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง. (A STUDY AND DESIGN OF THE SPATIAL DATABASE FOR ROAD MAINTENANCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์, 130 หน้า.

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์ (Geo-Spatial Relational Database System) สำหรับงานบำรุงทางและพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลสำหรับงานบำรุงทาง งานวิจัยเป็นการศึกษาโครงข่ายข้อมูลสายทางที่อยู่ในรูปแบบของแนวเส้นกลางบนสายทาง (Road Centerline) ใช้แนวคิดโครงสร้างข้อมูลสายทางสำหรับภูมิสารสนเทศ GIS-T และ NCHRP 20-27(3) และมาตรฐานการจัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศโดยใช้ภาษา SQL (SQL/SF) และ SQL/MM รูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสายทาง ประกอบด้วย การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง (Link Topology), รูปแบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Linear Referencing) ในการนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลงานบำรุงทาง จากศึกษาวิจัยและวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูล สามารถออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิ โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลสายทาง, ข้อมูลประวัติสายทาง, ข้อมูลหลักกิโลเมตร, ข้อมูลงานบำรุงทาง แล้วทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูล การทำนอร์มัลไลซ์เซชั่น (Normalization) ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลใช้การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (UML) การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลสำหรับงานบำรุงทางเพื่อเผยแพร่และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของรายงานแบบตารางบนโปรแกรมประยุกต์ผ่านเครือข่ายของ Web Browser และสามารถปรากฏเป็นแผนที่บนซอฟต์แวร์ฟรีและรหัสเปิดสำหรับภูมิสารสนเทศ Quantum GIS จึงกล่าวได้ว่าระบบฐานข้อมูลสำหรับงานบำรุงทางสามารถใช้ความสามารถการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Linear Referencing System) และการวิเคราะห์ข้อมูลปริภูมิ (Spatial Analysis) ผ่านฐานข้อมูลปริภูมิโดยตรงซึ่งในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลที่มีความซับซ้อนโดยใช้ภาษา Procedure Language SQL (PL/SQL) มีการกำหนดรูปแบบการจัดการข้อมูลเชิงเวลาโดยใช้คุณสมบัติ “Admit_data”, “Retire_date” และ “Most_recent” เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ.....ลายมือชื่อ.....สิทธินันท์ ทองใบ.....

สาขาวิชา..ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม..ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....

ปีการศึกษา.....2551....

4970631421 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING
KEY WORD: GEO-SPATIAL RELATIONAL DATABASE SYSTEM / HIGHWAY NETWORK DATA MODEL / LINEAR REFERENCING SYSTEM / SPATIAL ANALYSIS / GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

SITTINUN THONGBAI : A STUDY AND DESIGN OF THE SPATIAL DATABASE FOR ROAD MAINTENANCE ADVISOR: ASST.PROF. PHISAN SANTITAMNONT. Ph.D., 130 pp.

The objective of this research is to study and design a structure for relational spatial database management system and development a spatio-temporal querying for road maintenance. The study covers the design of road network model representing by road centerline. The study follows Geographic Information System for Transportation (GIS-T), National Cooperative Highway Research Program Project 20-27(NCHRP20-27(3)) road data model standards and was industry standard query language SQL Simple Feature (SQL/SF), SQL Multimedia (SQL/MM). The database scheme and feature includes link topology, linear referencing system for road networks. The relational database management system is developed for integrated road maintenance application with spatio-temporal attribute. The data development includes collecting road network, road inventory, kilometer posts and road maintenance records. The spatial database design is well normalized and based on Unified Modeling Language (UML). The constructed information system can be queried and disseminated on the web browser as reports and tables. Open source software Quantum GIS is used for presenting the spatial data and temporal changes as map. The introduced attributes "admit_date", "retire_date" and "most_recent" columns are presented crucial role in spatio-temporal difference for road maintenance. This research shows that spatio-temporal database system can be applied to road maintenance and can efficiently support temporal changes.

Department.....Survey Engineering..... Student's Signature.....
Field of Study: Spatial Information System in Engineering..Advisor's Signature.....
Academic Year:.....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ทุ่มเทแรงกาย แรงใจและให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการ ดำเนินงานวิจัย ตลอดจนคอยแก้ปัญหาต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ ทินนโชติ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศา ล อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ, คุณแม่ พี่สาวและคุณ สิรินดา อาชีวะนันท์ รวมไปถึง พี่ๆ น้องๆ จากภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยห่วงใยถามไถ่สำหรับทุกกำลังใจที่ดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษานี้ ต้องขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา.....3
1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....4
1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ..... 6
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....6
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย..... 7

2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....9
2.1 แนวคิดการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง..... 9
2.1.1 รูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสายทาง.....9
2.1.2 มาตรฐานการจัดการข้อมูลปริภูมิ.....12
2.1.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ..... 14
2.2 แนวคิดการกำหนดตำแหน่งบนสายทาง.....16
2.2.1 การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง.....16
2.2.2 ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง..... 16

บทที่ หน้า

2.2.3 ความคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง.....19
2.3 การวิเคราะห์เชิงตำแหน่งของข้อมูลสายทาง.....20
2.4 ระบบให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย.....23

3 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์.....24
3.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน.....24
3.1.1 ข้อมูลหลักกิโลเมตร.....24
3.1.2 ข้อมูลโครงข่ายสายทาง.....25
3.1.3 ข้อมูลงานบำรุงทาง.....25
3.2 การวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูล.....25
3.2.1 กลุ่มข้อมูลสายทาง.....25
3.2.2 กลุ่มข้อมูลประวัติสายทาง.....25
3.2.3 กลุ่มข้อมูลบันทึกงานบำรุงทาง.....26
3.2.4 กลุ่มข้อมูลหลักกิโลเมตร.....27
3.3 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์.....27
3.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลสายทาง.....28
3.3.2 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์.....35

4 การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....47
4.1 การติดตั้งเครื่องมือในการพัฒนาระบบสืบค้นและการนำเข้าข้อมูล.....48
4.2 การพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....53
4.2.1 การกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง.....55
4.2.2 การแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน.....68
4.3 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้บน Web Base Application.....78
4.3.1 ขั้นตอนการทำงานของการสืบค้นข้อมูลบน Web base Application.....78
4.3.2 ลักษณะข้อมูล Timeline ของงานบำรุงทางในรูปแบบไฟล์ XML.....80
4.3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Ext JS กับ PostgreSQL โดยใช้ภาษา PHP.....81

บทที่ หน้า

5 ลักษณะการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง 83
5.1 การนำเข้าข้อมูลตามโครงสร้างฐานข้อมูลที่กำหนด 83
5.2 รูปแบบการทำงานระบบ Web Base Application 85
5.3ทดสอบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง 86
5.3.1 การกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล 86
5.3.2 การประมวลผลระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง 87
5.4 ผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง 89
5.4.1 ผลการสืบค้นข้อมูลบน Web Bade Application 89
5.4.2 ผลการสืบค้นข้อมูลบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) 93
5.4.2.1 การจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด 98
5.4.2.2 การใช้เครื่องมือจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่งโดยวิธี
การ Offset Polyline Editing 101

6 สรุปผลการวิจัย 104
6.1 ผลลัพธ์ของการวิจัย 104
6.1.1 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล 104
6.1.2 การพัฒนาระบบสืบข้อมูล 105
6.2 ข้อจำกัดของระบบ 106
6.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย 107

รายการอ้างอิง 108
ภาคผนวก 110
ภาคผนวก ก 111
ภาคผนวก ข 120
ภาคผนวก ค 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 130

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระบบการอ้างอิงตำแหน่งระหว่าง WGS 84 กับ LRS.....32
ตารางที่ 4.1 แสดงคำอธิบายตารางผลการวัดระยะทางจากตำแหน่งของงานภายในช่วงที่กำหนด.....74
ตารางที่ 4.2 แสดงคำอธิบายตารางผลการสร้างข้อมูลเส้นและข้อมูลจุด.....76
ตารางที่ 5.1 แสดงคำอธิบายลักษณะความยาวของช่วงดำเนินงานบำรุงทาง.....92

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการจำลองข้อมูลสายทางในรูปแบบของแนวเส้นกลางบนสายทาง..... 4
รูปที่ 1.2 แสดงการจาลองข้อมูลหลักกิโลเมตร..... 5
รูปที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลสายทางกับข้อมูลเชิงพื้นที่จากแหล่งต่างๆ.....5
รูปที่ 1.4 แสดงวิธีดำเนินงานวิจัย.....8
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลสายทางของ British Columbia Digital Road Atlas1.....9
รูปที่ 2.2 แสดงการปรับปรุงข้อมูลสายทางตามช่วงเวลา.....10
รูปที่ 2.3 แสดงข้อมูลโครงสร้าง SQL-SF (OGC) และ SQL/MM History.....12
รูปที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิ.....14
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิของสายทาง.....14
รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Class ภายใน Object.....15
รูปที่ 2.7 แสดงการกำหนดตำแหน่งบนสายทางโดยใช้ค่าสัดส่วนของระยะทาง.....17
รูปที่ 2.8 แสดงการสร้างข้อมูลเส้นจากตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของสายทาง.....18
รูปที่ 2.9 แสดงการหาค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นของสายทางถึงค่าพิกัดที่กำหนด..... 19
รูปที่ 2.10 แสดงความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง.....20
รูปที่ 2.11 แสดงการวิเคราะห์การสร้างแนวกันชน..... 21
รูปที่ 2.12 แสดงการวิเคราะห์หาหลักกิโลเมตรบนสายทางที่กำหนด.....22
รูปที่ 3.1 แสดงผังงานขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล..... 24
รูปที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทาง.....28
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของข้อมูลสายทาง.....28
รูปที่ 3.4 แสดงการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง.....30
รูปที่ 3.5 แสดงการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง.....32
รูปที่ 3.6 แสดงการกำหนด Anchor Point และ Anchor Section..... 33
รูปที่ 3.7 แสดงการกำหนดตำแหน่งที่อ้างอิงจาก Anchor Point และ Anchor Section..... 33
รูปที่ 3.8 แสดงการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทาง..... 34
รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลงานบำรุงทางโดยใช้ Package Diagram.....35
รูปที่ 3.10 แสดง Class Diagram ของข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง..... 36
รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class Diagram ของกลุ่มข้อมูล
ประวัติสายทาง..... 37

หน้า

รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class Diagram ของข้อมูลงานบำรุงทาง.....41
รูปที่ 3.13 แสดง Class Diagram ของข้อมูลหลักกิโลเมตร..... 45
รูปที่ 3.14 แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้างฐานข้อมูลโดยใช้ UML Class Diagram.....46
รูปที่ 4.1 แสดงผังงานขั้นตอนการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....47
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการทำงานของระบบ Client server.....48
รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการติดตั้งซอฟต์แวร์.....49
รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ PostgreSQL ผ่าน PgAdmin..... 49
รูปที่ 4.5 แสดงการทดสอบการติดตั้ง PostGIS..... 50
รูปที่ 4.6 แสดงการทดสอบการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL.....50
รูปที่ 4.7 แสดงทดสอบการแสดงผลข้อมูลปริภูมิในรูปแบบของแผนที่..... 51
รูปที่ 4.8 แสดงการทดสอบการติดตั้ง Ms4w.....51
รูปที่ 4.9 แสดงการกำหนด Web Root Directory.....52
รูปที่ 4.10 แสดงผลการสืบค้นข้อมูลโดยใช้ภาษา PHP.....52
รูปที่ 4.11 แสดงการทดสอบการนำข้อมูลงานบำรุงทางมาแสดงผลบน Ext Js.....53
รูปที่ 4.12 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างฟังก์ชั่นในการประมวลผล.....54
รูปที่ 4.13 แสดงแนวคิดการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....54
รูปที่ 4.14 แสดงการกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางบนสายทาง..... 55
รูปที่ 4.15 แสดงการคำนวณค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระบบ LRS..... 56
รูปที่ 4.16 แสดงความแตกต่างของความยาวของ Length $_{GIS}$ กับ Length $_{LRS}$..... 57
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งโดยใช้ Kilometer Post กับ Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิง..... 57
รูปที่ 4.18 แสดงอัลกอริธึมการหาจุดอ้างอิงของงานบำรุงทาง..... 58
รูปที่ 4.19 แสดงวิธีการเลือกหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้กับสายทางโดยใช้ภาษา SQL.....61
รูปที่ 4.20 แสดงผลการเลือกหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้กับสายทางที่กำหนด.....61
รูปที่ 4.21 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งของหลักกิโลเมตร.....62
รูปที่ 4.22 แสดงอัลกอริธึมของระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางตามหลักกิโลเมตร..... 64
รูปที่ 4.23 แสดงการกำหนดตำแหน่งของสายทางในเหตุการณ์ต่างๆ..... 65
รูปที่ 4.24 แสดงผลการสร้างข้อมูล Linestring จากฟังก์ชั่น ST_highway_locate_event..... 66

หน้า

รูปที่ 4.25 แสดงผลการสร้างข้อมูล Point จากฟังก์ชั่น ST_highway_locate_event..... 67
รูปที่ 4.26 แสดงการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางโดยกำหนดเงื่อนไขช่วงเวลา.....69
รูปที่ 4.27 แสดงการคัดกรองข้อมูลงานบำรุงทางโดยใช้ String Functions.....69
รูปที่ 4.28 แสดงแนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่บันทึกในระบบ LRS โดยใช้ภาษา SQL.....70
รูปที่ 4.29 แสดงแนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่บันทึกในระบบ GPS โดยใช้ภาษา SQL.....71
รูปที่ 4.30 แสดงรูปแบบการกำหนดตำแหน่งของตารางบันทึกงานบำรุงทาง.....71
รูปที่ 4.31 แสดงอัลกอริธึมการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน.....72
รูปที่ 4.32 แสดงการวัดระยะทางจุดเริ่มต้นของสายทางถึงตำแหน่งของงานบำรุงทาง.....73
รูปที่ 4.33 แสดงการจัดลำดับของตำแหน่งโดยอาศัยค่าความยาวที่วัดได้จากตำแหน่งของงานบำรุงทาง.....74
รูปที่ 4.34 แสดงผลการสร้างข้อมูลเส้น (Linestring) และข้อมูลจุด (Point).....76
รูปที่ 4.35 แสดงผลการแบ่งข้อมูลสายทางจากฟังก์ชั่น ST_classify_route_maintenance..... 77
รูปที่ 4.36 แสดงแนวคิดการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน.....77
รูปที่ 4.37 แสดงแนวคิดการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานบน Web Browser.....78
รูปที่ 4.38 แสดงหน้าจอการทำงานระบบสืบค้นข้อมูลบัญชีสายทาง..... 79
รูปที่ 4.39 แสดงหน้าจอการทำงานระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....79
รูปที่ 4.40 แสดงหน้าจอแสดงข้อมูลงานบำรุงทางในรูปแบบ Timeline.....80
รูปที่ 5.1 แสดง Database schemas.....83
รูปที่ 5.2 แสดงรูปแบบการทำงานของผู้ใช้งาน.....85
รูปที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขการกำหนดสายทางและช่วงเวลา.....86
รูปที่ 5.4 แสดงเงื่อนไขการกำหนดสายทาง ตอนควบคุมและช่วงเวลา.....86
รูปที่ 5.5 แสดงเงื่อนไขการกำหนดช่วงสายทางและช่วงเวลา.....86
รูปที่ 5.6 แสดงเงื่อนไขการกำหนดตำแหน่งและช่วงเวลา..... 87
รูปที่ 5.7 แสดงตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล.....87
รูปที่ 5.8 แสดงตารางการบันทึกข้อมูลงานบำรุงทาง.....88
รูปที่ 5.9 แสดงข้อมูลงานบำรุงทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด.....88
รูปที่ 5.10 แสดงรูปแบบผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....90
รูปที่ 5.11 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่งของรายงานบำรุงทาง.....91
รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะความยาวที่ได้ในแต่ละช่วงของการดำเนินงานบำรุงทาง.....92

หน้า

รูปที่ 5.13 แสดงรายละเอียดต่างๆ ของตารางรายงานบำรุงทาง 92
รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะการรายงานผลข้อมูลงานบำรุงทางที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลา 93
รูปที่ 5.15 แสดงการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS..... 93
รูปที่ 5.16 แสดงการเพิ่มชั้นข้อมูลปริภูมิบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS.....94
รูปที่ 5.17 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการ Create Table และ View บน Quantum GIS..... 95
รูปที่ 5.18 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการ Create Temp Table และ Temp View บน Quantum GIS.....96
รูปที่ 5.19 แสดงผลการสร้างวิว (View) ในระบบฐานข้อมูล.....97
รูปที่ 5.20 แสดงแนวคิดการจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด.....98
รูปที่ 5.21 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานที่แตกต่างกัน.....99
รูปที่ 5.22 แสดงผลการกำหนดสีและขนาดข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานที่แตกต่างกัน.....99
รูปที่ 5.23 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดข้อมูลงานที่ต่อเนื่องกัน.....100
รูปที่ 5.24 แสดงผลการกำหนดสีและขนาดข้อมูลงานที่ต่อเนื่องกัน..... 100
รูปที่ 5.25 แสดงผลข้อมูลงานในรูปแบบของแผนที่ด้วยวิธีการกำหนดสีและขนาด.....101
รูปที่ 5.26 แสดงแนวคิดการใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง..... 102
รูปที่ 5.27 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือ Offset Polyline Editing..... 102
รูปที่ 5.28 แสดงผลข้อมูลงานในรูปแบบของแผนที่ด้วยเครื่องมือ Offset Polyline Editing..... 103

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการจัดการ ข้อมูลบนระบบการจัดการฐานข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการทำงานด้านการจัดเก็บข้อมูล การดูแลรักษาข้อมูล รวมไปถึงการนำข้อมูลไปใช้ เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในหน่วยงานต่างๆ รวมไปถึง หน่วยงานด้านสายทาง ซึ่งข้อมูลสายทางสามารถนำมาพัฒน าบนระบบการจัดการฐานข้อมูลได้เช่นกัน โดยจะต้องมีการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูลและระบบที่จะมารองรับให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การทำงาน

งานบำรุงทาง สามารถใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานบริหารจัด การข้อมูลสายทาง นิยมแสดงผลในรูปแบ บของโครงข่าย สายทาง (Road Network) บนระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial analysis) โดยเฉพาะการสืบค้นและ การแสดง ผลข้อมูลสายทาง ให้กับผู้ใช้ ซึ่งในบางครั้ง ผลการสืบค้นข้อมูล ยังไม่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ งาน คือ การวิเครา ะห์และแสดงผลข้อมูลปริภูมิที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงทาง มีการอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทางจากข้อมูลหลักกิโลเมตร มีรูปแบบการสืบค้นข้อมูลเชิงเวลาและ การแสดงผลข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบจำนวนงานบำรุงทางที่เกิดขึ้นตามช่วงสายทาง จากความต้องการที่กำหนดจะเห็นว่าจำเป็นต้อง ใช้กระบวนการต่างๆ มากมายเพื่อทำให้ผลการสืบค้นตรงกับความต้องการที่กำหนด ซึ่งโดยปกติแล้วการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยใช้เครื่องมือบน โปรแกรม GIS จากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ ทำให้ภาระงานนั้นต้องตกไปอยู่กับผู้ใช้งานที่จะต้องทำการประมวลผล ข้อมูลเพื่อ รายงานผลงานบำรุงทาง จึงมีแนวคิดที่จะช่วยลดภาระการทำงานที่ซับซ้อนลง คือ ผู้ใช้เป็นเพียงผู้ที่มาสืบค้นข้อมูลจากระบบที่สร้างขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งเป็น เงื่อนไขที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน เพื่อให้ได้ผลการสืบค้นข้อมูลมี ความถูกต้องชัดเจน รวดเร็วและ ตรงกับความต้องก ารพื้นฐาน ส่วนการบริหารจัดการข้อมูลให้ตกเป็ นภาระของระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยมีผู้ดูแล ระบบคอยควบคุมการทำงานของผู้ใช้ ดังนั้นในการพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูลงานบำรุงทางจึงควรพัฒนาตั้งแต่ในระดับโครงสร้างข้อมูลไปจนถึงช่องทางที่ผู้ใช้จะเข้ามาใช้ระบบ

โครงสร้าง ข้อมูลสายทางเป็นข้อมูลภูมิสารสนเทศประเ ภทหนึ่งที่มีความซับซ้อนในตัวเอง กล่าวคือ มีการแบ่งข้อมูลสายทางออกเป็นหมายเลขสายทาง ตอนควบคุม ซึ่งมีปริมาณข้อมูลมากและมีการปรับปรุง (Update data) อยู่ตลอดเวลา จากสภาพของข้อมูลสายทาง แต่ละ

หน่วยงานมีการใช้ข้อมูลสายทา งที่มีลักษณะเหมือนกันในการทำงานเมื่อมีการข้อมูลปรับปรุงข้อมูล ข้อมูลสายทางต่างแยกกันในการจัดทำข้อมูลตามพื้นที่ที่รับผิดชอบ ทำให้ข้อมูลสายทาง ในส่วนกลางไม่มีความสัมพันธ์กัน เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรในการจัดเก็บข้อมูล ทำให้การรับรู้ข่าว สารข้อมูลสายทางในแต่ละปีของผู้บริหารต้ องใช้เวลามาก ยุ่งยากและซับซ้อน บางครั้งได้รับข้อมูลไม่ครบถ้วน ไม่ทันสมัย ขาดประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลงานบำรุงทาง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สัมพันธ์กับข้อมูลสายทา ง กล่าวคือ เหตุการณ์ของงานบำรุงทางที่ เกิดขึ้นมีการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง ดังนั้นถ้าข้อมูลสายทางเกิดปัญหาด้านการบริหารจัดการจะมีผลต่ อประสิทธิภาพของระบบงานบำรุงทาง จึงเป็นการดีที่จะมีการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูลและพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลสายทางและข้อ มูลงานบำรุงทางที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดภาระการดำเ นินงานให้การทำง านสะดวกรวดเร็ว ข้อมูลมีความถูกต้องและตรงกับความต้องการ ความต้องการหนึ่งที่ผู้บริหารต้องการทราบ คือ ต้องการทราบภาพรวมของข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลสายทางและข้อมูลงานบำรุงทาง การสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลทั้งในรูปแบบของตารางและแผนที่จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะรูปแบบดังกล่าวผู้บริหารสามารถรับรู้ข้อมูลได้โดยง่าย ดังนั้นการแสดงรายละเอียดหรือจำแนกช่วงของข้อมูลสายทางที่เกิดงานบำรุงทางขึ้นตามเหตุการณ์และความถูกต้องของข้อมูลทั้งในเรื่องของคุณลักษณะและตำแหน่งของข้อมูลสายทางและข้อมูลงานบำรุงทางจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการตัดสินใจของผู้บริหารหรือผู้ใช้ข้อมูล

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลงานบำรุงทางขึ้นอยู่กับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลหลักกิโลเมตร เพราะระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางและข้อมูลงานบำรุงทางมีลักษณะพิเศษ คือ มีการอ้างอิงตำแหน่งตามระยะที่ห่างจากหลักกิโลเมตรตามทิศทางของสายทาง ระบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง นี้เป็นที่รู้จักโดยทั่วไปว่า ระบบ Linear Referencing System หรือ LRS และ ปัจจุบันมีการใช้ระบบ การ ระบุ ตำแหน่ง โดยอาศัยสัญญาณ ดาวเทียม GPS (WGS84 : Latitude , Longitude) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล ปริภูมิสำหรับ งานบำรุงทาง จึงควรมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่งให้สอดคล้องกับระบบการอ้างอิงตำแหน่งที่นำมาใช้งาน ซึ่งปัจจุบันมักมีปัญหาการจัดการข้อมูลสายทางในเรื่องของข้อมูลเชิงตำแหน่งและข้อมูลเชิงเวลา รวมไปถึงรูปแบบกา รกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางที่อ้างอิงกับ ข้อมูลหลักกิโลเมตร ที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูล ทำให้เกิดปัญหาการ ระบุตำแหน่ง งานบำรุงทางบน สายทาง ที่ถูกต้อง ระบบการจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวางแผนการดำเนินงาน ดังนั้นการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูล และระบบการสืบค้นข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้การดำเนินงานของหน่วยงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ปัจจุบันระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่สามารถจัดการข้อมูลปริภูมิ ทั้งในส่วน

ของการจัดเก็บและการสืบค้นข้อมูลตามมาตรฐานสากล เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถพัฒน ระบบฐานข้อมูลให้รองรับกับการใช้งานที่หลากหลายและทำงานบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ซอฟต์แวร์ระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL เป็นโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลตัวหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำมาจัดการในการปฏิบัติงานด้านสายทาง เพื่อใช้ประมวลผลข้อมูลสายทางรวมไปถึงข้อมูลงานบำรุงทาง ใช้มาตรฐานของภาษา SQL ในการจัดการข้อมูลเหมือนกับฐานข้อมูลอื่นๆทั่วไป ซึ่งสามารถใช้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ MS และ Linux ได้ (Neil Matthew and Richard Stones, 2005) สามารถใช้งานเป็น Database Server เพื่อทำงานในระบบเครือข่าย รูปแบบข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล PostgreSQL มีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) สามารถจัดเก็บข้อมูล Geometry โดยอาศัยโปรแกรมเสริม PostGIS ที่มาพร้อมกับ PostgreSQL และยังสามารถรองรับข้อมูลที่ซับซ้อนของสายทางได้

หลักการระบบจัดการ ฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะของระบบเบ็ดเสร็จ (Integrated System) คือมีการจัดเก็บข้อมูลต่างๆไว้ที่ส่วนกลางเพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนของข้อมูล และ ให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลร่วมกันได้ จึงเป็นเครื่องมือการจัดการฐานข้อมูลที่เหมาะสมในการดำเนินงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) ศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับข้อมูลงานบำรุงทาง
2) พัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางโดยใช้ Procedural Language-SQL

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

<u>ขอบเขตเนื้อหาการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล</u>

(1) ศึกษารูปแบบ โครงข่ายข้อมูลสายทางเป็นแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง เพื่อใช้เป็นแนวทางการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลและระบบสืบค้นข้อมูล

(2) เป็นการศึกษาโครงสร้างฐานข้อมูล ปริภูมิที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงทาง มีลักษณะไม่ครอบคลุมโครงสร้างฐานข้อมูลทั้งองค์กร

(3) เทคนิคการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิ

- โครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์ (Geo-Spatial Relational Database)
- การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (UML)
- รูปแบบการจัดการข้อมูลทางด้านช่วงเวลา (Temporal Data Model)

- รูปแบบการจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่งบนสายทาง
- ระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3.1 และ PostGIS 1.3.2

ขอบเขตเนื้อหาการพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงสายทาง

(1) พัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง บนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL โดยใช้ Procedural Language-SQL เป็นภาษาที่ใช้ในการ สืบค้นข้อมูลงานบำ รุงสายทางแต่ละสายทางได้ โดยมีเงื่อนไขการสืบค้น คือ
   - ช่วงของข้อมูลสายทาง ที่ต้องการทราบข้อมูลงานบำรุงทาง ได้แก่ หมายเลขสาย ทาง, ตอนควบคุม, กม.เริ่มต้น ถึง กม.สิ้นสุด
   - ช่วงเวลาที่ต้องการทราบข้อมูลงานบำรุงทาง (วันที่/เดือน/ปี) ได้แก่ เวลาเริ่มต้น ถึง เวลาสิ้นสุด เพื่อจำแนกข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นแบบเป็นระบบได้อย่างชัดเจน

(2) เทคนิคการออกแบบระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง
   - กระบวนการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง
   - กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง

(3) ศึกษาระบบฐานข้อมูล กลาง ที่สามารถเรียกใช้งานหรือทำงานร่วมกันผ่านระบบเครือข่ายบนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3.1 พร้อมโปรแกรมประยุกต์เบื้องต้นสำหรับงานทางด้านสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางในลักษณะ Web Base Application และสามารถแสดงผลผ่านสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

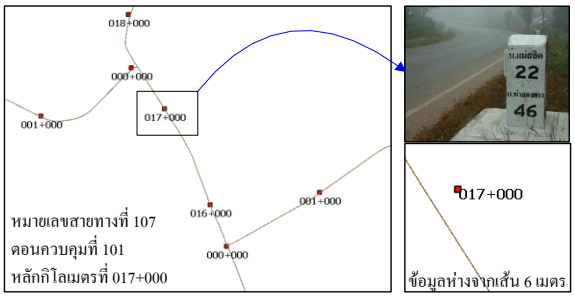
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยข้ อมูล 3 ชุด ซึ่งอยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84 คือ ข้อมูลสายทาง, ข้อมูลหลักกิโลเมตร และ ข้อมูลงานบำรุงทาง

(1) ข้อมูลโครงข่ายสายทาง (Road Network) หมายถึง ข้อมูลสายทางหรือถนนซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในงานจราจรสาธ ารณะทางบก ในรูปแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง ซึ่งเป็นข้อมูลเส้นที่ใช้เป็นเสมือนตัวแทนในการแสดงลักษณะทางกายภาพของสายทาง

รูปที่ 1.1 แสดงการจำลองข้อมูลสายทางในรูปแบบของแนวเส้นกลางบนสายทาง

(2) ข้อมูลประวัติสายทาง (Road Inventory) หมายถึง ข้อมูลอรรถาธิบายของสายทาง หรือข้อมูลบัญชีสายทาง

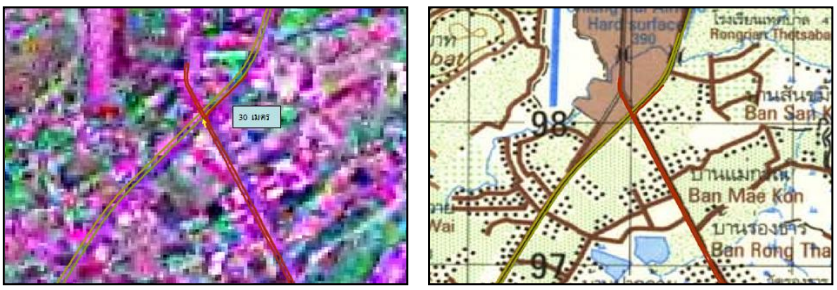
(3) ข้อมูลหลักกิโลเมตร (Kilometer Post) หมายถึง ข้อมูลเรขาคณิตของหลักกิ โลเมตรที่สามารถนำมาแสดงผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และมีข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute) ที่ระบุชื่อของหลักกิโลเมตรและชื่อสายทาง



รูปที่ 1.2 แสดงการจำลองข้อมูลหลักกิโลเมตร

(4) ข้อมูลงานบำรุงทาง (Road Maintenance) หมายถึง งานที่จะต้องดำ เนินการดูแล รักษา ซ่อมแซมสายทาง เพื่อให้สายทางคงสภาพเหมือนตอนก่อสร้างเสร็จใหม่ๆ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงกิจกรรมในการเสริมความแข็งแรง การยืดอายุการทำงาน การติดตั้งและเสริมแต่ ง ในสิ่งที่ไม่ได้ก่อสร้างไว้ เพื่อให้สายทางมีสภาพ ทางที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีความ สะอาดและปลอดภัยแก่ผู้ใช้เส้นทาง ในบางลักษณะต้องกระทำต่อเนื่องกันตลอดทั้งปี บางลักษณะต้องกระทำตามช่วงเวลา และบางลักษณะนั้นต้องกระทำโดยฉับพลัน

มีเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ มีความน่าเชื่อถือความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระดับสากล เช่น ข้อมูลดาวเทียม Landsat ETM+ (15m) จาก Earth Science Data Interface (ESDI) และแผนที่ภูมิประเทศ (ภาพสแกน) 1:50,000 ชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร



รูปที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลสายทางกับข้อมูลเชิงพื้นที่จากแหล่งต่างๆ

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

(1) เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมระบบปฏิบัติการ Windows XP

(2) โปรแกรม MS4W Web Server, ระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 และโปรแกรมเสริม PostGIS 1.3.2 ในการจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่ง

(3) โปรแกรม Quantum GIS ที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่ง

(4) ซอฟต์แวร์ Ext JS 2.0 ซึ่งเป็น java script framework ที่ใช้ในการพัฒนา Web Base Application

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

โครงสร้างฐานข้อมูล ปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง รองรับการจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางในระบ บการกำหนดตำแหน่งอ้าง อิงบนสายทาง และระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ในลักษณะของข้อมูลแบบเส้นและจุดบนโครงข่ายสายทางแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นการออกแบบเพื่อรองรับการจัดการข้อมูลปริภูมิของงานบำรุงทาง ไม่ครอบคลุมการจัดการข้อมูลขององค์กรทั้งระบบ

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ระบบสืบค้นข้อมูล หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนดมาแสดงผลในรูปแบบต่างๆ

ส่วนของสายทาง (Road segment) หมายถึง ข้อมูลสายทางที่อ้างอิงกับหลักกิโลเมตร ประกอบด้วย หลักกิโลเมตรเริ่มต้นและหลักกิโลเมตรสิ้นสุด เป็นตัวกำหนดความยาวของสายทาง เป็นข้อมูลในระดับเล็กที่สุดที่ใช้ในการบริหารจัดการ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบตำแหน่งบนสายทาง

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง (Link Topology) หมายถึง รูปแบบโครงข่ายของสายทางที่เชื่อมต่อกันโดยมี Node เป็นจุดเชื่อมต่อ ในขณะที่ข้อมูลอรรถาธิบายของสายทาง คือ หลักกิโลเมตรเริ่มต้นและหลักกิโลเมตรสิ้นสุด มีความสัมพันธ์กันเมื่อส่วนของสายทางเชื่อมต่อกัน

ระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง หมายถึง รูปแบบการกำหนดตำแหน่งใดๆ บนสายทางที่อ้างอิงจากจุดที่ทราบตำแหน่งไปยังจุดที่ต้องการ ทราบตำแหน่ง ตามระยะทางที่ห่างจากจุดอ้างอิงบนสายทางที่กำหนด โดยทั่วไปจุดที่ทราบตำแหน่งหรือจุดอ้างอิงนั้นสามารถบอกตำแหน่งอ้างอิงบนผิวโลกได้เช่นกัน

ระบบฐานข้อมูลกลาง (Central Road Database) หมายถึง รูปแบบการจัดการข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูล มีการรวบรวมข้อมูลไว้ที่ศูนย์กลางการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ มีการเชื่อมต่อการทำงานรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) เป็นองค์ความรู้ประกอบการพิจารณาในการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลและระบบสืบค้น ข้อมูลสายทาง บนระบบฐานข้อมูลกลาง ให้เหมาะสมกับระบบ บสารสนเทศภูมิศาสตร์ในงานบำรุงทางของหน่วยงาน

(2) ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการบันทึกและ การสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลสายทางในด้านอื่นๆที่ต้องใช้การกำหนดตำแหน่งบนสายทาง เช่น งานทางด้านอุบัติเหตุ, งานสาธารณะภัย การใช้ที่ดิน ที่ทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) ใช้เป็นแนวทางในการให้บริการข้อมูลปริภูมิผ่านระบบเครือข่าย Client Server บนระบบ Web Base Application

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

(1) รวบรวมข้อมูลสายทางและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงทาง

(2) ทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูล

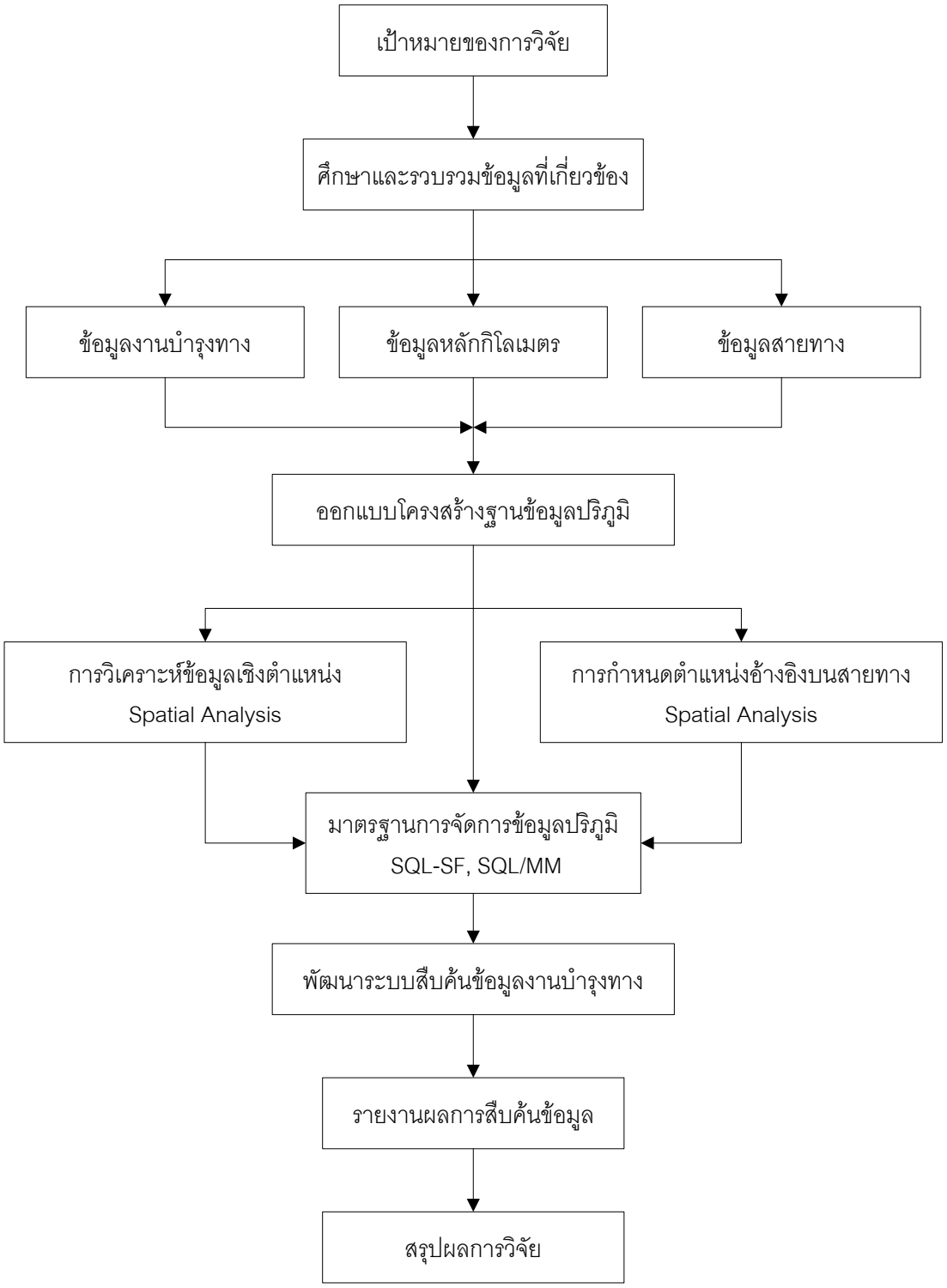
(3) ศึกษาและตรวจสอบโครงข่ายข้อมูลสายทางในรูปแบบของ แนวเส้นกลางบนสายทางในเรื่องของความต่อเนื่องและจุดเชื่อมต่อบนสายทาง กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง

(4) ศึกษาและออกแบบจำลองโครงสร้างข้อมูลสายทาง

(5) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูล เพื่อจัด โครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์ (Geo-Spatial RDBMS) โดยอาศัย UML ในการอธิบายกลไกความสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มข้อมูล

(6) พัฒนาระบบการสืบค้นข้อมู ลงานบำรุงทางตามมาตรฐานการ จัดการข้อมูลปริภูมิ SQL-SF, SQL/MM โดยใช้ภาษา Procedural Language-SQL (PL/SQL)

(7) ทดสอบระบบการการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางบน Web Base Application และ Quantum GIS



รูปที่ 1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2

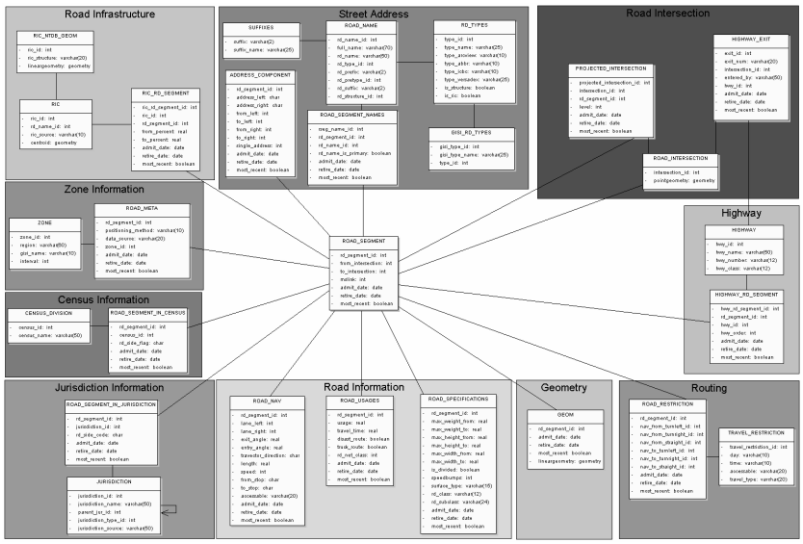
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง , การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง , แนวคิดในการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลสายทาง , ระบบให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย มีดังนี้คือ

2.1 แนวคิดการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง

2.1.1 รูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสายทาง

ซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการทำงานแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย ที่ทำงานทางด้านระบบฐานข้อมูลสายทาง ที่เรียกว่า Provincial Government Program ซึ่งเป็นโปรแกรมให้บริการข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย ที่ประกอบด้วย Provision of roads และ Road related products (British Columbia, 1998)



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลสายทางของ British Columbia Digital Road Atlas1 (ที่มา: http://www.gov.bc.ca)

วัตถุประสงค์ของโปรแกรมนี้ คือ ต้องการให้ผู้ใช้ (Client) เข้ามาใช้บริการระบบการจัดการฐานข้อมูลสายทางนี้ เพื่อให้ประชาชนทั่วไปได้ทราบถึงสภ าพปัญหาของถนนในช่วงเวลาปัจจุบัน โปรแกรม British Columbia Digital Road Atlas1 นั้นจะมีการปรับปรุงข้อมูลในระบบทุกระยะ ทั้ง

ข้อมูลเชิงตำแหน่ง และ ข้อมูลอรรถาธิบาย ส่งผลให้ระบบการจัดการฐานข้อมูลจะต้องรองรับรูปแบบ Spatial Temporal Model โดยที่โปรแกรมของ British Columbia Digital Road Atlas1 ที่มีการใช้ Admit_date, Retire_date, และ Most_recent ในระบบการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลสายทางในเรื่องของช่วงเวลา

ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลสายทางตามช่วงเวลาที่กำหนด

```
SELECT rd_segment_id, speed, admit_date, retire_date, most_recent
FROM   road_nav
WHERE rd_segment_id = '165599' AND admit_date <= '2001-10-15'
AND    (not (retire_date < '2001-10-15') or retire_date = NULL)
```

rd_segment_id	...	speed	...	admit_date	retire_date	most_recent
16874		50		1997-05-01	2001-09-06	false
25000		50		2001-09-06	NULL	true
25001		50		2001-09-06	NULL	true
25002		50		2001-09-06	NULL	true

รูปที่ 2.2 แสดงการปรับปรุงข้อมูลสายทางตามช่วงเวลา

(ที่มา: http://www.gov.bc.ca)

การแสดงผลข้อมูลสายทางแบ่งออกเป็น Small line หรือ Road segment จำนวน 200,000 สายทาง โดยมีข้อมูลทางแยกของสายทาง (Line intersection) ที่แสดงผลเป็นจุด มีข้อมูลสายทางแต่ละเส้นถูกระบุไว้อย่างชัด เจนโดยใช้ rd_segment_id บนระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL ที่มีระบบจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) เรียกว่า PostGIS ซึ่งเป็น Spatial Extension ช่วยในการจัดการโครงสร้างข้อมูลเชิงตำแหน่ง บนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL

วัตถุประสงค์ ของ (NCHRP) Project 20-27 เป็นการศึกษารูปแบบระบบการอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูลบนสายทาง ที่เรียกว่า Linear Referencing System (LRS) โดยวางแนวคิดการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง คือ Linear

Referencing data model และ Linear Referencing methods ในรูปแบบของ Multimodal, Multidimensional ของวิธีการและการแสดงผลของ Cartographic และโครงข่ายสายทาง (Teresa M. Adams, 2002). ในการกำหนดเงื่อนไขการออกแบบที่เรียกว่า Functional Requirements ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบฐานข้อมูลให้เหมาะสมในรูปแบบสายทางต่างๆ ประกอบด้วย

1. ครอบคลุมรูปแบบการกำหนดตำแหน่งของเหตุการณ์ต่างๆ บนสายทาง
2. รองรับโครงสร้างรูปแบบการจัดการข้อมูลเชิงเวลาบนระบบฐานข้อมูล
3. สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Linear กับ Nonlinear อย่างเหมาะสม
4. แสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนสายทางทั้งในรูป แบบ Point, Line และ Polygon
5. แก้ปัญหาการแสดงผล การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง และข้อมูลเชิงเวลา
6. รองรับการปรับเปลี่ยนข้อมูลที่ในเชิงตำแหน่งและเชิงเวลา
7. มีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลประวัติสายทาง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสายทาง
8. คำนึงถึงความถูกต้องเชิงตำแหน่งและความคล าดเคลื่อน ที่เกิดขึ้นจากการกำหนดตำแหน่งบนสายทาง

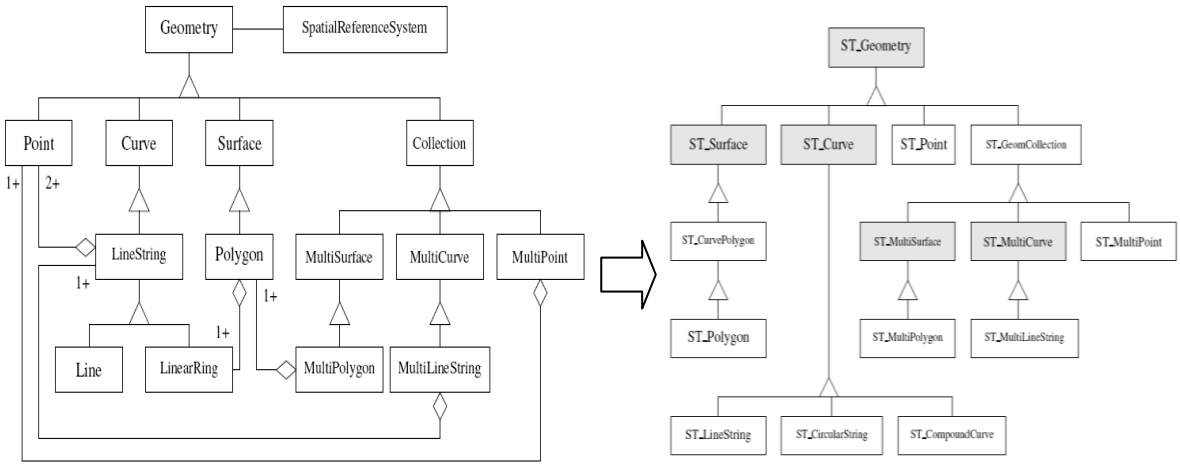
การออกแบบรูปแบบโครงสร้างข้อมูลปริภูมิในด้านสายทางบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มีหลายรูปแบบ เช่น Geographic Data File Standard (GDF), National Cooperative Highway Research Program project 20-27 (NCHRP 20-27) และ GIS-T เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการแสดงผลโครงสร้างและการปรับปรุงข้อมูลบนระบบการจัดการข้อมูลสาย โดยพื้นฐานโครงสร้างของข้อมูลสายทางแบบ NCHRP 20-27 นั้นมีการออกแบบเพื่อรองรับระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ Anchor Point และ Anchor Section อยู่บนโครงข่ายที่ใช้ในการเดินทาง (Transportation Features) ข้อมูลสายทางมักอยู่ในรูปแบบอ้างอิงแบบจำลองเชิงเส้นที่เรียกว่า Linear Datum มีการเชื่อมต่อกันแบบโครงข่าย (Dueker K. and Butler JA,1998)

GIS-T เป็นรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูลรูปแบบหนึ่งที่มีการ ใช้ NCHRP 20-27 ซึ่งได้กำหนดรูปแบบวิธีการระบุตำแหน่งบนสายทางโดยใช้ ระบบ Linear Referencing System มีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่งบนระบบฐานข้อมูล การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา UML ข้อมูลสายทางที่ใช้ในระบบมีลักษณะเป็นแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง รองรับ การกำหนดตำแหน่งบนสายทางโดยใช้เครื่องมือหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยสัญญาณดาวเทียม

ระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางจะอาศัยวัตถุอ้างอิงที่เรียกว่า Traversal Reference Point เช่น หลักกิโลเมตร , ทางแยก หรือตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัด เป็นต้น โดยเป็นการกำหนดตำแหน่งที่ต้องอาศัยการวัดระยะทางจากวัตถุ อ้างอิง แล้วทำการกำหนดตำแหน่งบนสายทาง ซึ่งมีวิธีการที่ ต่างจากการกำหนดตำแหน่งโดยใช้เครื่องมือหาตำแหน่งพื้นโลกด้วย สัญญาณดาวเทียม (GPS) ที่อ้างอิงจากดาวเทียม โดยทำการกำหนดจุดอ้างอิงจากแกนสมมติ 3 แกน (XYZ) ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสายทางนั้นจึงควรคำนึงถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง โดยมีการวางรูปแบบโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ภายในโครงสร้างฐานข้อมูลสายทาง ซึ่งนิยมใช้ระบบการออกแบบเชิงวัตถุ หรือ UML ในการช่วยอธิบายถึงโครงสร้างภายในระ บบ ข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ เช่น จุดอ้างอิงตำแหน่ง , ระยะทางของจุดเริ่มต้น , ระยะทางของจุดสิ้นสุด เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง

2.1.2 มาตรฐานการจัดการข้อมูลปริภูมิ

มาตรฐานการจัดการฐานข้อมูล ปริภูมิโดยใช้ภาษา SQL (Structure Query Language: SQL) ตามมาตรฐาน ISO/IEC 1999 หรือ SQL/MM เพื่อใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล กล่าวถึง การจัดการข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตัวอักษร , ข้อมูลภาพถ่าย , ข้อมูลเชิงตำแหน่ง , Data mining, Framework ฯลฯ (Knut Stolze, 1994). เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูล , การสืบค้น, การประมวลผล เป็นต้น โดยเฉพาะการศึกษานี้กล่าวถึง การบริหารจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่ง ในการกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่เรียกว่า Simple Features



รูปที่ 2.3 แสดงข้อมูลโครงสร้าง SQL-SF (OGC) และ SQL/MM History

(ที่มา: Knut Stolze, 1994)

Open Geospatial Consortium หรือ OGC (2006). เป็นองค์กรอิสระที่สนับสนุนการให้บริการข้อมูลปริภูมิ ได้จัดทำมาตรฐานการจัดการฐานข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของ Simple Feature เช่น Point, Line และ Polygon หรือเรียกว่าข้อมูลเชิงวัตถุ (Spatial Object) ให้สอดคล้องกับภาษา SQL ซึ่งมีการกำหนดโครงสร้างของข้อมูลโดยอาศัย Geometry Model ในการจำแนกประกอบด้วย Feature table, Geometry และ Spatial Reference System ในรูปแบบของตาราง ประกอบด้วย Rows และ Columns โดยแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Well Known Binary Representation (WKB) หรือ Well-Known Text Representation (WKT) ที่มีการระบุการจัดการโดยใช้ภาษา SQL และกลุ่มของตารางตาม มาตรฐาน ประกอบด้วย ตาราง SPATIAL_REF_SYS และ GEOMETRY_COLUMNS และกำหนดฟังก์ชั่นในการจัดการข้อมูล Simple Feature ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนรูปแบบระหว่าง Geometry และ External Data หรือการประมวล ผลจากการวัด , การเปรียบเทียบข้อมูล Geometry ที่มีความสัมพันธ์ และการสร้างข้อมูล Geometry ใหม่จากข้อมูล Geometry เดิม

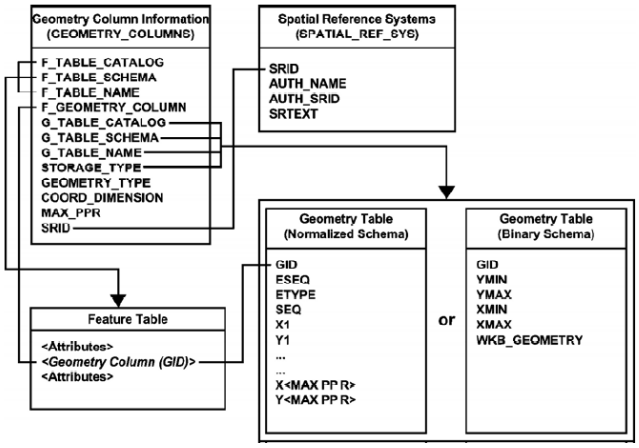
- ตาราง SPATIAL_REF_SYS มีรูปแบบโครงสร้างในภาษา SQL ดังนี้

```
CREATE TABLE spatial_ref_sys
    (srid integer NOT NULL,
     auth_name character varying(256),
     auth_srid integer,
     srtext character varying(2048),
     proj4text character varying(2048),
     CONSTRAINT spatial_ref_sys_pkey PRIMARY KEY (srid));
```

- ตาราง GEOMETRY_COLUMNS มีรูปแบบโครงสร้างในภาษา SQL ดังนี้

```
CREATE TABLE geometry_columns
    (f_table_catalog character varying(256) NOT NULL,
     f_table_schema character varying(256) NOT NULL,
     f_table_name character varying(256) NOT NULL,
     f_geometry_column character varying(256) NOT NULL,
     coord_dimension integer NOT NULL,
     srid integer NOT NULL,
     "type" character varying(30) NOT NULL,
```

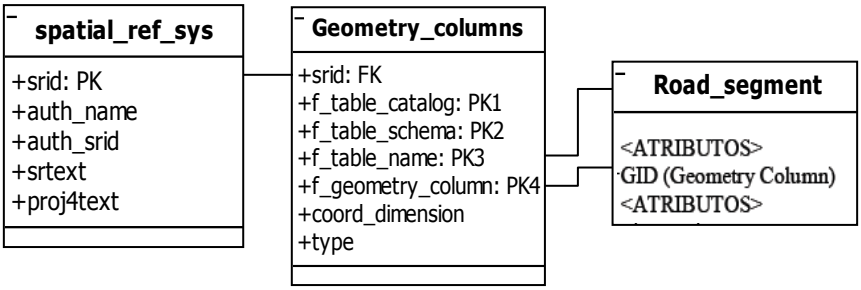
CONSTRAINT geometry_columns_pk PRIMARY KEY (f_table_catalog, f_table_schema, f_table_name, f_geometry_column));



รูปที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิ

(ที่มา: OpenGIS Consortium, 2006)

จากองค์ประกอบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิตามมาตรฐานสากล OGC การจัดการข้อมูล Simple Feature สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงสร้างฐานข้อมูลสายทาง คือ

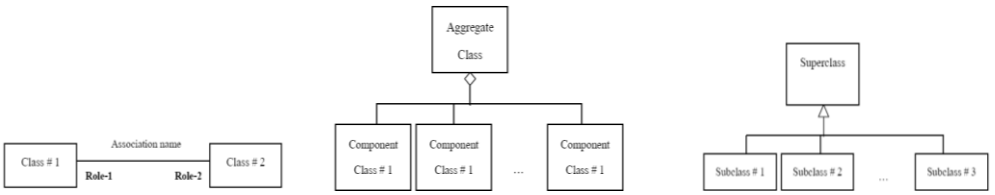


รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิของสายทาง

2.1.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (Unified Modeling Language) หรือ UML ในการพัฒนาด้วยหลักการ Object Oriented Analysis and Design หรือ OOAD นั้นสิ่งที่จำเป็นอย่างหนึ่งในการประมวลผลของก ารวิเคราะห์และออกแบบ คือ การสร้างแบบจำลองของ Object ที่มี Class, Attribute, Method, Vocabulary, Syntax และองค์ประกอบอื่นๆ ภายในระบบ เพื่อให้ผู้ใช้มองเห็นภาพรวมของ Object ในการจำลองภาพของ Class ด้วยรูปสี่เหลี่ยมนั้น มีการแบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของ Class, Attribute และ Method ซึ่งในส่วนของ Attribute

และ Method ยังมีการอธิบายรายละเอียดโครงสร้างของแต่ละส่วนไว้โดยที่ในแต่ละ Class ภายใน Object นั้นจะมีการสร้างมีความสัมพันธ์ระหว่าง Class ในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น Aggregation, Generalization, Association, Composition และ Dependency เป็นต้น (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2548).



Association Aggregation Generalization

รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Class ภายใน Object

- Aggregation Abstraction เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง class1 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ class2 แบบ Whole-Part อยู่ต่างระนาบความสัมพันธ์
- Generalization Abstraction เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง class ที่อยู่ในระนาบเดียวกันและอยู่ต่างระนาบกัน ในการพิจารณากลุ่มของ class ที่ต่างกันจะพยายามหาลักษณะที่เหมือนกันของกลุ่ม class เพื่อที่จะอธิบาย class ทั้งกลุ่มได้
- Association Abstraction เป็นความสัมพันธ์ ระหว่าง class หรือมากกว่า ที่อยู่ในระนาบเดียวกันมีความสันพันธ์กันอยู่ 3 ประเภท คือ One to One, One to Many, Many to Many
- Composition เป็นความสัมพันธ์แบบ Strong Aggregation แต่จะต่างกับ Aggregation ตรงที่หาก Class ที่ทำหน้าที่เป็นตัวบรรจุถูกลบไป Class ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ถูกบรรจุจะถูกลบไปด้วย
- Dependency เป็นความสัมพันธ์ที่ขึ้นต่อกันระหว่าง Class กับ Class โดย Class ที่มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่ออีก Class ด้วย

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์และการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพยังมีกระบวนการที่เรียกว่า การทำนอร์มัลไลซ์เซชั่น วัตถุประสงค์ของการทำนอร์มัลไลซ์เซชั่นก็เพื่อจัดโครงสร้างของข้อมูลใหม่ ลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มความมีเสถียรภาพในการบริหารจัดการให้กับโครงสร้างฐานข้อมูล มีความเป็นเอกภาพ

การออกแบบและการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นกระบวนการแ ปลงโครงสร้างของข้อมูลในเชิง ตรรกะ เป็นโมเดลข้อมูลที่มีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะของ

ตารางและระบบมีการกำหนดความสัมพันธ์ของตารางไว้อย่างชัดเจนโดยโมเดล (สฤษดิ์ ชูอิสสระ, 2537) ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

(1) โครงสร้างข้อมูลที่ใช้เป็นส่วนในการบรรยายคุณลักษณะในรูปแบบของตาราง

(2) การจัดการข้อมูล เป็นการเพิ่มแถวข้อมูล การลบแถวข้อมูลหรือการปรับแก้ข้อมูล

(3) ความคงสภาพข้อมูล

2.2 แนวคิดการกำหนดตำแหน่งบนสายทาง

2.2.1 กระบวนการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Linear Referencing Method)

การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ถือเป็นระบบที่นิยมใช้ในการ กำหนดตำแหน่งบนสายทาง เพราะเป็นระบบที่เข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อนแสดงอยู่ในรูปของระยะทางที่อยู่ห่างกันระหว่างจากจุดอ้างอิง เช่น หลักกิโลเมตร , ทางแยก กับตำแหน่งของเหตุการณ์ที่สนใจ นอกจากจะต้องทราบระยะทางที่อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นแล้วยังต้องมีการกำหนดทิศทางในการ วัดเพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงตำแหน่งบนสายทางที่ถูกต้อง ต่อมามีการใช้เครื่องมือในการกำหนดตำแหน่งที่สะดวกรวดเร็วมากกว่าเรียกว่า เครื่องมือ หาตำแหน่งพื้นโลก ด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS) ทำให้การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ แบบ Geo-Spatial Coordinate และแบบ Linear Referencing System (HTC, 2001)

2.2.2 ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Linear Referencing System for PostGIS Extensions)

ในการพัฒนาภูมิสารสนเทศสำหรับข้อมูลสายทางนั้น มีระบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง ซึ่งระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 มีฟังก์ชั่นที่ช่วยในการประมวลผลดังกล่าว โดยมีการกำหนดรูปแบบการสร้าง (Syntax) ฟังก์ชั่นการทำงานไว้รองรับการพัฒนาระบบต่อไป

Syntax of Create Function

>>-CREATE FUNCTION--*function-name*-'---*parameter-name*--*data-type1*-+-'

>---RETURNS TABLE--(----*column-name*--*data-type2*-+--)--*--------------------------->

>--+---.-LANGUAGE SQL-.--+--*--+-------------+--*-->

'SELECT *column-list:* FROM *table-name* WHERE *condition-type*'

RETURN *statement*;

>--+---.-END PROCEES-.--+--*--+-------------+--*-->

>-- ALTER FUNCTION *function-name* (*parameter-name*) OWNER TO postgres;

Syntax of Create Type

>>-CREATE TYPE--*Type-name*--AS

>--(--*column-name*------*data-type2*--);----------

>--ALTER TYPE *Type-name* OWNER TO *postgres*;----------

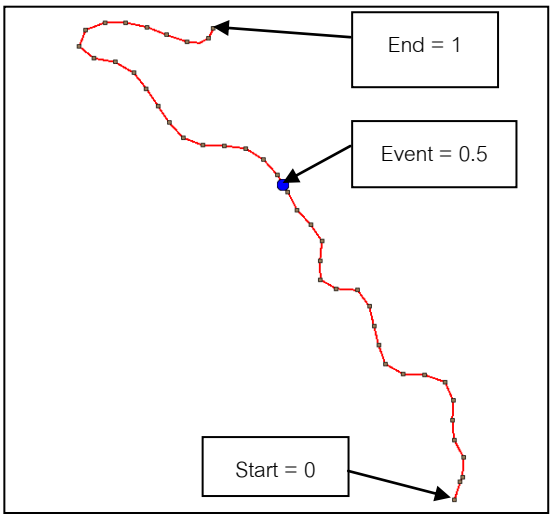
การพัฒนาภูมิสารสนเทศสำหรับข้อมูลสายทาง ในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเชิงเส้นเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งบนสายทางมี ฟังก์ชั่นพื้นฐาน 3 ฟังก์ชั่นภายใน PostGIS 1.3.3 ตามมาตรฐาน SQL-SF ซึ่งผู้ใช้จะต้องจัดโครงสร้างข้อมูลก่อนการประมวลผล ข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ได้นั้นมักมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอและเป็นความคลาดเคลื่อนสะสมตามทิศทางของสายทาง ซึ่งรูปแบบระบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง ยังเป็นที่นิยมใช้ในงานทางด้านสายทาง เพราะสามารถสื่อความหมายให้ผู้ใช้ในการปฏิบัติงานได้ทราบตำแหน่งได้โดยง่าย (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2549) คือ

1) ST_Line_Interpolate_Point (Linestring::Geometry, %Locate Pont:: Double Precision) สำหรับการคำนวณ หาตำแหน่งที่ต้องการ จากค่าสัดส่วนของระยะ ทางต่อระยะทางทั้งหมดบนสายทางใดๆ

ตัวอย่างการทำงาน

```
SELECT ST_Line_Interpolate_Point (route.the_geom, 0.5)
FROM route;
RETURN geometry::Point;
```

ผลลัพธ์



รูปที่ 2.7 แสดงการกำหนดตำแหน่งบนสายทางโดยใช้ค่าสัดส่วนของระยะทาง

2) ST_Line_Substring (Linestring::Geometry, %Locate Start:: Double Precision, %Locate End:: Double Precision) สำหรับสร้างข้อมูลเส้นบนข้อมูลสายทางโดยกำหนดค่าสัดส่วนของระยะทางที่ตำแหน่งเริ่มต้น (Start) กับค่าสัดส่วนของระยะทางที่ตำแหน่งสิ้นสุด (End)

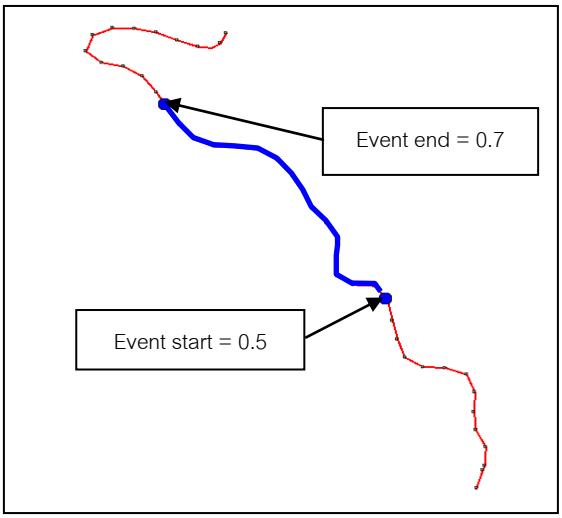
ตัวอย่างการทำงาน

SELECT ST_Line_Substring (route.the_geom, 0.5, 0.7)

FROM route;

RETURN geometry::Linestring;

ผลลัพธ์



รูปที่ 2.8 แสดงการสร้างข้อมูลเส้นจากตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของสายทาง

3) ST_Line_Locate_Point (Linestring::Geometry, Point::Geometry) สำหรับการคำนวณระยะทางในรูปของสัดส่วนตามสายทาง (Linestring) จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดใดๆ ปรากฏอยู่บนสายทางหรือใกล้ๆกับสายทาง

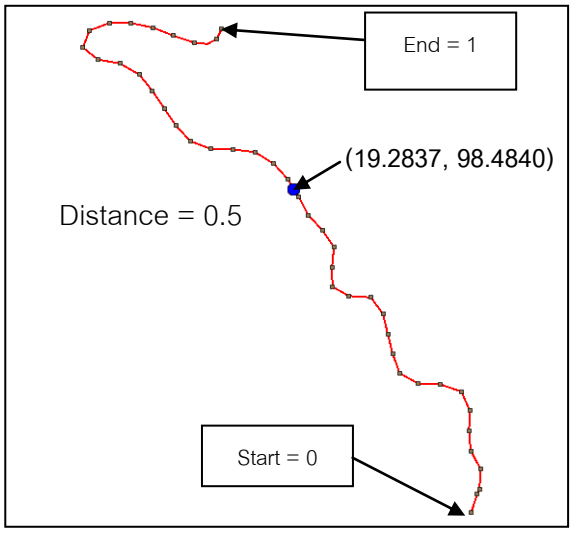
ตัวอย่างการทำงาน

SELECT ST_Line_locate_point (route.the_geom, point (geometry))

FROM route;

RETURN real::%Location of Event(point (geometry));

ผลลัพธ์

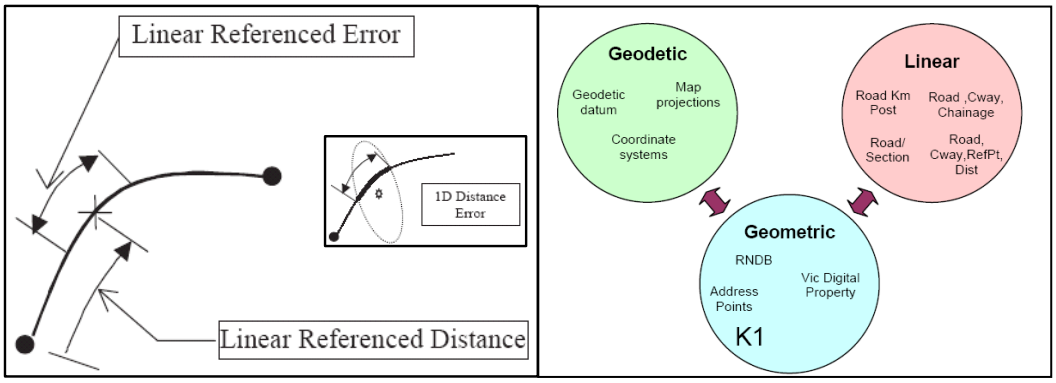


รูปที่ 2.9 แสดงการหาค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นของสายทางถึงค่าพิกัดที่กำหนด

2.2.3 ความคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Linear Referenced Error)

วิธีการกำหนดตำแหน่งบนสายทางในปัจจุบันมีอยู่ 2 ระบบ คือ Global Positioning System (GPS) และ Linear Referencing System ซึ่งบ่อยครั้งที่ข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ได้จากเครื่องมือ GPS ไม่ซ้อนทับกับข้อมูลสายทาง เพราะความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลทั้งสองแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการสำรวจข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ ในทางกลับกัน ข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ได้จากระบบ Linear Referencing System สามารถแสดงผลร่วมกับข้อมูลสายทางได้ และมีความคลาดเคลื่อนแบบสะสมตามความยาวที่ เกิดจากการวัดระยะทางตามสายทาง แต่ในปัจจุบันนี้ มีการทำงานร่วมกันทั้ง 2 ระบบ คือ กำหนดตำแหน่งของเหตุการณ์ บนสายทางโดยใช้ระบบ Linear Referencing System ที่มีการอ้างอิงกับหลักกิโลเมตร และการใช้เครื่องมือ GPS ในการเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนสายทาง ทำให้ข้อมูลที่ได้ ไม่อยู่บนข้อมูลเรขาคณิตของสายทางเสมอไป (Edward Fekpe, 2006)

วิธีการที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว คือ ตำแหน่งที่ได้จากเครื่องมือ GPS ให้ใช้วิธีการ Offset เสมือนเป็นการเคลื่อนจุดที่ได้ในแนวตั้งฉากกับข้อมูลสายทาง ซึ่งจะเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดในการเคลื่อนจุดดังกล่าวเข้าหาสายทาง วิธีก าร Offset นี้ทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งจากเครื่องมือ GPS บนข้อมูลสายทางและมีความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งน้อยที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเกิดขึ้นอยู่ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้และวิธีในการสำรวจข้อมูล



รูปที่ 2.10 แสดงความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง
(ที่มา: FEKPE Edward, 2006)

ดังนั้น ในการกำหนดตำแหน่งข องงานบำรุงทาง สามารถใช้ได้ทั้งในระบบ Linear Referencing System และระบบ GPS ในการเก็บข้อมูลตำแหน่งงานบำรุงทางและข้อมูลตำแหน่งของหลักกิโลเมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการทำงาน เช่น ใช้ระบบ GPS เมื่อสภาพอากาศเปิดและต้องการความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง หรือ ใช้ระบบ Linear Referencing System เมื่อต้องการความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งทั้ง 2 ระบบ สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบกันระหว่างแบบ Linear Referencing System กับแบบ GPS โดยมีค่าความคลาดเคลื่ อนเชิงตำแหน่งที่ผู้ใช้ยอมรับได้

2.3 การวิเคราะห์เชิงตำแหน่งของข้อมูลสายทาง

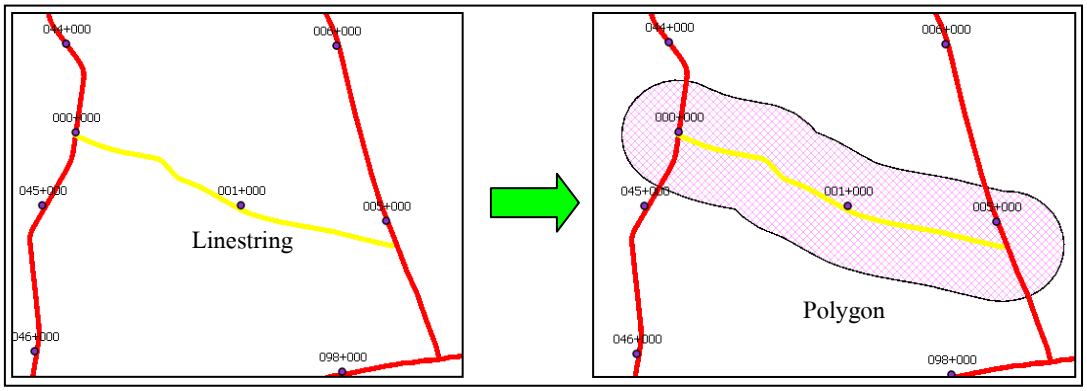
การสืบค้นข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลเชิงตำแหน่ง มีการใช้กระบ วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลสายทาง โดยนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลมาประมวลผล ได้แก่ ข้อมูลหลักกิโลเมตร ที่อยู่ในรูปแบบของ Point และ ข้อมูลสายทาง ที่อยู่ในรูปแบบของ Linestring เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อค้นหาข้อมูลเชิงตำแหน่งของหลักกิโลเมตรที่จะนำมาใช้อ้างอิงตำแหน่งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนสายทาง โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลสายทาง และข้อมูลหลักกิโลเมตร นำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง ตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อมูลตามที่ผู้ใช้กำหนด

กระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 2 กระบวนการ คือ กระบวนการสร้างพื้นที่แนวกันชน (Buffer) และ กระบวนการซ้อนทับข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด (Intersection) ซึ่งทั้ง 2 กระบวนสามารถประมวลผลบนร ะบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 ที่ติดตั้ง PostGIS 1.3.3 โดยใช้ภาษา SQL ในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลจะถูกสร้างไว้ในโครงสร้างฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 โดยมีวิธีการสร้างข้อมูลปริภูมิโดยใช้ภาษา

SQL คือ เมื่อมีการสร้างข้อมูลปริภูมิ ภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 ที่ติดตั้ง PostGIS 1.3.3 แล้ว ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลปริภูมิได้ ดังนี้

- การสร้างแนวกันชน (ST_Buffer)

เป็นการสร้างข้อมูล Geometry ใหม่แบบ Polygon จากข้อมูล Geometry เดิมที่มีลักษณะเป็น Linestring เป็นการสร้ างเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูล หลักกิโลเมตร โดยพิจารณาในเรื่องของระยะทางของตำแหน่งหลักกิโลเมตรที่อยู่ห่างจากสายทางที่กำหนด



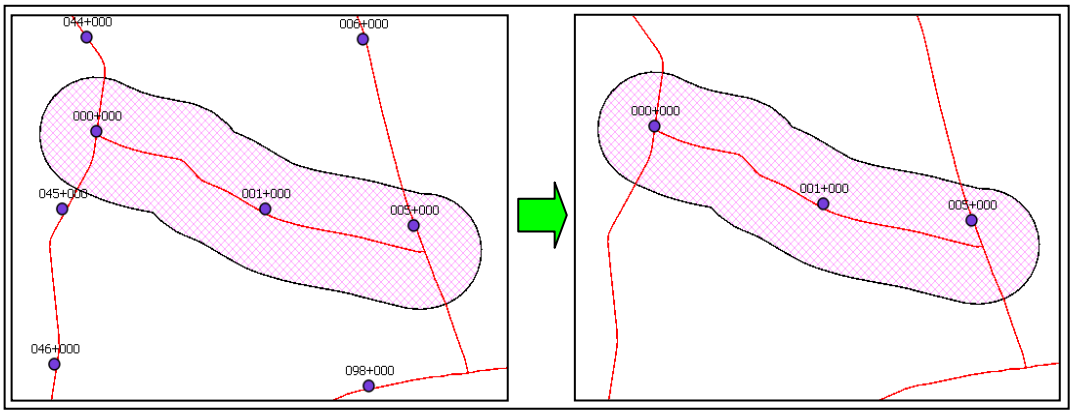
รูปที่ 2.11 แสดงการวิเคราะห์การสร้างแนวกันชน

คำสั่งในการประมวลผลโดยใช้ภาษา SQL

```
SELECT ST_transform(ST_buffer(ST_transform(road_segment.the_geom, 32647)
        , 30), 4326) as the_geom
FROM   road_segment
WHERE road_segment.rd_sg_id = '5220121020500'
RETURN geometry
```

- การซ้อนทับข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด (ST_Intersection)

เป็นวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลตั้งแต่ 1 ชั้นข้อมูลมาวางซ้อนทับกันเพื่อสืบค้นข้อมูล Geometry ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 2.12 แสดงการวิเคราะห์หาหลักกิโลเมตรบนสายทางที่กำหนด

คำสั่งในการประมวลผลโดยใช้ภาษา SQL

```
SELECT km_name, ST_intersection(km.the_geom,buffer.the_geom)
        as the_geom
FROM   (select ST_buffer(ST_transform(road_segment.the_geom,32647),30)
        from  road_segment
        where  road_segment.rd_sg_id = '5220121020500') as route,
       (select *
        from km_post) as km
WHERE  ST_intersects(km.the_geom, buffer.the_geom);
RETURN geometry
```

2.4 ระบบให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย

เว็บเซอร์วิส (Web Service) คือ ระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมา เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย Web Service ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลจาก Application บน Web Browser ที่ต่างกัน โดยจะถูกเรียกใช้งานจากโปรแกรมอื่นๆ (php, asp, java, python) ผ่านทาง HTTP Protocol เหมาะสมกับการให้บริการข้อมูลในองค์กรขนาดใหญ่

เทคโนโลยีในการกระจายข้อมูล สารสนเทศผ่านทาง Internet คือ Web page ที่ทำงานได้ด้วยการรวมภาษาบน Client และ Server เช่นภาษา VBScript, Java Script หรือ ASP, PHP, JSP นั้นทำให้ Web page มีลักษณะคล้าย Application จึงถูกเรียกรวมกันว่า Web Application ลักษณะการทำงานของ Client server คือ

(1) มีเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่บริหารจัดการข้อมูลผ่านเครือข่าย จึงจำเป็นต้องมีผู้บริหารระบบ

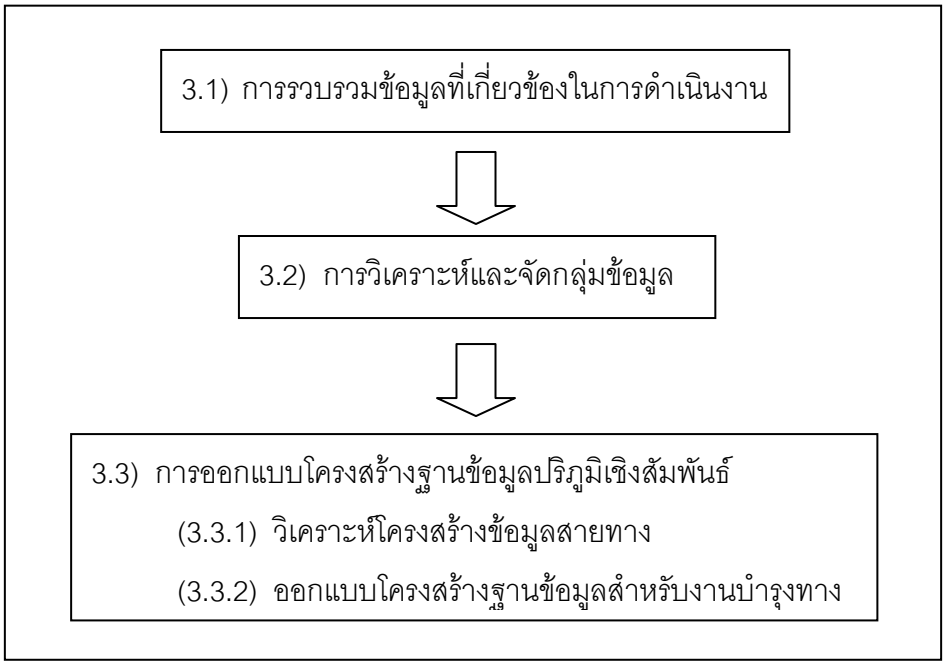
(2) ใช้ระบบการควบคุมการใช้ทรัพยากรส่วนกลาง ทำให้บริหารจัดการระบบได้ง่าย

(3) จำเป็นต้องมีผู้ดูแลการบริหารการใช้ทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่าย

บทที่ 3

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์

การดำเนินงานวิจัยจะอาศัยแนวคิดและทฤษฎีในบทที่ 2 มาเป็นแนวทางในการวิ เคราะห์และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง โดยมีเป้าหมายในการดำเนินงาน คือ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเพื่อใช้ในระบบสืบค้นข้อมูลสำหรับงานบำรุงทาง ที่สามารถแสดง ผลการสืบค้นทั้งในรูปแบบของตารางและแผนที่ สามารถตอบคำถามทางด้านตำแหน่งของงานบำรุงทางในเบื้องต้นได้สะดวกรวดเร็ว โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ



รูปที่ 3.1 แสดงผังงานขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

3.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน

จากการศึกษาวิจัย ได้มีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสายทางและงานบำรุงทางที่มีการจัดเก็บไว้ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะต่างๆ ของข้อมูลได้ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลหลักกิโลเมตร

รายละเอียดของข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักกิโลเมตร เช่น ชื่อหลักกิโลเมตร มีลักษณะข้อมูลแบบอักษร 7 อักขระ โดยมีเครื่องหมายบวกอยู่กึ่งกลาง คือ KKK+MMM และ ข้อมูลเรขาคณิตของหลักกิโลเมตร อยู่ในรูปแบบของ Point ใช้ในการบอกตำแหน่งตาม

ระยะทางจากจุดเริ่มต้นบนสายทาง โดยทั่วไปสายทางหมายเลข หนึ่งๆนั้นจะมีชื่อหลักกิโลเมตรที่ไม่ซ้ำกันเพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งบนสายทางที่ถูกต้อง

3.1.2 ข้อมูลโครงข่ายสายทาง

รายละเอียดของข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสายทาง ได้แก่ ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง (Road Geometry) อยู่ในรูปแบบของ Linestring และข้อมูลที่อธิบายถึงคุณลักษณะต่างๆ ของสายทางหรือข้อมูลบัญชีสายทาง (Road Inventory) เช่น ข้อมูลหมายเลขสายทาง, หมายเลขตอนควบคุม, หมายเลขตอนควบคุมย่อย, ชื่อตอนควบคุม, ความยาวสายทาง, กิโลเมตรเริ่มต้น, กิโลเมตรสิ้นสุด, จำนวนช่องจราจร, ทิศทางจราจร, ประเภทผิวทาง, ความกว้างผิวทาง, ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจร, ประเภทไหล่ทาง, ความกว้างไหล่ทาง, ประเภทการแบ่งแยกคันทาง, ความกว้างระหว่างคันทาง, ความเร็วที่กำหนด, ประเภทการใช้งานของสายทาง, ความกว้างเขตทาง (ROW) และชื่อหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในแต่ละระดับ

3.1.3 ข้อมูลงานบำรุงทาง

รายละเอียดของข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับง านบำรุงทาง เช่น ข้อมูลรหัสงานบำรุงทางที่แสดงถึงประเภทของงาน , ช่วงกิโลเมตรเริ่มต้นและสิ้นสุดของงานบำรุงทาง , ปริมาณงานบำรุงทาง, ช่องจราจรเริ่มต้นและสิ้นสุด, ชนิดวัสดุที่ใช้ในงานบำรุงทาง, งบประมาณในการดำเนินงานบำรุงทาง , ปีงบประมาณในการดำเนินงานบำรุงทาง , ผู้ดูแลรับผิดชอบงานบำรุงทาง, มาตรฐานงานทาง และช่วงเวลาเริ้มต้นและสิ้นสุดที่ใช้ในการดำเนินงานบำรุงทาง และชื่อหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในแต่ละระดับ

3.2 การวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสายทางและงานบำรุงทางในเบื้องต้น ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลยังมีความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บ ข้อมูล อาจทำให้เกิดปัญห าต่างๆได้เมื่อนำข้อมูลไปใช้งาน ดังนั้น จึงมีการวิธีรวบรวมและจัดกลุ่มข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ

3.2.1 กลุ่มข้อมูลสายทาง

หมายถึง ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง ที่มีช่วงเวลากำหนดและ สามารถนำมาแสดงผ ลในรูปแบบของแผนที่บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

3.2.2 กลุ่มข้อมูลประวัติสายทาง

หมายถึง ข้อมูลคุณลักษณะต่างๆของสายทาง ที่มีช่วงเวลากำหนด ซึ่ง ถูกบันทึกไว้เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสายทาง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

3.2.2.1 ข้อมูลโครงสร้างสายทาง

หมายถึง ข้อมูลที่อธิบายถึงลักษณะทางกายภาพของสายทางหรือเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบก่อสร้างสายทาง

3.2.2.2 ข้อมูลหน่วยงานที่รับผิดชอบสายทาง

หมายถึง การกำหนดพื้นที่ผู้ดูแลรับผิดชอบสายทางเมื่อเกิดความเสียหายและจำเป็นต้องดำเนินการบำรุงซ่อมแซมในแต่ละช่วงของสายทาง

3.2.3 กลุ่มข้อมูลบันทึกงานบำรุงทาง

หมายถึง ข้อมูลคุณลักษณะต่างๆของงานบำรุงทาง ที่เกิดขึ้นและมีช่วงเวลากำหนด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

3.2.3.1 ข้อมูลบักทึกตำแหน่งของงานบำรุงทาง

หมายถึง ข้อมูลที่แสดงถึงตำแหน่งของงานบำรุงทางบนสายทาง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากระบบ Linear Referencing System หรือระบบระบุตำแหน่งโดยใช้สัญญาณดาวเทียม GPS ที่สามารถนำมาแสดงผลข้อมูลงานบำรุงทางในรูปแบบของแผนที่บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

3.2.3.2 ข้อมูลลักษณะงานบำรุงทาง

หมายถึง ข้อมูลต่างๆของ งานบำรุงทางที่มีการบันทึกไว้เ พื่อประโยชน์ในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลผู้ดูแลรับผิดชอบ , ข้อมูลงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงาน , ช่วงเวลาที่ดำเนินงาน , ข้อมูลมาตรฐานงานทาง ข้อมูลสภาพผิวทางที่ได้ปรับแก้ , ข้อมูลปริมาณงาน และ อื่นๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการดำเนินงานและวางแผนงานแต่ละงาน โดยสามารถแบ่งลักษณะงานไว้ออกเป็น 8 กลุ่ม (ณรงค์ ไชยวงศ์, 2544) คือ

(1) งานบำรุงปกติ (Routine Maintenance) หมายถึง งานกำกับดูแลและซ่อมแซมบำรุงรักษา ทำความสะอาดเสริมแต่งสายทาง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องทำเป็นประจำ โดยมีปริมาณงานไม่มากนักทั้งนี้ให้รวมถึงการแก้ไขปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือต่อเติมได้บ้างตามความเหมาะสมเพื่อให้สายทางคงสภาพใช้งานได้ดีสามารถอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยแก่ผู้ใช้สายทาง

(2) งานบำรุงตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance) หมายถึง งานซ่อมบำรุงสายทางซึ่งต้องดำเนินการเมื่อถึงกำหนดเวลาเพื่อยืดอายุบริการและเสริมความแข็งแรง สำหรับรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น

(3) งานบำรุงพิเศษ (Special Maintenance) หมายถึง งานซ่อมบำรุงสายทางที่ชำรุดเสียหายและปริมาณงานมากเกินกว่าที่จะทำการซ่อมบำรุงด้วยงานบำรุงปกติได้

(4) งานบูรณะ (Rehabilitation) หมายถึง งานซ่อมแซมสายทางที่ชำรุดเสียหายจนไม่สามารถทำการแก้ไขด้วยงานบำรุงพิเศษได้

(5) งานปรับปรุง (Betterment) หมายถึง งานเสริมแต่งสายทางในส่วนที่ไม่ได้ดำเนินการก่อสร้างไว้ หรือ เพิ่มมาตรฐานให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้สายทางมีสภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

(6) งานแก้ไขและป้องกัน (Remedy and Prevention) หมายถึง งานก่อสร้างแก้ไข ปรับปรุงเพื่อป้องกันส่วนหนึ่งส่วนใดของสายทางที่คาดการณ์หรือมีแนวโน้มว่าจะเกิดการเสียหายอย่างมาก

(7) งานอำนวยความปลอดภัย (Highway Safety) หมายถึง งาน ก่อสร้างติดตั้ง จัดทำปรับปรุงเปลี่ยนแปลงซ่อมอุปกรณ์งานจราจรสงเคราะห์วัสดุอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยอื่นๆสะพานลอยคนเดินข้ามรวมทั้งงานแก้ไขปรับปรุงสายทาง เพื่ออำนวยความสะดวกและ ปลอดภัยต่อผู้ใช้สายทางทั่วไป

(8) งานฉุกเฉิน (Emergencies) หมายถึง งานซ่อมแซมแก้ไขสายทางหรือทรัพย์สินของทางราชการที่เกิดความชำรุดเสียหายมากจากอุบัติภัยที่ไม่อาจคาดการณ์ได้โดยจะต้องทำการแก้ไขให้การจราจรผ่านได้ในขั้นแรกและซ่อมแซมให้คืนสู่สภาพที่เหมาะสม หรือ ตามที่แบบก่อสร้าง

3.2.4 กลุ่มข้อมูลหลักกิโลเมตร

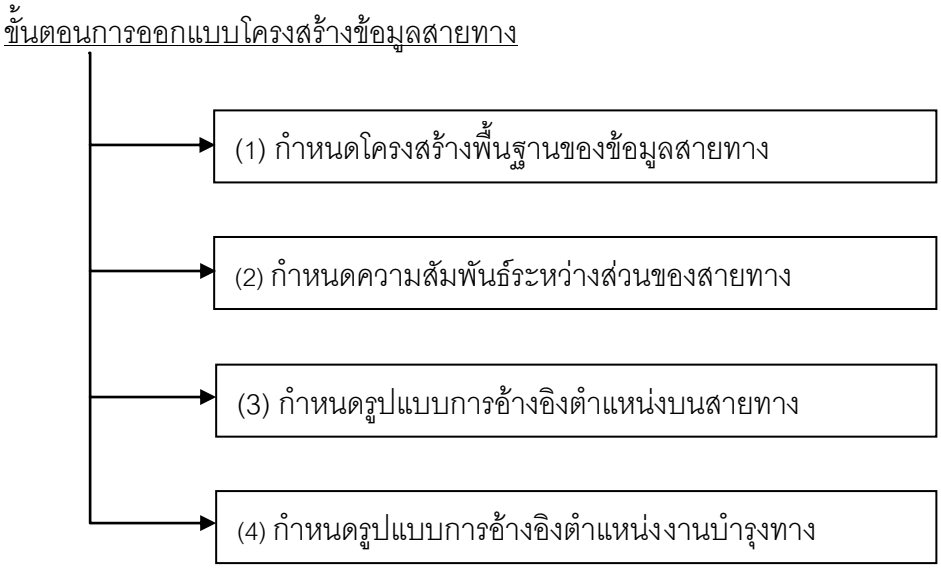
หมายถึง ข้อมูลเรขาคณิตของหลักกิโลเมตร ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งของสายทางและงานบำรุงทาง

3.3 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์สำหรับงานบำรุงทาง มีการแบ่งการวิเคราะห์และออกแบบไว้เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลสายทาง (Design Transportation Feature) และ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับงานบำรุงท าง โดยใช้การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (UML)

3.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลสายทาง

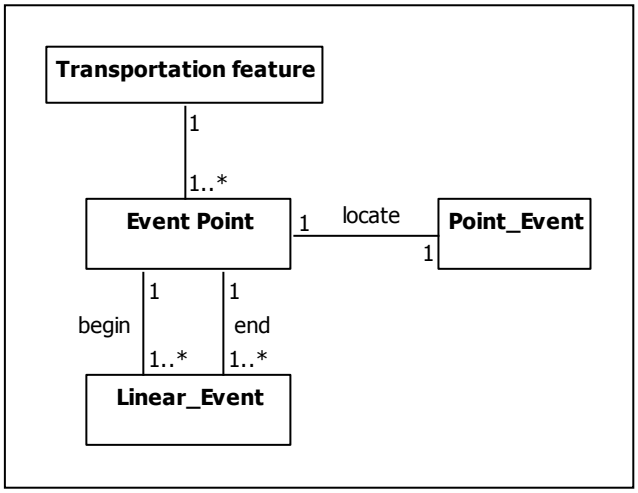
รูปแบบโครงสร้างข้อมูลสายทาง (Highway Road Network model) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นแนวเส้นกลางบนสายทาง ประกอบด้วย ข้อมูล Linestring ที่เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยมี Node แสดงตำแหน่งที่เชื่อมต่อกัน ข้อมูลเส้นที่ตัดกันอาจจะไม่เกิดจุดตัดของเส้น ได้ลักษณะโครงสร้างข้อมูลแบบเส้นนี้เรียกว่าอยู่ในรูปแบบ Spaghetti Data Model โดยแต่ละเส้นจะมีข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute Data) การออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทางและงานบำรุงทาง จะอาศัย แนวทางการออก แบบโครงสร้างข้อมูลสายทาง GIS-T และโครงสร้างระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง NCHRP 20-27(3) เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน



รูปที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทาง

ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทาง

(1) การกำหนดโครงสร้างพื้นฐานของข้อมูลสายทาง (Basic Road Data Model) เป็นการวางโครงร่างในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทางซึ่งเป็นการอธิบายถึงวิธีการระบุตำแหน่งขององค์ประกอบทางกายภาพของโครงสร้างข้อมูลสายทางซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานบำรุงทางในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของข้อมูลสายทาง

<u>คำอธิบายคุณลักษณะ</u>

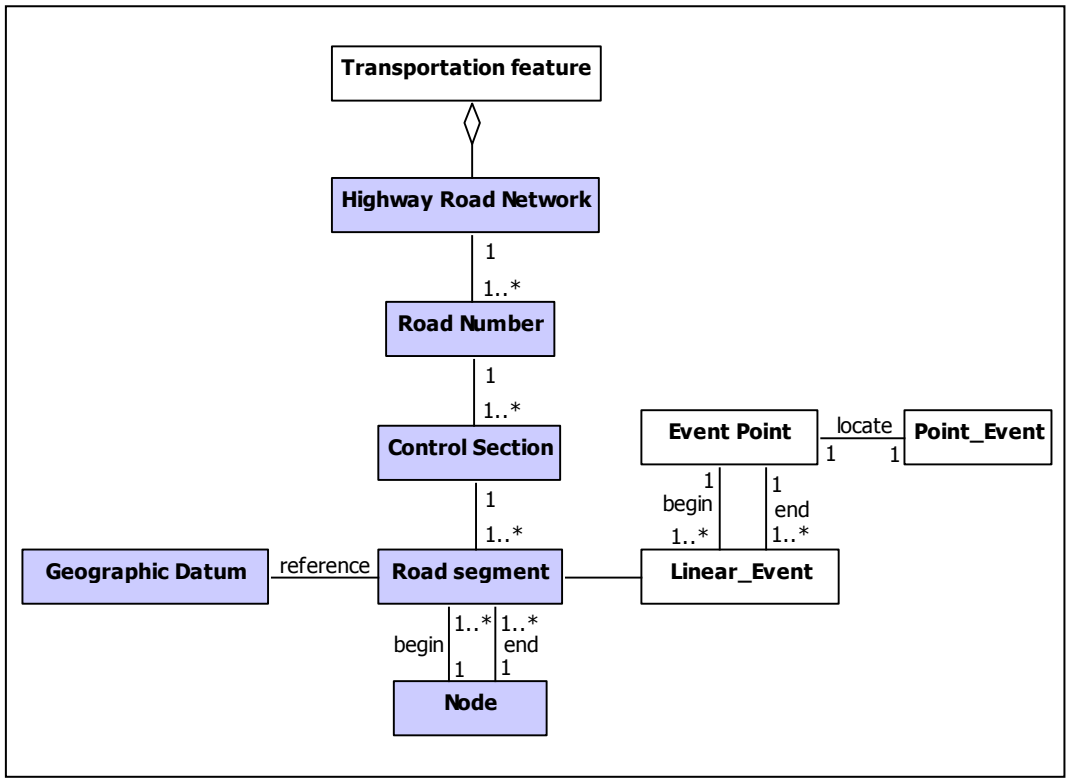
- **Transportation Feature** เป็นการอธิบายถึงองค์ประกอบหลักทางกายภาพของโครงสร้างข้อมูลสายทางหรือระบบเส้นทางการเดินทางขนส่งของมนุษย์ ที่สามารถอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายที่ประกอบด้วย Linestring ที่เชื่อมต่อกันและรูปแบบของ Point ที่ใช้ในการแสดงตำแหน่งของข้อมูลเรขาคณิต เช่น สายทาง , สะพาน, ป้ายจราจร, ทางรถไฟและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง
- **Event Point** เป็นรูปแบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิ งบนสายทางจาก จุดที่ทราบตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก การแสดงตำแหน่ง ของข้อมูลสายทางสามารถอ้างอิงกับตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัด เช่น หลักกิโลเมตร , ทางแยก , สิ่งก่อสร้างที่มั่นคงถาวร หรือ ค่าพิกัดที่ได้จากเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS เป็นจุดอ้างอิง เป็นต้น
- **Point Event** เป็นรูปแบบจำลองของข้อมูลที่เกิดขึ้น มีลักษณะเป็นจุด โดยที่ตำแหน่งของข้อมูลสามารถอ้างอิงตามระยะ ทางบนสายทางจากจุดที่ทราบตำแหน่ง ดังนั้นแบบจำลองของข้อมูลที่ได้นี้จึงมีรูปแบบเดียวกับ Event Point
- **Linear Event** เป็นรูปแบบจำลองของข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น งานซ่อมผิวทาง มีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งเกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่าง Point Event

(2) การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง (Link Topology)

เป็นการกำหนดโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสายทางแต่ละเส้นทางภายในโครงข่ายข้อมูลสายทางที่ มีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลหมายเลขสายทางกับตอนควบคุม ,ตอนควบคุมกับตอนควบคุมย่อย และระหว่างตอนควบคุมย่อยโดยมี Node เป็นตัวเชื่อม มีรูปแบบความสัมพันธ์แบบ One to Many ซึ่งมี

การตรวจสอบข้อมูลสายทางให้มีความถูกต้องก่อนการจัดเก็บในฐานข้อมูล โดยพิจารณา Node ที่ใช้เชื่อมต่อกันของข้อมูลสายทางแต่ละเส้นทาง รูปแบบการจัดการข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงข่ายสายทางในระดับช่องจราจร (Lane Base Network) เพื่อรองรับความต้องการรูปแบบของสายทางในระดับที่แตกต่างกัน (Malaikrisanachalee S, 2004)

ดังนั้น ข้อมูลสายทางที่ เชื่อมต่อกันสามารถพิจารณาได้จากกิโลเมตรเริ่มต้นหรือกิโลเมตรสิ้นสุดของสายทางที่ตรงกันหรือมีการใช้ Node ร่วมกัน โดยที่แต่ละ Node แสดงถึงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ค่าละติจูด และ ค่าลองจิจูด ซึ่งเป็นระบบพิกัดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างข้อมูลสายทางโดยทำการต รวจสอบข้อมูลสายทางให้มีความถูกต้องสามารถปรับปรุงข้อมูลสายทางบนซอฟต์แวร์ทั่วไป



รูปที่ 3.4 แสดงการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง

<u>คำอธิบายคุณลักษณะ</u>

- **Highway Road Network** ลักษณะของโครงข่ายข้อมูลสายทาง ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวเส้นกลางบนสายทาง ในรูปแบบ Spaghetti Data Model และ Simple Feature ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่มีระบบการ กำหนดตำแหน่ง อ้างอิง บนสายทาง โดยที่โครงข่ายข้อมูลสายทางเป็นส่วนหนึ่งของ Transportation Feature

- **Road Number** เป็นข้อมูลที่บอกถึงหมายเลขของสายทางที่ประกอบด้วยตอนควบคุมตั้งแต่ 1 ตอนควบคุมขึ้นไป เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการอ้างอิงถึงตำแหน่งของสายทางต่างๆ ที่อยู่ในการควบคุมและรับผิดชอบของหน่วยงานทางด้านสายทาง จึงได้มีการกำหนดหมายเลขสายทางขึ้น ซึ่งลักษณะของการกำหนดหมายเลขสายทางนั้นสามารถจำแนกออกได้โดยอาศัยประเภทของสายทางหรือ ที่ตั้งของสายทาง เป็นต้น

- **Control Section** เป็นข้อมูลที่บอกถึงหมายเลขตอนควบคุมที่ประกอบด้วยตอนควบคุมย่อยหรือ Road segment ตั้งแต่หนึ่ง Road segment ขึ้นไป เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการอ้างอิงถึงตำแหน่งของสายทางที่มีการแบ่งเป็นตอนควบคุมหรือเป็นช่วงย่อยๆ เป็นโครงสร้าง หนึ่งของโครงข่ายสายทาง เพื่อความสะดวกต่อการควบคุมและรับผิดชอบของหน่วยงานทางด้านสายทาง

- **Road segment** เป็นข้อมูลที่บอกถึงหมายเลขตอนควบคุมย่อย หรือ Rd_sg_id มีลักษณะเป็น Linestring ที่เชื่อมต่อกันระหว่าง Node เป็นระดับของข้อมูลสายทางที่เล็กที่สุดที่ใช้ในระบบฐานข้อมูล โดยใช้หมายเลขตอนควบคุมย่อย นี้เป็นคีย์รอง (Foreign Key) ในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูล ซึ่งมีทิศทางของข้อมูลเส้นที่แน่นอนและประกอบด้วย Node ที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้นและ Node ที่ใช้เป็นจุดสิ้นสุดซึ่ง เป็นส่วนหนึ่งของตอนควบคุม (Control Section)

- **Node** เป็นข้อมูลจุ ดเชื่อมต่อระหว่างตอนควบคุมย่อย หรือ Road Segment เป็นส่วนประกอบสำคัญในการ วิเคราะห์และระบุตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก สามารถใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างสายทางที่เชื่อมต่อกันได้

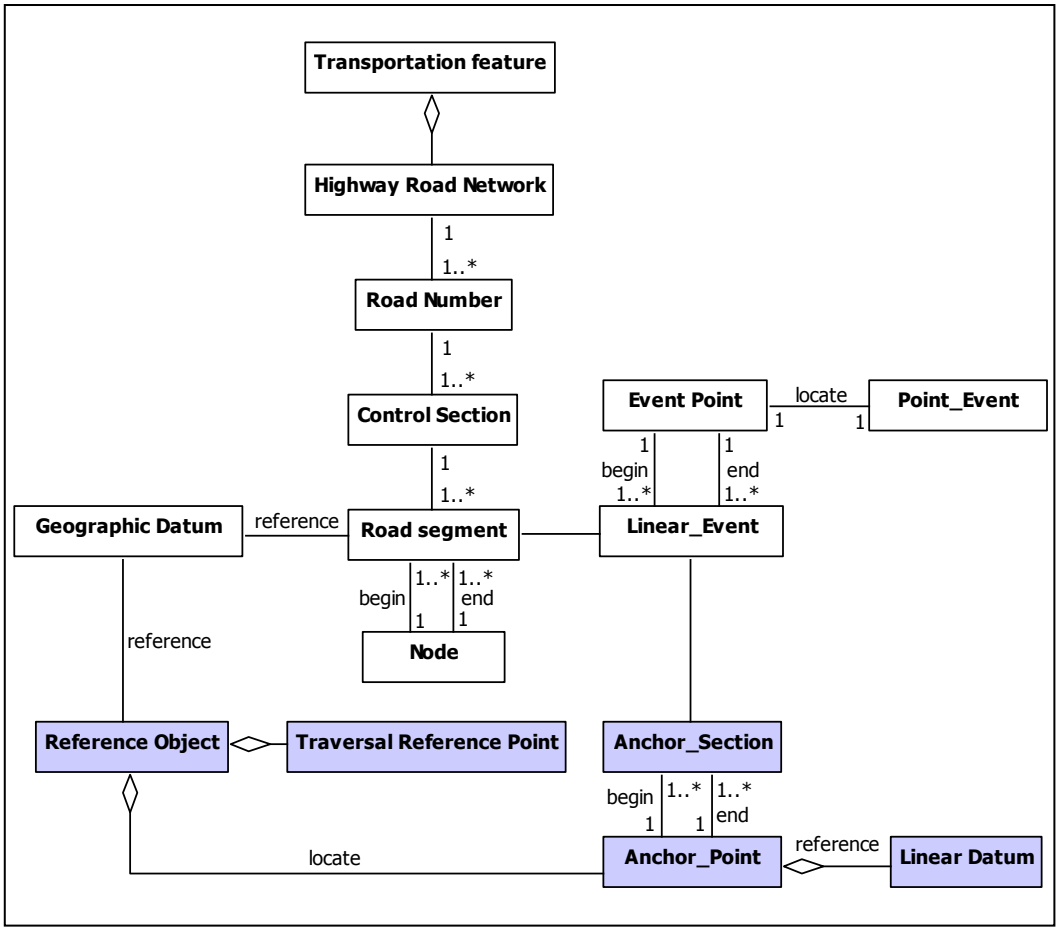
- **Geographic Datum** ระบบการอ้างอิงบนพื้นผิวโลกที่นำมาใช้ ในโครงสร้างข้อมูลสายทางในการแสดงข้อมูล (Representation) ในรูปแบบของแผนที่ คือ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) และพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84

(3) การกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง

จากระบบการกำหนดตำแหน่งในงานทางด้านสายทางที่ใช้ระบบการ กำหนดตำแหน่ง อ้างอิง บนสายทาง ซึ่งวัตถุที่นำมาใช้ในการอ้างอิงนั้นเป็นวัตถุที่มีค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย Latitude, Longitude ที่อ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นหลักฐานอ้างอิงระหว่าง Geographic Datum กับ Linear Datum

การเปลี่ยนแปลงพื้นหลักฐานอ้างอิง ระหว่าง Geographic Datum กับ Linear Datum จะใช้วิธีการ Offset จากจุดที่ทราบค่าพิกัด ที่อ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลกหรือจุดที่เกิดจากการบันทึกตำแหน่งด้วยเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS ลงบนข้อมูลสาย

ทางซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Road Centerline ซึ่งมักมีความคลาดเคลื่อนจากการเปลี่ยนตำแหน่งและเป็นความคลาดเคลื่อนสะสมตามสายทาง ดังนั้น ในการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งของงานบำรุงทางนอกจากจะมีการ บันทึกข้อมูลในลักษณะของ เชิงเส้น คือ รูปแบบการบันทึกตำแหน่งบนสายทางที่อ้างอิงกับข้อมูลหลักกิโลเมตร ในแนวระราบและรูปแบบการบันทึกข้อมูลในลักษณะของค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ทำให้ระบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่ง งานบำรุงทางสามารถรองรับระบบการบันทึกข้อมูลด้วยวิธีการที่หลากหลายเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 3.5 แสดงการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง

<u>คำอธิบายคุณลักษณะ</u>

- Reference Object เป็นสิ่งที่นำมาใช้อ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลก เพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งของวัตถุที่ไม่ทราบค่าพิกัดจากวัตถุที่ทราบค่าพิกัด

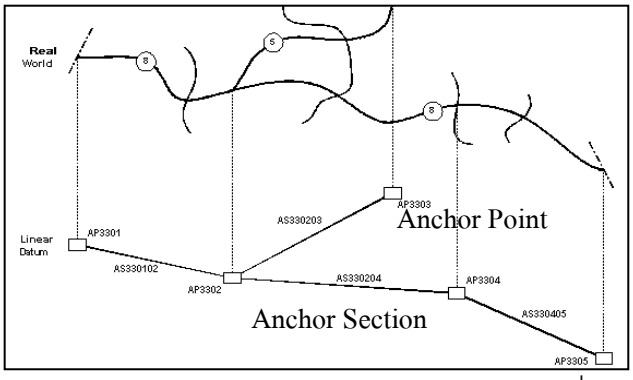
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระบบการอ้างอิงตำแหน่งระหว่าง WGS 84 กับ LRS

ระบบการอ้างอิงตำแหน่ง (Locate Reference System)			
Name	Dimension	Datum Object	Reference Object
WGS 84	3D	3D Cartesians Axes (X,Y,Z)	GPS Satellite
LRS	1D	Anchor Point/Anchor Section	Traversal Reference Point

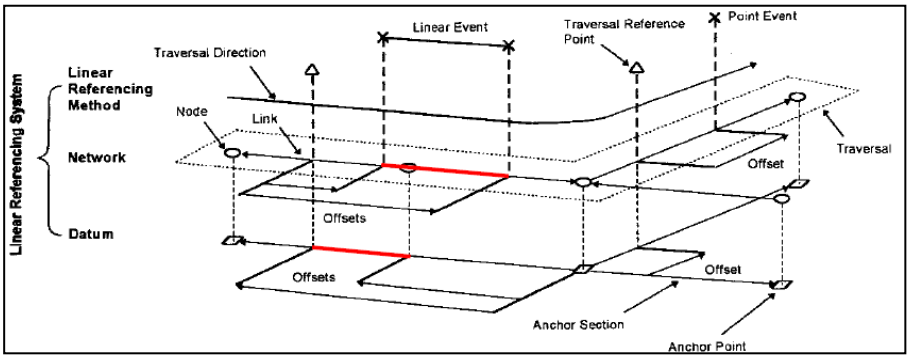
- **Traversal Reference Point** เป็นข้อมูลหลักกิโลเมตร หรือ ตำแหน่งที่ Road segment เชื่อมต่อ กันโดยใน Node เป็นจุดเชื่อมต่อ ที่สามารถอ้างอิงเชิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ มีค่าพิกัดภูมิศาสตร์

- **Anchor Point** เป็นรูปแบบข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของเหตุการณ์ใดๆ บนสายทางในระบบการกำห นดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง โดยถือเป็น Reference Object หรือ Traversal Reference Point ในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง

- **Anchor Section** เป็นรูปแบบข้อมูลเส้นที่เกิดจากเชื่อมต่อระหว่าง Anchor Point 2 จุดที่กำหนดเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดบนสายทางที่มีลักษณะเป็น แนวเส้นกลางบนสายทางซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายสายทางในระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง



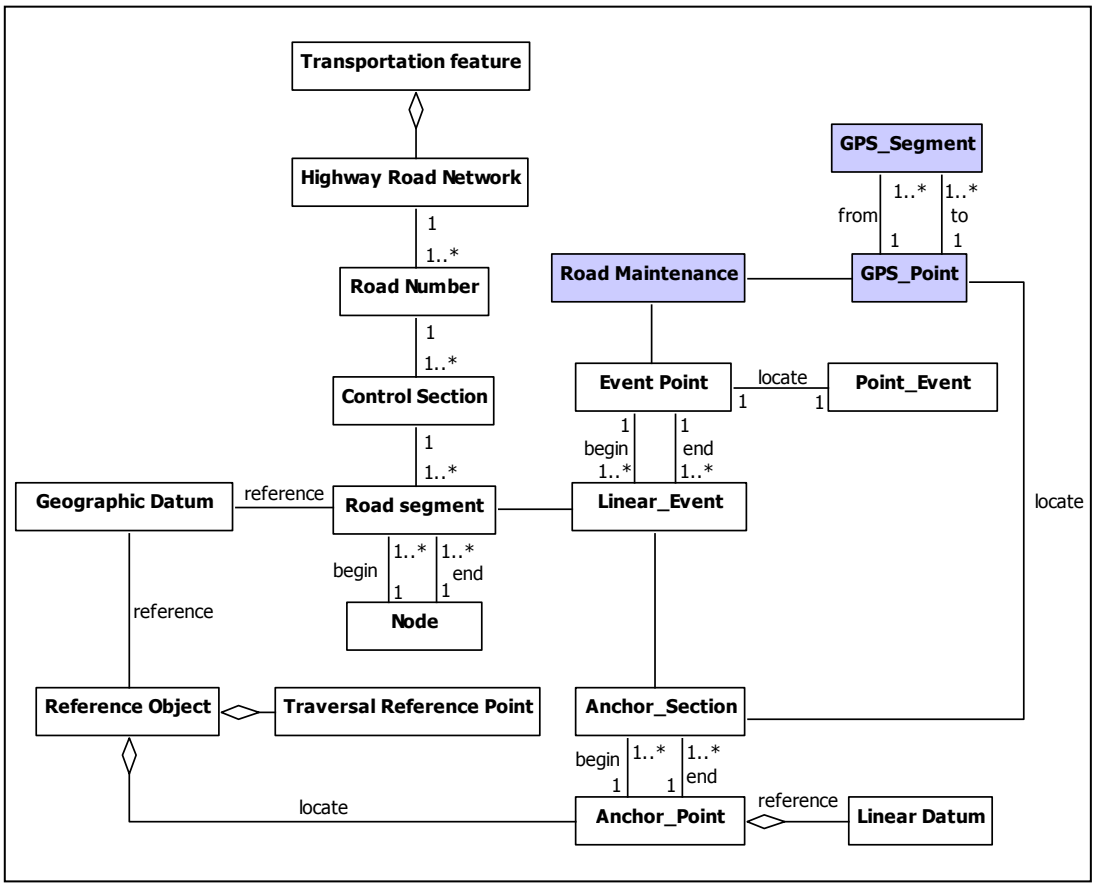
รูปที่ 3.6 แสดงการกำหนด Anchor Point และ Anchor Section (ที่มา: Butler. Al)



รูปที่ 3.7 แสดงการกำหนดตำแหน่งที่อ้างอิงจาก Anchor Point และ Anchor Section (ที่มา: Vonderohe. A, Hepworth.T, 1998)

(4) การกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทาง

เป็นการเพิ่มโครงสร้างทางด้านงานบำรุงทางให้มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของข้อมูลสายทาง โดยโครงสร้างข้อมูลสายทางสามารถรองรับกั บระบบการอ้างอิงตำแหน่งบนสายทาง และการกำหนดตำแหน่งโดยใช้เครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS ที่จะนำไปใช้กำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทางบนสายทาง



รูปที่ 3.8 แสดงการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทาง

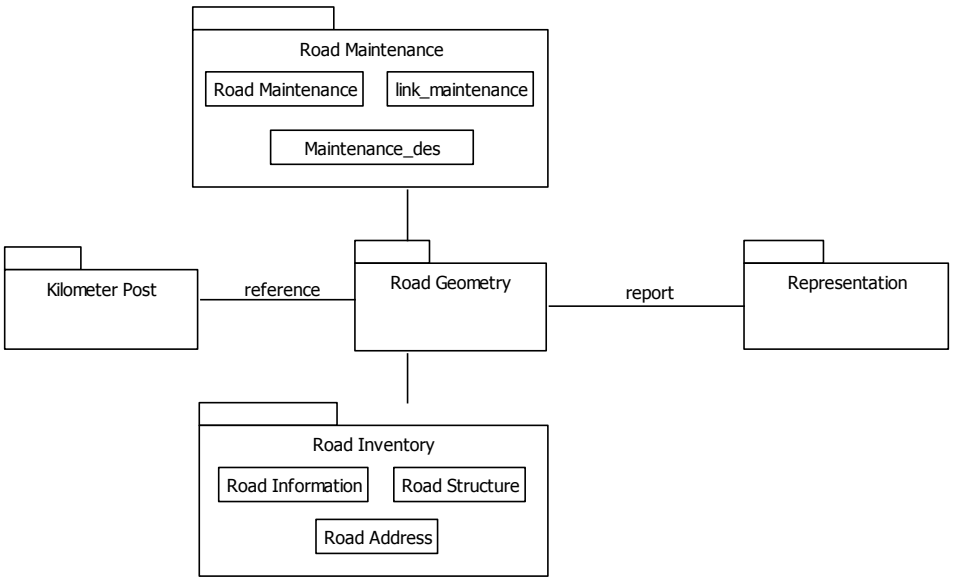
<u>คำอธิบายคุณลักษณะ</u>

- Road Maintenance รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลงานบำรุงทางมี 2 ลักษณะ คือ รูปแบบข้อมูลเชิงตำแหน่ง Linestring และ Point ที่สามารถสร้างความสัมพันธ์กับข้อมูลสายทางเพื่อนำข้อมูลเรขาคณิตของสายทางมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลและ แสดงผลในรูปแบบของข้อมูลแผนที่บน โครงข่ายสายทางที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูล ลักษณะงานบำรุงทางที่แสดงผลในรูปแบบของ Linestring เช่น งานปรับระดับผิวทาง และ รูปแบบของ Point เช่น งานซ่อมแซมป้ายจราจร

- **GPS_Point** รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางที่ได้จากเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS มีลักษณะเป็นจุด ซึ่งเป็นการบันทึกข้อมูลทางด้านงานบำรุงทางในลักษณะของระบบพิกัดภูมิศาสตร์
- **GPS_Segment** รูปแบบ ข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุง ทางที่ได้จากนอกจากเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS มีลักษณะเป็นเส้น ที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่าง GPS_Point 2 จุดเชื่อมต่อกัน

3.3.2 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สำหรับงานบำรุงทาง

จากการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มข้อมูลที่แบ่งหมวดหมู่ของข้อมูลในเบื้ องต้นแล้ว ทำการออกแบบโคร งสร้างของข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่ โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบของ Package Diagram และ Class Diagram เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย จึงใช้ Data Definition Language (DDL) ในการออกแบบโครงสร้างตางราง ซึ่งเป็นภาษา SQL ที่ใช้ในการสร้างตารางบนระบบการจัดการฐานข้อมูล



รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลงานบำรุงทางโดยใช้ Package Diagram

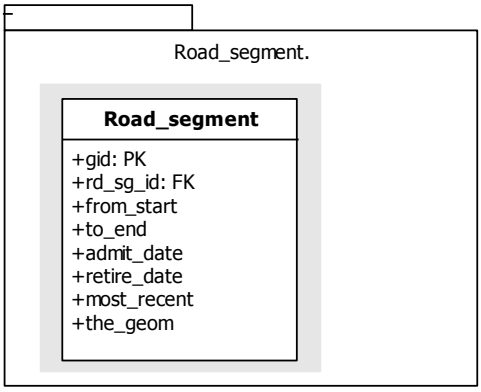
การใช้ Package ในการจัดกลุ่ม Class นั้นถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งของ จำแนกข้อมูลทั้งหมดให้ กับระบบฐานข้อมูล ภายในโครงสร้าง Package นั้นประกอบด้วย Class Diagram ต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์ กัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการอธิบายแนวคิด การจัดกลุ่มของวัตถุ ที่ประกอบด้วยข้อมูลอรรถาธิบายต่างๆ ดังนั้นในออกแบบ Package Diagram สำหรับงานบำรุงทางจึง เป็นการกำหนดเค้าโครงของ Package หลักๆ ที่สัมพันธ์กันไว้คือ

Road Maintenance, Road Geometry, Road Inventory และ Kilometer Post เป็นส่วนประกอบหนึ่งในโครงสร้างฐานข้อมูลงานบำรุงทาง โดยที่ Road Geometry Class และ Kilometer Post Class นั้นมีความสัมพันธ์กับ GEOMETRY_COLUMNS และ SPATIAL_REF_SYS ตามมาตรฐาน OGC การจัดการข้อมูลปริภูมิ SQL Simple feature ซึ่งแต่ละ Package ที่ประกอบด้วย Class Diagram ต่างๆ มีการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ แบบ Abstraction ประกอบด้วย Aggregation, Generalization, Association ระหว่าง Class Diagram ไว้เพื่อสื่อความหมายและอธิบายความสัมพันธ์โครงสร้างฐานข้อมูลทั้งระบบให้กับผู้ใช้

จากการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูล (Package Diagram) ได้มีการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class Diagram ไว้ดังนี้

(1) ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง

- ทำการกำหนด Class Diagram ของข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง



รูปที่ 3.10 แสดง Class Diagram ของข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง

- ทำการจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูล Data Model ของข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง โดยใช้ภาษา SQL

```
CREATE TABLE road_segment
(       gid serial NOT NULL,
        rd_sg_id character varying(20),
        from_start integer,
        to_end integer,
        admit_date date,
```

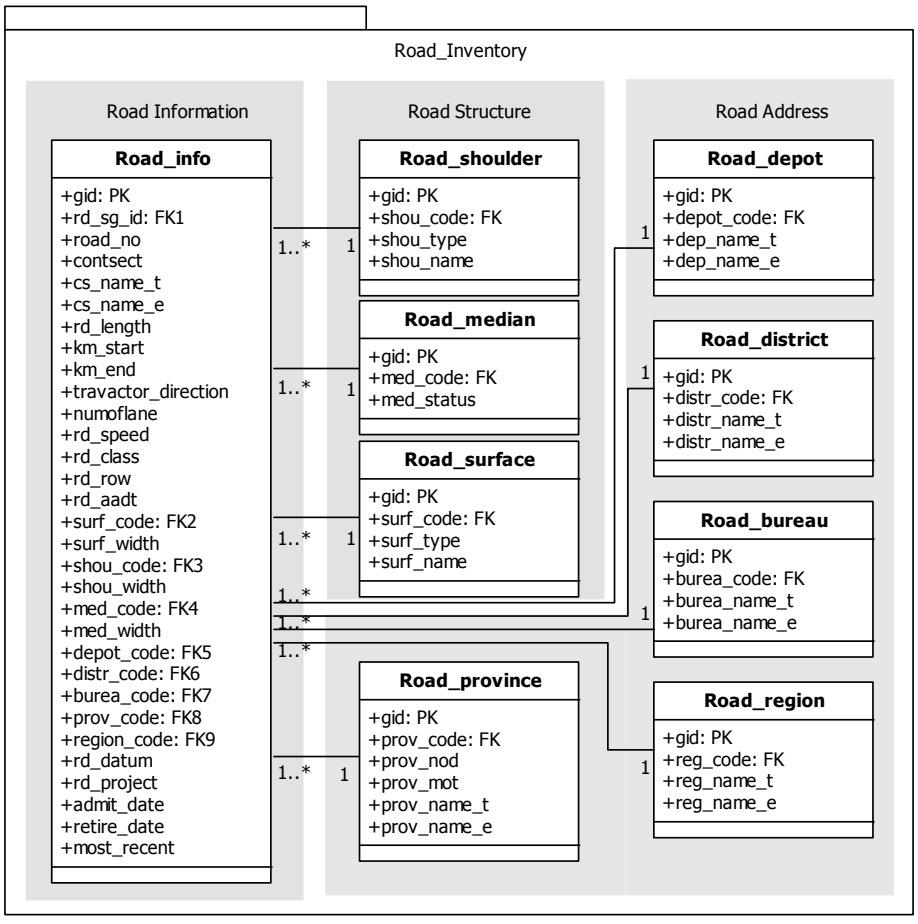
```
retire_date date,
most_recent Boolean,
the_geom geometry,
CONSTRAINT road_segment_pkey PRIMARY KEY (gid)
);
```

- ทำการสร้างดัชนี โดยใช้การ Create Index บนข้อมูลสายทาง ด้วยภาษา SQL

```
CREATE INDEX road_segment_idx ON road_segment
USING gist (the_geom);
```

(2) ข้อมูลประวัติสายทาง

- ทำการกำหนด Class Diagram ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มข้อมูลประวัติสายทาง ประกอบด้วย Road Information, Road Structure และ Road Address ที่มี Class Diagram ย่อยๆ ที่เกี่ยวข้องกัน



รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class Diagram ของกลุ่มข้อมูลประวัติสายทาง

- ทำการจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูล Data Model ของกลุ่มข้อมูลประวัติสายทาง ด้วยภาษา SQL

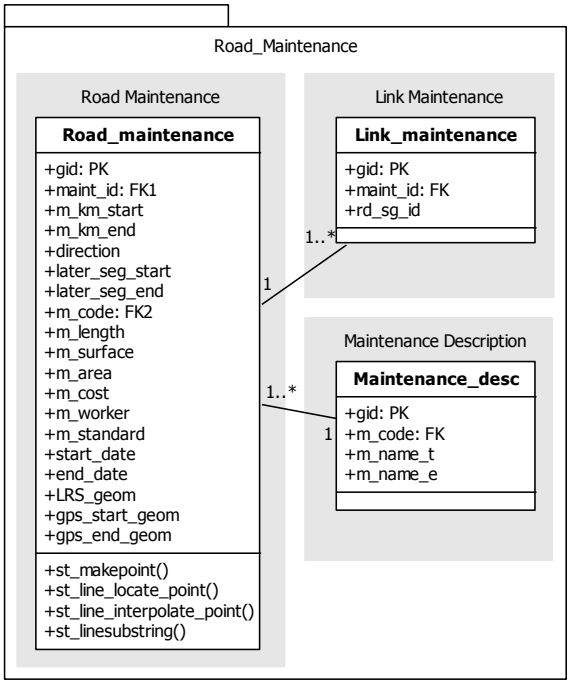
```
CREATE TABLE road_info
(       gid serial NOT NULL,
        rd_sg_id character varying(20),
        road_no integer,
        contsect integer,
        cs_name_t character(100),
        cs_name_e character(100),
        rd_length numeric(20,3),
        km_start character(10),
        km_end character(10),
        travactor_direction character(5),
        numoflanes integer,
        rd_speed numeric(20,3),
        rd_class integer,
        rd_row character(10),
        rd_aadt integer,
        surf_code integer,
        surf_width numeric(10,2),
        shou_code integer,
        shou_width numeric(10,2),
        med_code integer,
        med_width character(15),
        depot_code integer,
        distr_code integer,
        burea_code integer,
        prov_code integer,
        region_code integer,
        admit_date date,
```

```
        retire_date date,
        most_recent boolean,
        CONSTRAINT gid_road_info_pk PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE road_shoulder
(       gid serial NOT NULL,
        shou_code integer,
        shou_type character(10),
        shou_name character(20),
        CONSTRAINT gid_shoulder_pk PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE road_median
(       gid serial NOT NULL,
        med_code integer,
        med_status character(5),
        CONSTRAINT gid_med_pk PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE road_surface
(       gid serial NOT NULL,
        surf_code integer,
        surf_type character(10),
        surf_name character(20),
        CONSTRAINT gid_surf_pk PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE road_bureau
(       gid serial NOT NULL,
        burea_code integer,
        burea_name_t character(50),
        burea_name_e character(50),
        CONSTRAINT gid_bureau_pkey PRIMARY KEY (gid));
```

```
CREATE TABLE road_district
(       gid serial NOT NULL,
        distr_code integer,
        distr_name_t character(50),
        distr_name_e character(50),
        CONSTRAINT gid_district_pkey PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE road_depot
(       gid serial NOT NULL,
        depot_code integer,
        depot_name_t character(50),
        depot_name_e character(50),
        CONSTRAINT gid_depot_pkey PRIMARY KEY (gid)
 );
CREATE TABLE road_province
 (      gid serial NOT NULL,
        prov_code integer,
        prov_nod integer,
        prov_mot integer,
        prov_name_t character(20),
        prov_name_e character(20),
        CONSTRAINT gid_province_pkey PRIMARY KEY (gid)
 );
CREATE TABLE road_region
(       gid serial NOT NULL,
        reg_code integer,
        reg_name_t character(30),
        reg_name_e character(30),
        CONSTRAINT gid_region_pkey PRIMARY KEY (gid)
);
```

(3) ข้อมูลบันทึกงานบำรุงทาง

- ทำการกำหนด Class Diagram ของข้อมูลงานบำรุงทาง



รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class Diagram ของข้อมูลงานบำรุงทาง

- ทำการจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูล Data Model ของกลุ่มข้อมูลงานบำรุงทาง ด้วยภาษา SQL

```
CREATE TABLE road_maintenance
(       gid serial NOT NULL,
        maint_id integer,
        m_km_start character(7),
        m_km_end character(7),
        direction character(5),
        later_seg_start integer,
        later_seg_end integer,
        m_code integer,
        m_length numeric(8,3),
        m_surface character(5),
        m_area character(5),
```

```
        m_cost integer,
        m_worker character(30),
        m_standard character(30),
        start_date date,
        end_date date,
        LRS_geom geometry,
        gps_start_geom geometry,
        gps_end_geom geometry
        CONSTRAINT gid_road_maintenance_pk PRIMARY KEY (gid)
);
CREATE TABLE link_maintenance
(       gid serial NOT NULL,
        maint_id integer,
        rd_sg_id character(20),
        CONSTRAINT gid_link_maintenance_pk PRIMARY KEY (gid)
 );
CREATE TABLE maintenance_desc
(       gid serial NOT NULL,
        m_code integer,
        m_name_t character(80),
        m_name_e character(80),
        CONSTRAINT gid_maintenance_desc_pk PRIMARY KEY (gid)
);
```

- ทำการพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการข้อมูลโดยใช้ วิธีการ Create Trigger ในการจัดการข้อมูลในตารางRoad_maintenance และ Link_maintenance ใช้เป็นเครื่องมือในการ ช่วยบันทึกและ ตรวจสอบข้อมูลงานบำรุงทางบนฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยจัดการข้อมูลต่อไป

```
CREATE TRIGGER _trigger_check_update_maintenance_edit_x
AFTER UPDATE ON Road_maintenance
```

```
FOR EACH ROW --ทำการประมวลผลข้อมูลทีละแถว
EXECUTE PROCEDURE _check_update_maintenance_edit_x();
```

ลักษณะการทำงาน คือ เมื่อมีการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของงานบำรุงทาง ทั้งในรูปแบบของ ระบบ Linear Referencing System หรือระบบระบุตำแหน่ง โดยใช้สัญญาณดาวเทียม GPS ในตาราง Road_maintenance แล้วให้ทำการสร้างข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทางนั้นๆลงในตาราง Road_maintenance ใน Column ที่กำหนดโดยใช้ ฟังก์ชั่น _check_update_maintenance_edit_x();

```
CREATE TRIGGER _trigger_check_update_maintenance_link_x
AFTER DELETE OR INSERT ON Link_maintenance
FOR EACH ROW --ทำการประมวลผลข้อมูลทีละแถว
EXECUTE PROCEDURE _check_update_maintenance_link_x();
```

```
CREATE TRIGGER _trigger_check_update_maintenance_link_x
AFTER DELETE ON Road_maintenance
FOR EACH ROW --ทำการประมวลผลข้อมูลทีละแถว
EXECUTE PROCEDURE _check_update_maintenance_link_x();
```

ลักษณะการทำงาน คือ เมื่อมีการบันทึก หรือลบ ข้อมูลลำดับงานบำรุงทางในตาราง Link_maintenance หรือตาราง Road_maintenance ให้ทำการบันทึกหรือลบข้อมูลเดียวกันนี้ในอีกตารางหนึ่งด้วย เพื่อช่วยในการตรวจสอบก ารบันทึกข้อมูลงานบำรุงทางเดียวกันจากทั้ง 2 ตารางที่มีความสัมพันธ์กัน โดยใช้ฟังก์ชั่น _check_update_maintenance_link();

- ทำการสร้างเครื่องมือ Trigger Function ให้ทำการประมวลผล ข้อมูลในตางรางที่กำหนด คือ Road_maintenance และ Link_maintenance

(1) ฟังก์ชั่น _check_update_maintenance_edit();

```
CREATE FUNCTION _check_update_maintenance_edit_x()
RETURNS trigger AS
$BODY$
DECLARE mid  int;
BEGIN
```

```
EXECUTE 'select maint_id from road_maintenance where LRS_geom is
null' into mid;
new.maint_id := mid;
IF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
        UPDATE road_maintenance SET LRS_geom = (select LRS_geom
        from _gen_update_maintenance_edit(new.maint_id))
        WHERE maint_id = new.maint_id;
END IF;
RETURN null;
END;
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

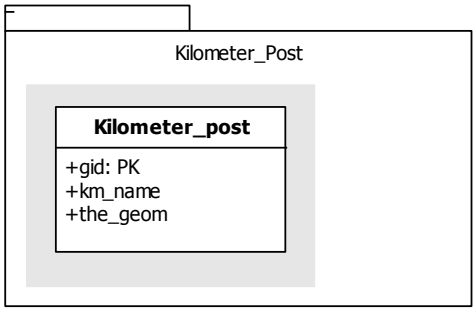
(2) ฟังก์ชั่น _check_update_maintenance_edit_x();

```
CREATE FUNCTION _check_update_maintenance_link_x()
RETURNS trigger AS
$BODY$
BEGIN
IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
    DELETE FROM road_maintenance WHERE maint_id = old.maint_id;
    DELETE FROM link_maintenance WHERE maint_id = old.maint_id;
    RETURN OLD;
ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
    IF (select maint_id from road_maintenance where maint_id =
        new.maint_id) is null THEN
        INSERT INTO road_maintenance(gid, maint_id)
        VALUES(new.gid, new.maint_id);
    END IF;
END IF;
RETURN NEW;
END;
```

```
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

(4) ข้อมูลหลักกิโลเมตร

- ทำการกำหนด Class Diagram ของข้อมูลหลักกิโลเมตร



รูปที่ 3.13 แสดง Class Diagram ของข้อมูลหลักกิโลเมตร

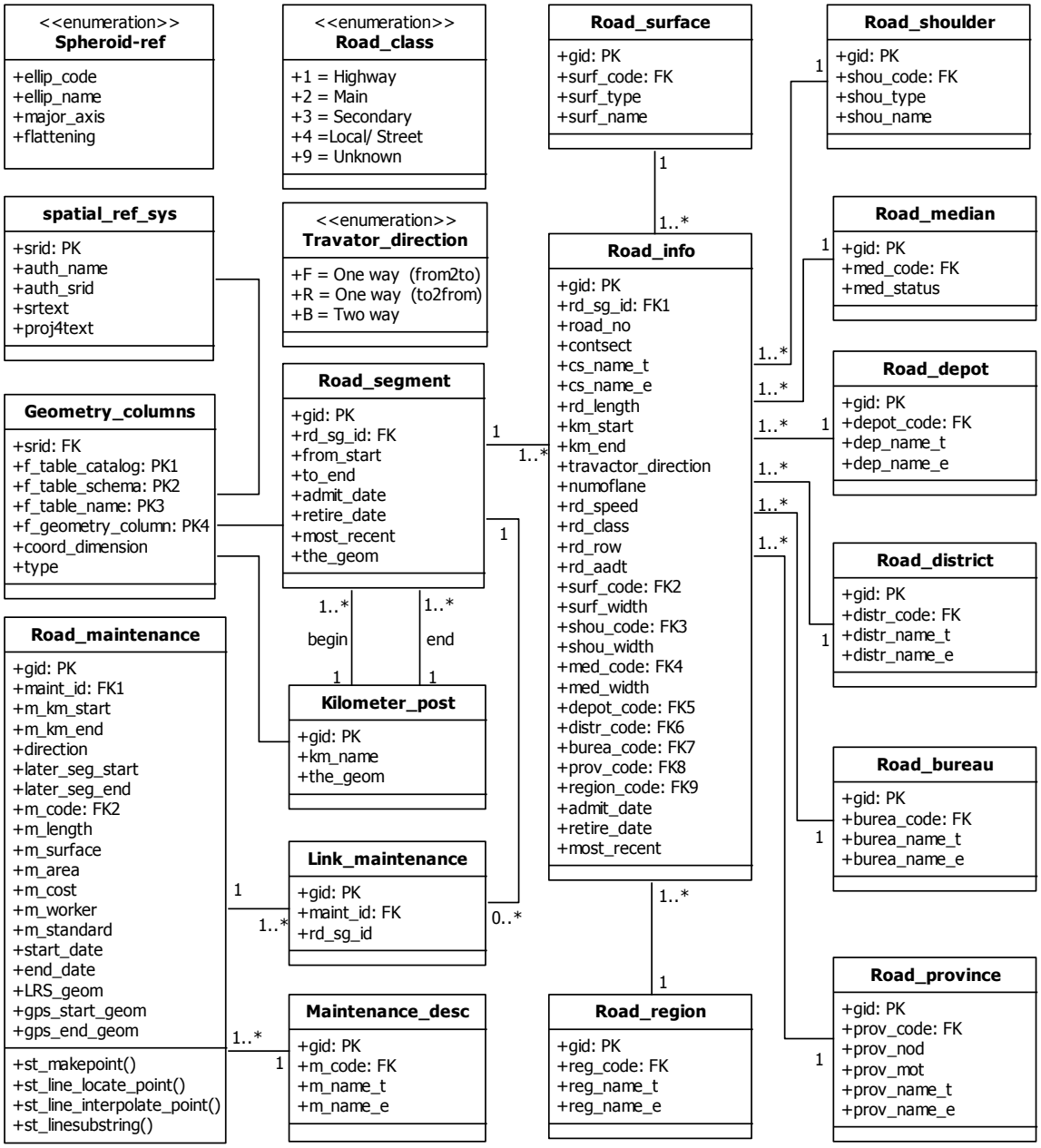
- ทำการจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูล Data Model ของข้อมูลหลักกิโลเมตร ด้วยภาษา SQL

```
CREATE TABLE km_post
(       gid serial NOT NULL,
        Km_name character(7),
        the_geom geometry,
        CONSTRAINT km_post_pkey PRIMARY KEY (gid)
);
```

- ทำการสร้างดัชนี โดยใช้การ Create Index ของข้อมูลหลักกิโลเมตร ด้วยภาษา SQL

```
CREATE INDEX km_post_idx ON km_post
USING gist (the_geom);
```

หลังจากที่มีก ารกำหนดโครงสร้างขอ งแต่ละ Class แล้ว ทำการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง Class โดยมี Rd_sg_id เป็นคีย์รองในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในแต่ละ Package และใช้ UML Class Diagram แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ของโครงสร้างฐานข้อมูล

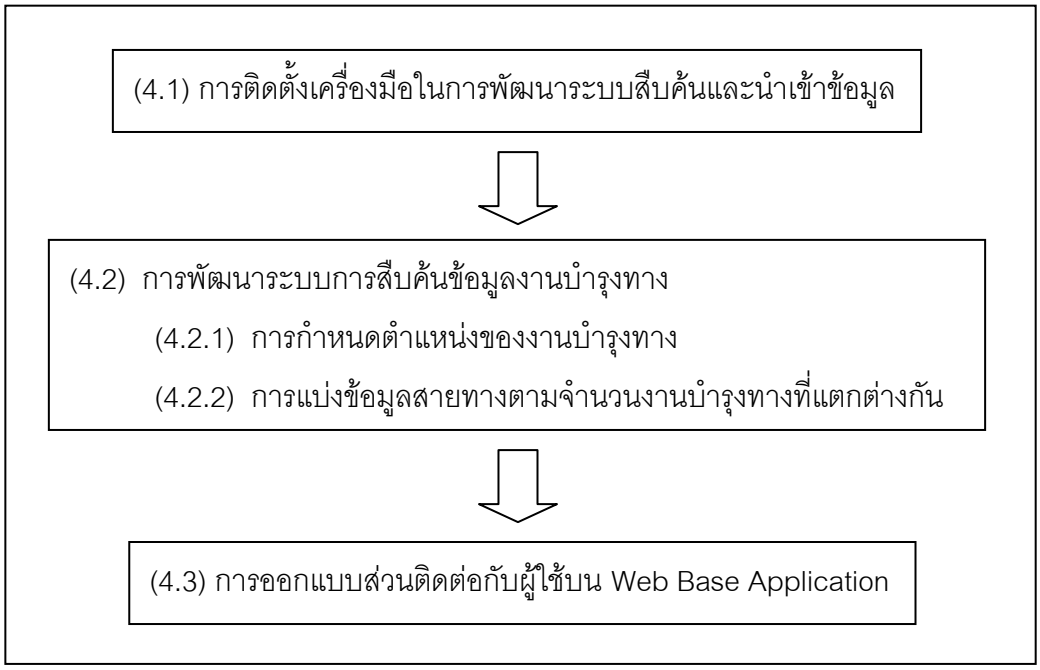


รูปที่ 3.14 แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้างฐานข้อมูลโดยใช้ UML Class Diagram

บทที่ 4

การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

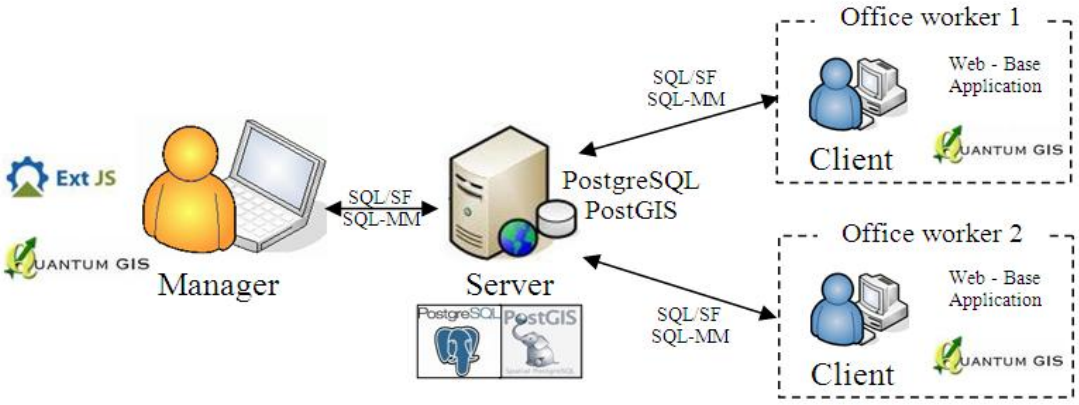
ในบทนี้กล่าวถึง ขั้นตอนในการพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางจากโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์ทางด้านงานบำรุงทางที่ได้ทำการออกแบบไว้ในบทที่ 3 ซึ่งในการพัฒนาระบบนั้นจะใช้ภาษา Procedure Language SQL ในการประมวลผล ผลลัพธ์ที่ได้จากฐานข้อมูล สามารถแสดงให้อยู่ในรูปแบบของตางราง และ ในรูปแบบของแผนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ความถูกต้องของผลการสืบค้นข้อมูล และ รูปแบบข้อมูลที่ได้จาก การสืบค้นบนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL ที่มีการใช้งานผ่านโปรโตคอล บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การอ่าน การเขียน การปรับปรุง การสืบคืนจะเป็นในลักษณะของ Transaction ทำให้การจัดเก็บและบริหารฐานข้อมูลขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีขั้นตอนในการพัฒนา 3 ขั้นตอน



รูปที่ 4.1 แสดงผังงานขั้นตอนการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

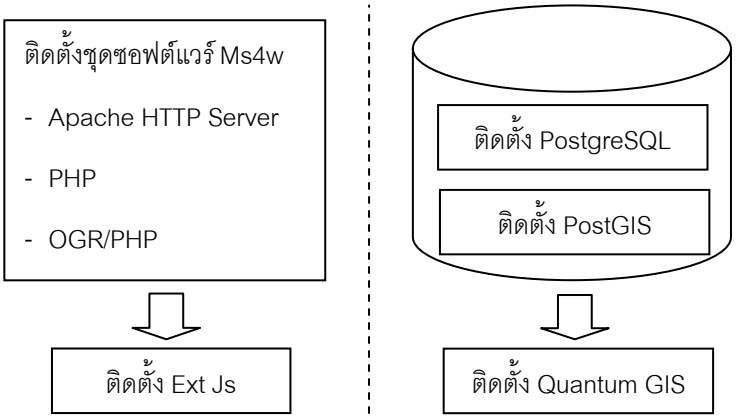
4.1 การติดตั้งเครื่องมือในการพัฒนาระบบสืบค้นและการนำเข้าข้อมูล

จากการศึกษาระบบการทำงานของหน่วยงานบำรุงทาง ซึ่งในการพัฒนาระบบนั้นมีการออกแบบการจัดการฐานข้อมูล กลาง มีการควบคุมการทำงานผ่า นระบบเครือข่าย เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลในการจัดทำแผนที่ สอบถามและบำรุงรักษาข้อมูลงานบำรุงทางของแต่ละหน่วยงานบำรุงทาง โดยมีรูปแบบระบบการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยงานบำรุงทางแบบ Client-Server มีศูนย์กลางฐานข้อมูลอยู่ที่เซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่ให้บริการและตร วจสอบข้อมูลแก่ Client อื่นๆ เป็นการแยกการทำงานของ Font-end และ Back-end ออกจากกันโดยผู้ใช้หรือ Back-end สามารถที่จะทำงานกับฐานข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องทำงานอยู่ที่เครื่องที่ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูลอยู่นั้น โดยทั่วไประบบการจัดการฐานข้อมูลจะมีการควบคุมการทำงาน ของผู้ใช้พร้อมๆกันได้โดยระบบการควบคุมการเ ข้าถึงข้อมูลในระบบฐานข้อมูลผ่าน กระบวนการ Transaction นอกจากนี้ฐานข้อมูล PostgreSQL ยังมีเครื่องมือที่ช่วยในการ จัดการข้อมูลและการใช้ระบบ Synchronize โดยใช้ฟังก์ชั่น Slony-I ช่วยในการบริหารจัดการข้อมูลระหว่างฐานข้อมูล



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการทำงานของระบบ Client server

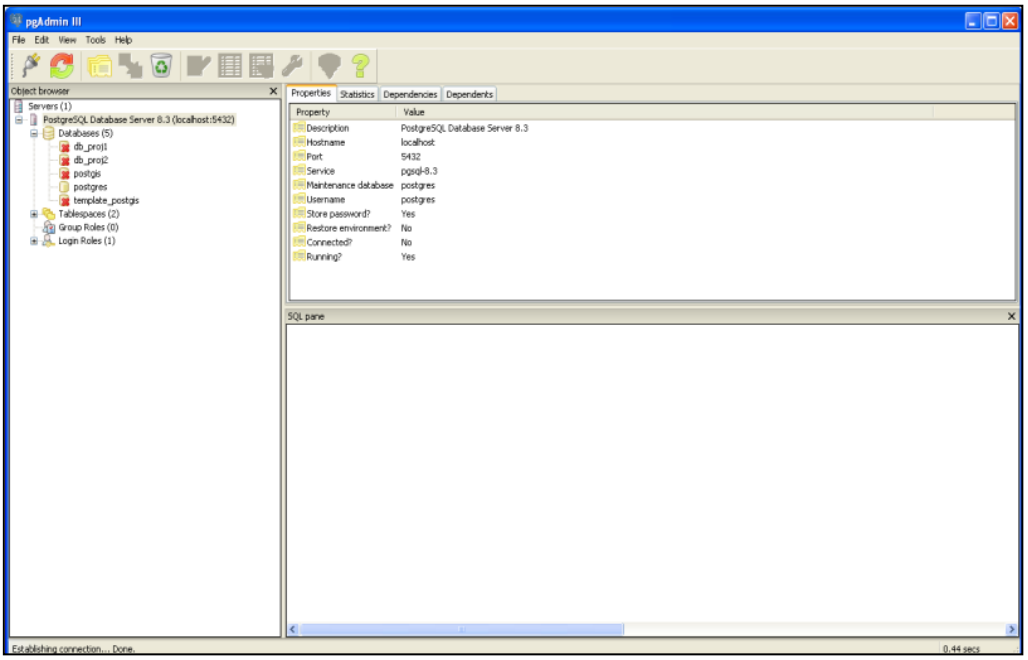
ดังนั้นระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงจึงใช้แนวคิดดังกล่าวและลักษณะการเชื่อมต่อข้อมูลปริภูมิผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ Client Server เป็นตัวกำหนด ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ฟรีและรหัสเปิดในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูล โดยมีขั้นตอนการติดตั้งซอฟต์แวร์ ดังนี้



รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการติดตั้งซอฟต์แวร์

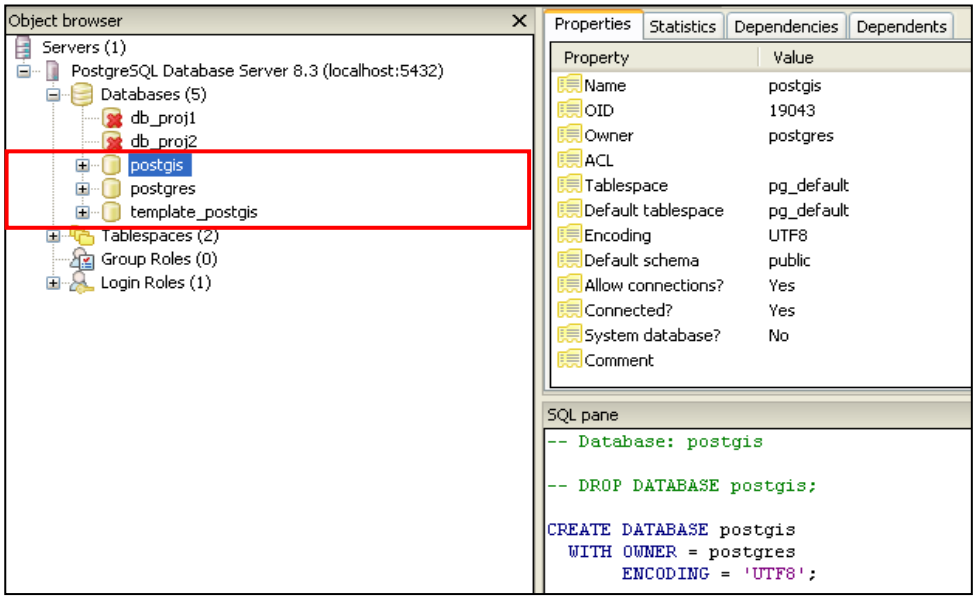
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลของงานวิจัยมีดังนี้ คือ

1. ติดตั้ง PostgreSQL Version 8.3.3-1 สำหรับ Windows เป็นซอฟต์แวร์ระบบ การจัดการฐานข้อมูล สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.postgresql.org จากนั้นทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์โดยเรียกใช้ ผ่าน PgAdmin 1.8.4



รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ PostgreSQL ผ่าน PgAdmin

2. ติดตั้ง PostGIS Version 1.3.3 ที่สนับสนุน PostgreSQL Version 8.3.3-1 เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลปริภูมิสามารถและทำการทดสอบการติดตั้ง ได้ โดยจะมีฐานข้อมูลเพิ่มขึ้น คือ Template_postgis ดาวน์โหลดไฟล์ได้ที่ http://postgis.refractions.net/



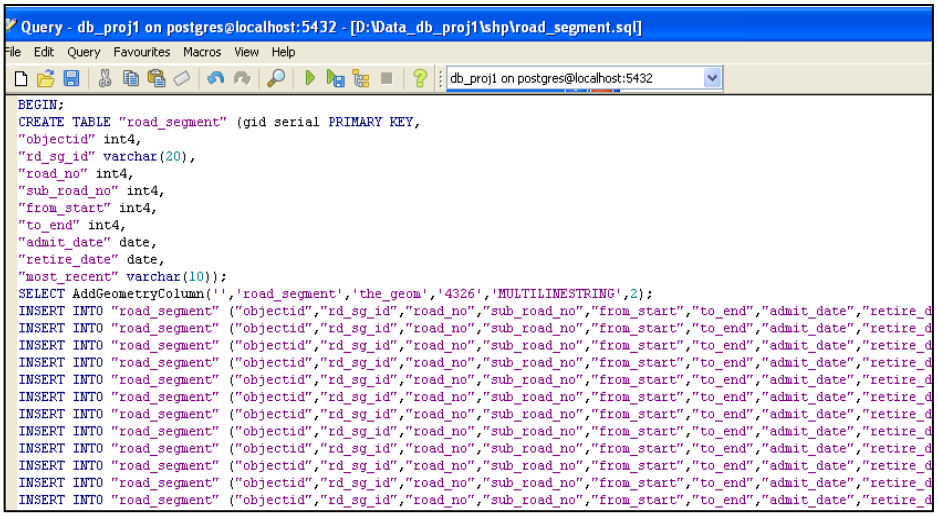
รูปที่ 4.5 แสดงการทดสอบการติดตั้ง PostGIS

หลังจากทำการติดตั้ง PostGIS แล้วทดสอบการนำเข้าข้อมูลเวกเตอร์ในรูปแบบของ Shape fileเรียกใช้ผ่าน Command Prompt ที่อยู่ใน PostgreSQL โดยใช้คำสั่ง Shp2pgsql เป็นการเปลี่ยนรูปแบบของไฟล์จาก Shapfile เป็น SQL Format แล้วทำการ upload file SQL ใน Execute arbitrary SQL query เพื่อจัดเก็บข้อมูลบริภูมิลงสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL

<u>รูปแบบการใช้งานฟังก์ชั่น Shp2pgsql</u>

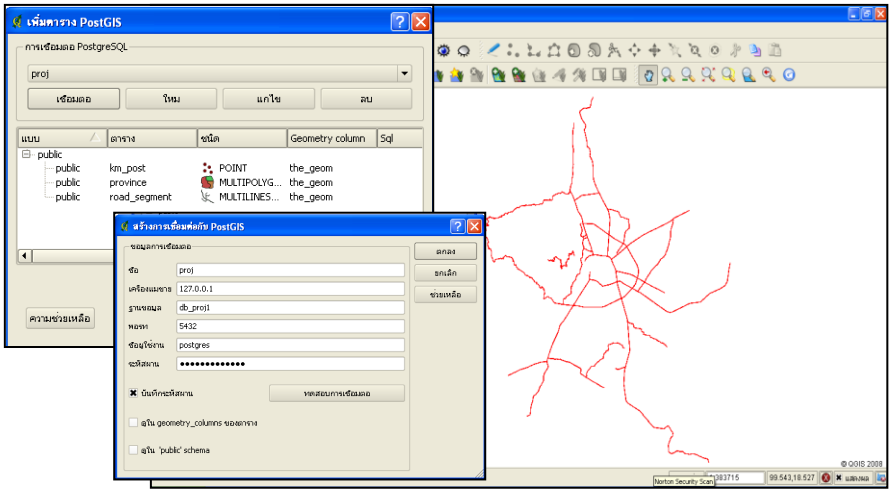
C:\Program Files\PostgreSQL\8.3\bin>shp2pgsql -s [ระบบพิกัด SRID] –i c:\[shapefile name] [Table name] > c:\ [sql name]

<u>รูปแบบการของไฟล์ SQL ที่ได้จาก Shp2pgsql</u>



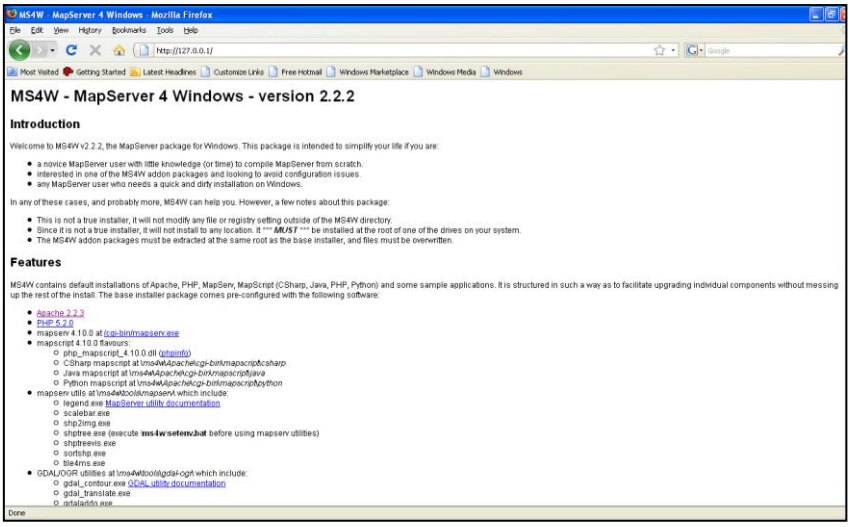
รูปที่ 4.6 แสดงการทดสอบการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL

ทดสอบการแสดงผลข้อมูลปริภูมิในรูปแบบของแผนที่ โดยใช้ ซอฟต์แวร์ Quantum GIS Version 1.0.0 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ Desktop GIS โดยผู้ใช้สามารถทำการเชื่อมต่อระหว่าง Quantum GIS กับ PostgreSQL ซึ่งสามารถดาวน์โหลดไฟล์สำหรับติดตั้งได้ที่ http://www.qgis.org/



รูปที่ 4.7 แสดงทดสอบการแสดงผลข้อมูลปริภูมิในรูปแบบของแผนที่

3. ติดตั้ง Map Server 4 Windows Version 2.2.2 เป็น package software ที่มี Apache Web server สามารถจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องแม่ข่าย ช่วยในการพัฒนา Web Base Application โดยนำ Folder ms4w มาวางไว้ที่ Web Root Directory ที่ต้องการ เช่น Directory C:\ms4w แล้วทำการ Double Click ที่ apache-install.bat เพื่อทำการติดตั้ง จากนั้นทำการทดสอบการติดตั้งโดยเปิด Web Browser แล้วพิมพ์ URL: http://localhost/ หรือ URL: http://127.0.0.1/ สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.maptools.org/ms4w/



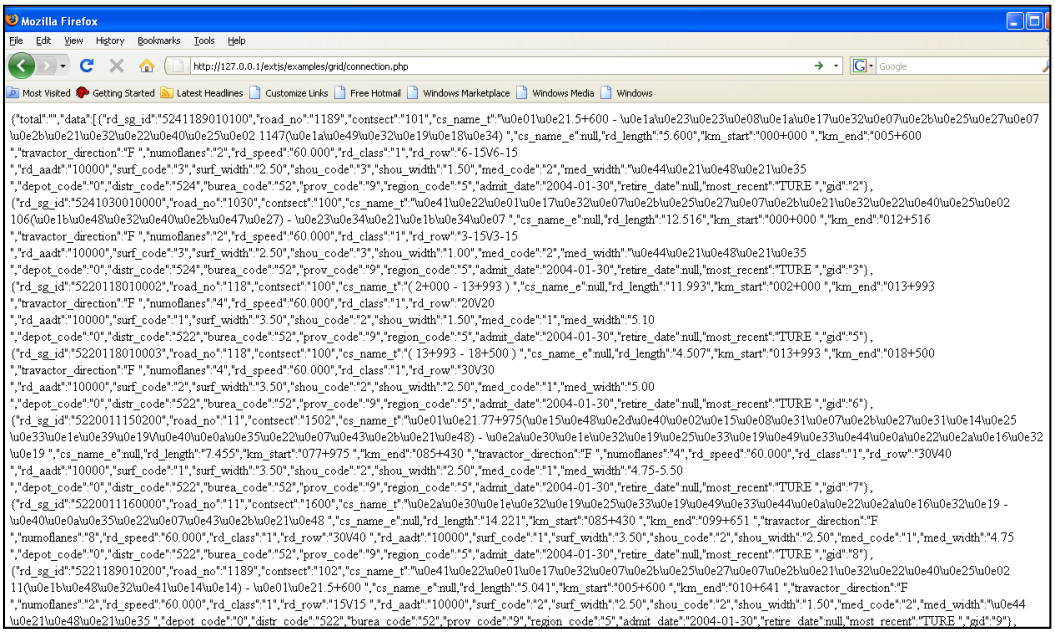
รูปที่ 4.8 แสดงการทดสอบการติดตั้ง Ms4w

4. ติดตั้ง Ext Js Version 2.2.0 เป็น java script framework ที่ใช้ในการพัฒนา Web Base Application สามารถดาวน์โหลดไฟล์สำหรับติดตั้งได้ ที่ http://www.extjs.com นำ Folder ExtJs มาวางไว้ที่ Directory C:\ms4w\apps\ โดยสร้างไฟล์ httpd_extjs.conf ใน Directory C:\ms4w\httpd.d\ เพื่อใช้ในการกำหนด ช่องทาง Web Root Directory ตัวอย่าง Directory C:\ms4w\httpd.d\httpd_extjs.conf

```
Alias /extjs/ "/ms4w/apps/extjs/"
        <Directory "/ms4w/apps/extjs/">
                AllowOverride None
                Options Indexes FollowSymLinks Multiviews
                Order allow,deny
                Allow from all
        </Directory>
```

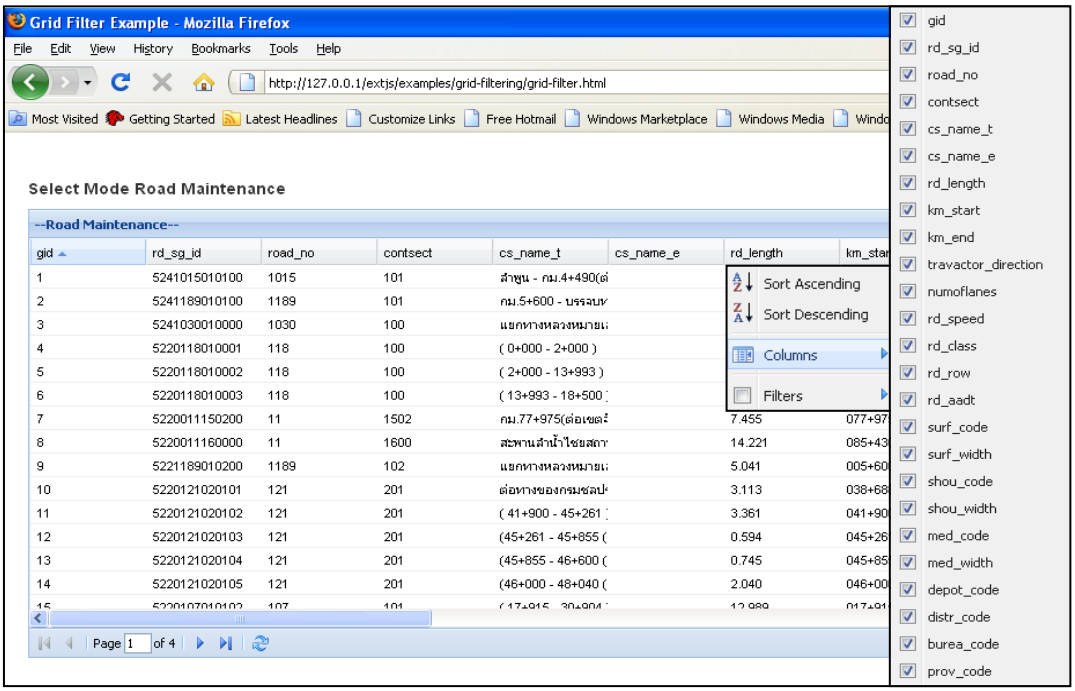
รูปที่ 4.9 แสดงการกำหนด Web Root Directory

ทำการทดสอบการทำงานของ Ext Js เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง Web Application กับ PostgreSQL โดยใช้ภาษา PHP และสืบค้นข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL จัดรูปแบบผลการสืบค้นข้อมูลแบบ JsonStore เป็นรูปแบบการเตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้งานบน Ext Js ทำการเปิด Browser แล้วพิมพ์ URL: http://127.0.0.1/extjs/examples/grid /connection.php



รูปที่ 4.10 แสดงผลการสืบค้นข้อมูลโดยใช้ภาษา PHP

ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ JsonStore นั้นสามารถนำมาใช้แสดงผลบน Ext JS ได้โดยใช้ฟังก์ชั่น Ext.data.JsonStore ที่เขียนโดยใช้ Java script



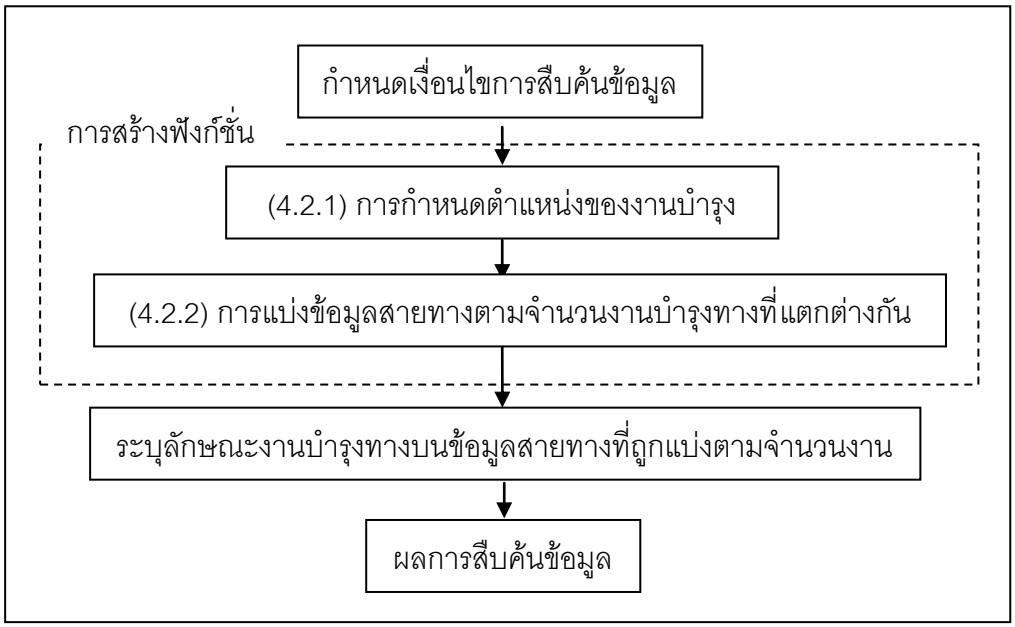
รูปที่ 4.11 แสดงการทดสอบการนำข้อมูลงานบำรุงทางมาแสดงผลบน Ext Js

4.2 การพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

ในการพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางนั้น จะใช้แนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญในการออกแบบ คือ แนวคิดท างด้านการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง โดยใช้ภาษา PL/SQL ในการสร้างฟังก์ชั่นเพื่อประมวลผลข้อมูลปริภูมิบนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL 8.3 ตามมาตรฐาน OGC Simple Feature และมาตรฐาน SQL/MM เพื่อใช้บริหารจัดการข้อมูลปริภูมิ ในการอธิบายโครงสร้างคำสั่ง SQL ในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง แบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการ ตามวัตถุประสงค์ในการทำงาน คือ

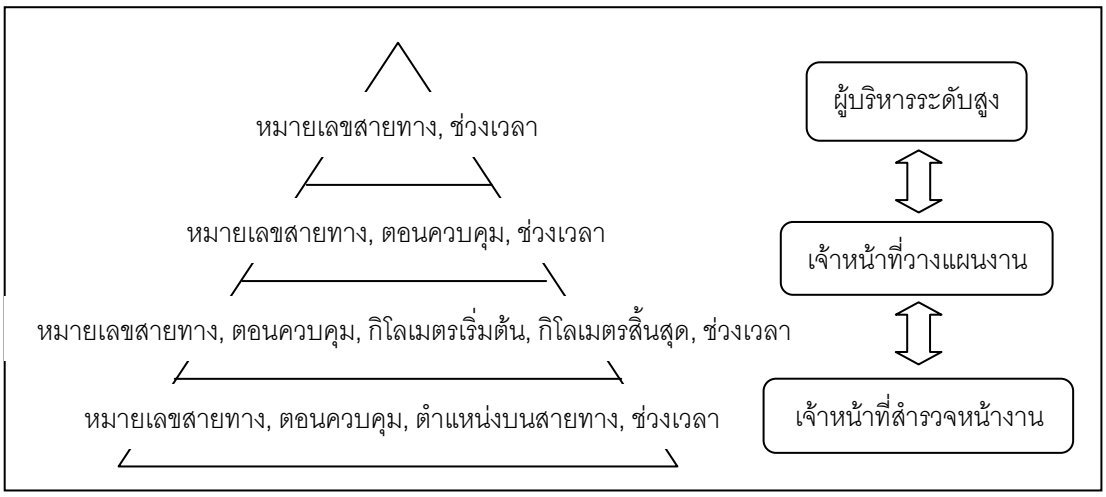
(1) การกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง

(2) การแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.12 แสดงผังงานขั้นตอนการสร้างฟังก์ชั่นในการประมวลผล

ในการกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง โดยสามารถตอบคำถามและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานบำรุงทางได้อย่างถูกต้องและสะดวกรวดเร็ว ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถเข้าใจได้โดยง่ายในบุคคลทุกระดับขององค์กรและเพียงพอต่อการประมว ลผลข้อมูลปริภูมิงานบำรุงทาง ได้แก่ หมายเลขสายทาง, หมายเลขตอนควบคุม, กิโลเมตรเริ่มต้น, กิโลเมตรสิ้นสุด, ช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของงานบำรุงทาง ดังนั้นในการพัฒนาระบบการสืบค้นข้อมูลนี้จึงใช้รูปแบบเงื่อนไขดังกล่าวในการประมวลผลข้อมูลงานบำรุงทาง



รูปที่ 4.13 แสดงแนวคิดการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

4.2.1 การกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง

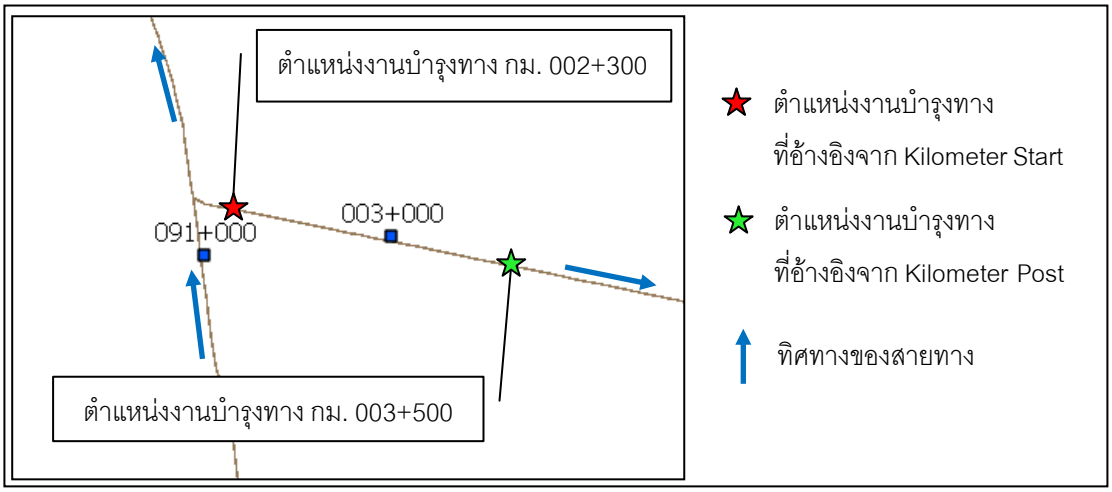
จากการวิเคราะห์และศึกษารูปแบบการจัดเก็บและการประมวลผลข้อมูล เชิงตำแหน่งงานบำรุงทางนั้น สามารถกำหนดรูปแบบการกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทางได้ 2 รูปแบบ

(1) การกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางโดยใช้ระบบ Linear Referencing System

- ใช้ข้อมูลจาก Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิง
- ใช้ข้อมูลจาก Kilometer Post เป็นจุดอ้างอิง

(2) การกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางโดยใช้เครื่องมือ GPS

ในการพัฒนาระบบการกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางโดยใช้ ระบบ Linear Referencing System สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ จุดอ้างอิง บนสายทาง ซึ่งในการพัฒนาระบบ นั้นมีการใช้จุดอ้างอิงอยู่ 2 แบบ โดยจะพิจารณารูปแบบที่ใช้ Kilometer Post เป็นจุดอ้างอิงเป็นอันดับแรก แต่ถ้าพื้นที่บริเวณนั้นไม่มี Kilometer Post ให้ใช้เป็นจุดอ้างอิง ระบบจะใช้ Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิงแทน



รูปที่ 4.14 แสดงการกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางบนสายทาง

ในกรณีที่ใช้ Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิง ความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (The quality of the data in the LRS) สามารถคำนวณได้จาก การหาค่าความแตกต่าง ระหว่างค่าความยาว ส่วนของสายทางที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ฟังก์ชั่น ST_length_spheroid(geometry, spheroid) ภายในระบบฐานข้อมูล PostgreSQL หรือใช้ซอฟต์แวร์ทางด้านระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ (Length $_{GIS}$) ในการคำนวณยาวของ Feature กับค่าความยาวส่วนของสายทางที่ได้จากการคำนวณในระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (Length $_{LRS}$) คือ ระยะห่างระหว่างกิโลเมตรเริ่มต้นถึงกิโลเมตรสิ้นสุดของส่วนของสายทาง

<u>สมการ</u>

Difference (D) = Length $_{GIS}$ – Length $_{LRS}$

<u>คำอธิบาย</u>

Difference (D) = the quality of the data in the LRS

(+)D: Length $_{GIS}$ longer than Length $_{LRS}$

(-)D: Length $_{GIS}$ shorter than Length $_{LRS}$

Length $_{GIS}$ = Calculated Feature Geometry in the GIS

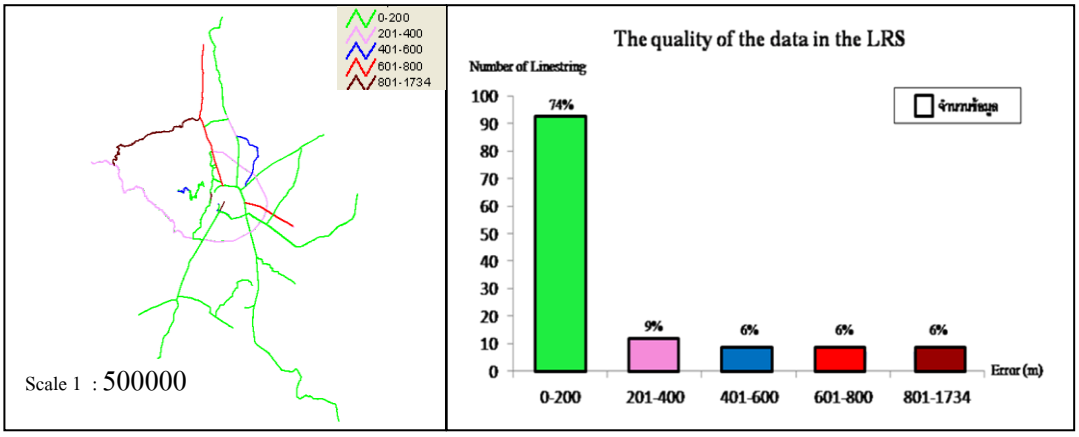
Length $_{LRS}$ = Calculated from difference of Kilometer End and Kilometer Start

GID	RD_SG_ID	FROM_START	TO_END	ADMIT_DATE	RETIRE_DATE	LENGTH_GIS	LENGTH_LRS	DIFFERENCE
1	5241015010104	0	4490	2004-01-01	2007-01-01	4472.723	4490.000	17.277
2	5241189010102	0	5600	2004-01-01	2007-01-01	5611.603	5600.000	11.603
3	5241030010002	0	12516	2004-01-01	2007-01-01	12470.232	12516.000	45.768
5	5220118010007	2000	13993	2004-01-01	2007-01-01	11994.069	11993.000	1.069
47	5241015010105	0	4490	2007-01-01		4472.722	4490.000	17.278
48	5241189010103	0	5600	2007-01-01		5611.602	5600.000	11.602
49	5241030010003	0	12516	2007-01-01		12470.231	12516.000	45.769
50	5220118010005	2000	13993	2007-01-01		11994.066	11993.000	1.066
4	5220118010002	0	2000	2004-01-01	2007-01-01	2012.863	2000.000	12.863
52	5220118010003	0	2000	2007-01-01		2012.862	2000.000	12.862
161	5221260010001	0	5250	2003-01-01	2004-01-01	5318.045	5250.000	68.045
162	5221269010004	0	36650	2003-01-01	2004-01-01	36724.376	36650.000	74.376
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

รูปที่ 4.15 แสดงการคำนวณค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระบบ LRS

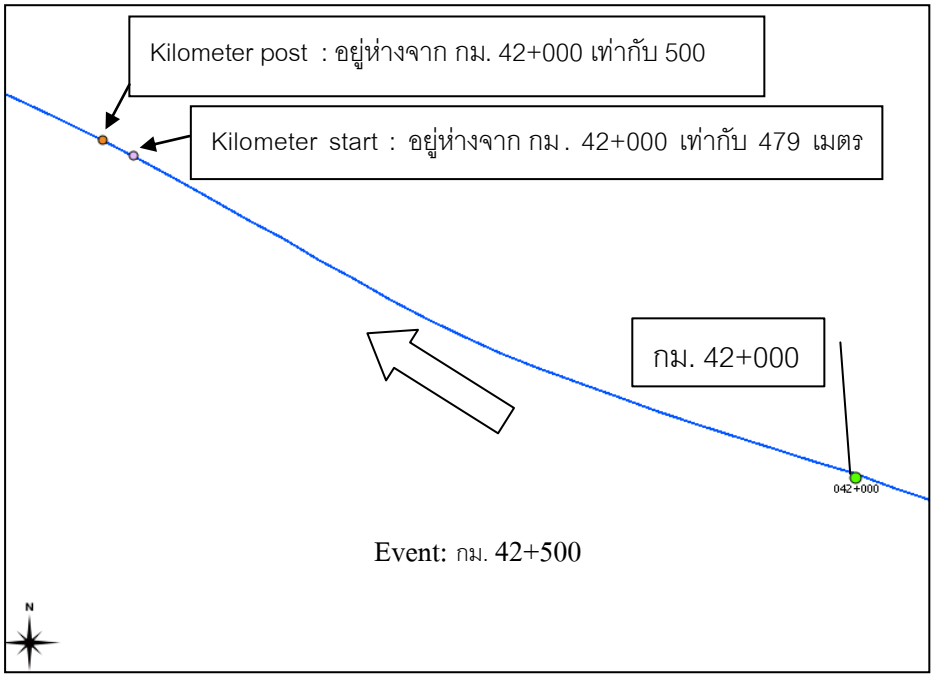
จากการวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างของความยาวของ Length $_{GIS}$ กับ Length $_{LRS}$ พบว่ามีค่า (+)D เท่ากับ 50 segment คิดเป็นร้อยละ 41 และ (-)D เท่ากับ 73 segment คิดเป็นร้อยละ 59 และค่าความแตกต่าง (Difference) แสดงถึงค่าความแตกต่างของความยาวที่ได้จากการวัดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) กับระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (LRS) ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างอยู่ในช่วง 0-200 เมตร คิดเป็นร้อยละ 74 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องมีการปรับแก้ก่อนการประมวลผลข้อมูลในระบบ LRS เพื่อให้การกำหนดตำแหน่ง

บนสายทางมีความถูกต้อง โดยฟังก์ชั่น Linear Referencing System มีการกำหนดตำแหน่งบนสายทางในรูปของสัดส่วน Ratio(R) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งบนสายทาง (Location is within [0,1]) คือ ค่าสัดส่วนที่เป็นตัวแทนตำแหน่งของเหตุการณ์ บนสายทางจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 เพื่อระบุว่าตำแหน่งของเหตุการณ์นั้นๆ อยู่บนสายทางที่กำหนด

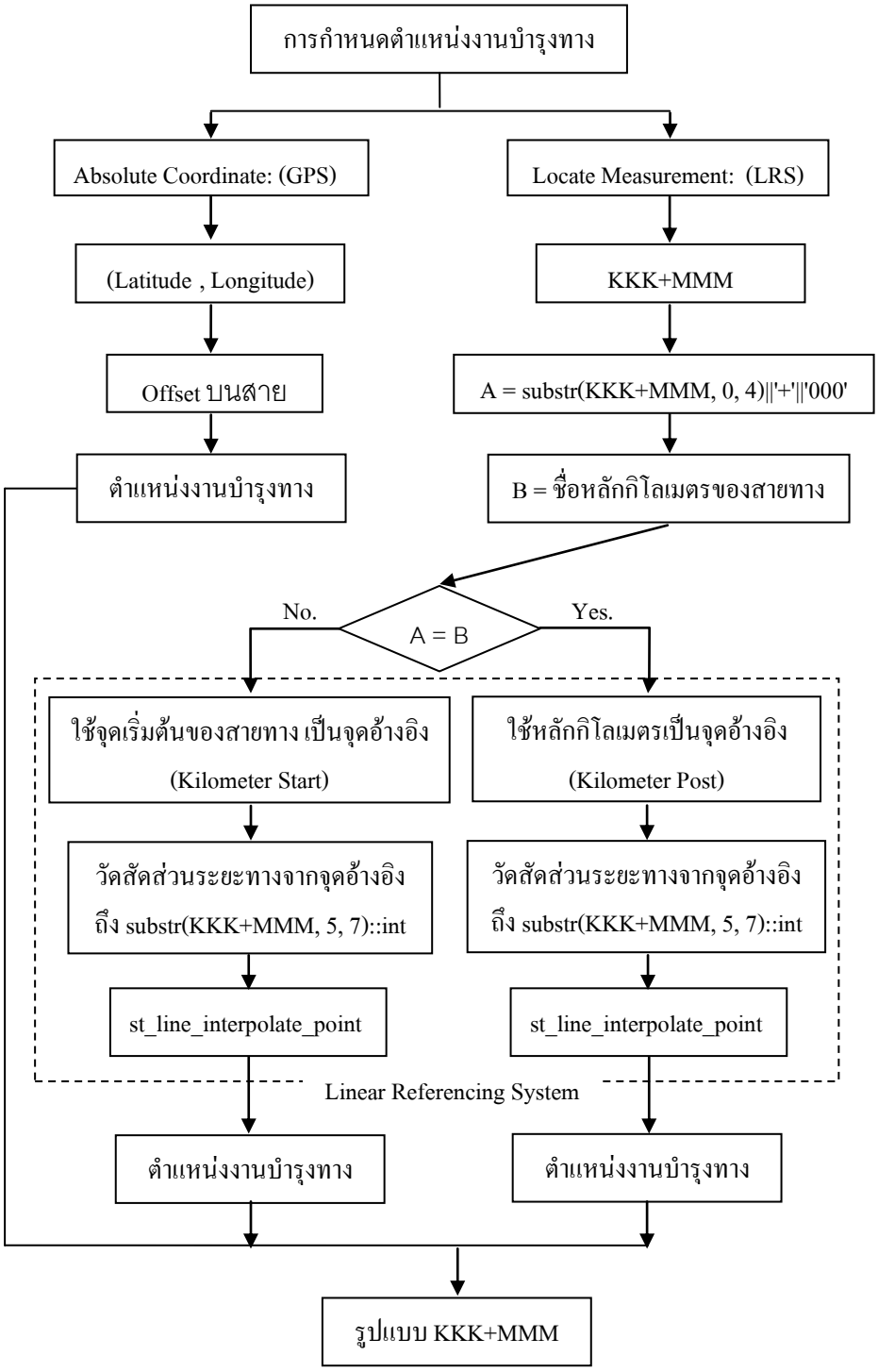


รูปที่ 4.16 แสดงความแตกต่างของความยาวของ Length $_{GIS}$ กับ Length $_{LRS}$

ในกรณีที่ใช้ Kilometer Post เป็นจุดอ้างอิง ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ในระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง (The quality of the data in the LRS) ขึ้นอยู่ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหลักกิโลเมตร ที่ได้จากเครื่องมือ ระบุตำแหน่งโดยใช้ สัญญาณดาวเทียม GPS มีค่าความถูกต้องประมาณ 15 เมตร การบันทึกและจัดเก็บข้อมูลของเจ้าหน้าที่ที่หน้างานส่วนใหญ่ใช้หลักกิโลเมตรเป็นจุดอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง แต่การประมวลผลข้อมูลตำแหน่งงานบำรุงทางที่ได้จากการสำรวจหน้างานบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถใช้ได้ทั้งกิโลเมตรเริ่มต้นจากข้อมูล บัญชีสายทาง หรือใช้ ข้อมูลหลักกิโลเมตร เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งในบางครั้งอาจให้ผลลัพธ์ที่ต่างกัน



รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งโดยใช้ Kilometer Post กับ Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิง



รูปที่ 4.18 แสดงอัลกอริธึมการหาจุดอ้างอิงของงานบำรุงทาง

ตัวอย่างในการคำนวณ

เงื่อนไขการคำนวณ : กำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางที่ กม.42+500 บนสายทาง 5240011140101 ที่มีความยาวตั้งแต่ กม.39+894 ถึง กม.55+750

รูปแบบที่ 1 การกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางโดยใช้ข้อมูลจาก Kilometer Start เป็นจุดอ้างอิง

```
SELECT ST_line_interpolate_point(road_segment.the_geom,(42,500 - 39,894)
        /ST_length_spheroid(road_segment.the_geom , 'SPHEROID ("WGS 1984",
        6378173, 298.257223563)'))
FROM   (Select  ST_linemerge(geomunion(the_geom)) as the_geom
        From road_segment Where  rd_sg_id = 5240011140101) as foo;
RETURN Geometry
```

รูปแบบที่ 2 การกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางโดยใช้ข้อมูลจาก Kilometer Post เป็นจุดอ้างอิง

```
SELECT  ST_line_interpolate_point( St_line_substring(road_segment.the_geom,
         ST_line_locate_point (road_segment.the_geom, km_start.the_geom),1),(500)
         /ST_length_spheroid(St_line_substring
        (road_segment.the_geom, ST_line_locate_point(road_segment.the_geom,
         km_start.the_geom), 1), 'SPHEROID ("WGS 1984", 6378173, 298.257223563)'))
FROM   (select the_geom from road_segment where rd_sg_id = 5240011140101),
       (select the_geom from km_post where km_name = '42+000') as km_start
RETURN Geometry
```

ดังนั้นจากการศึกษาข้อมูลมีความเป็นไปได้ที่ตำแหน่งของงานบำรุงทางจะมีตำแหน่งที่ต่างกันเพราะจุดอ้างอิงที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งบนสายทางต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 (Major Axis: 6378173, Flattening: 298.257223563) ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางนั้น ขึ้นอยู่กับความแตกต่างเชิงตำแหน่งของจุดอ้างอิงทั้ง 2 แบบ

วิธีการออกแบบฟังก์ชั่นการกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง

(1) ผู้ใช้ระบุเงื่อนไขในการกำหนดตำแหน่ง คือ

ST_highway_locate_event (หมายเลขของสายทาง::character varying, ตอนควบคุม:: character varying, กิโลเมตรเริ่มต้น:: character varying, กิโลเมตรสิ้นสุด:: character varying, วันที่เริ่มต้น::date, วันที่สิ้นสุด::date)

(2) การสืบค้นข้อมูลหลักกิโลเมตรที่จะนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงจากเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด

ตัวอย่างเช่น ต้องการกำหนดตำแหน่งที่ กม.075+500 จุดอ้างอิงที่ต้องการ คือ กม. 075+000 ซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งจุดบนสายทางที่ต่างกันหรือ อบนสายทางเดียวกัน ซึ่งในกรณีข้อมูลหลักกิโลเมตรซ้ำซ้อนบนสายทางเดียวกัน จะต้องมีการตรวจสอบและปรับแก้ข้อมูลให้ถูกต้องก่อนการจัดเก็บและประมวลผลบนระบบการจัดการฐานข้อมูล ดังนั้นในการสืบค้นข้อมูลหลักกิโลเมตรบนสายทางที่ต้องการ เพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของงาน บำรุงทางสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การระบุหมายเลขสายทางและตอนควบคุมลงในตารางหลักกิโลเมตรแต่งานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้การสืบค้นข้อมูลโดยใช้ข้อมูลเชิงตำแหน่งในการประมวลผล ซึ่งวิธีการนี้เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลสายทางกับหลักกิโลเมตร คือ

(2.1) ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลสายทางกับหลักกิโลเมตร

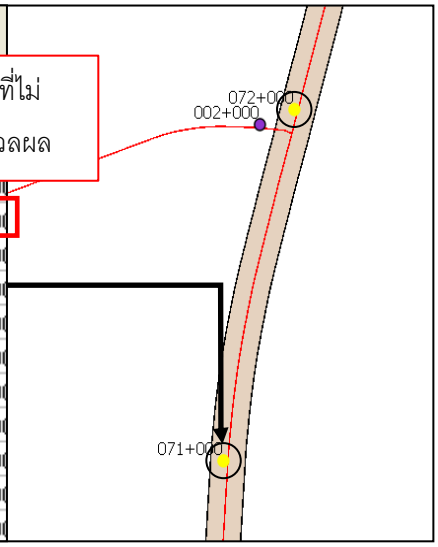
โดยทั่วไปตำแหน่งของหลักกิโลเมตรมักอยู่ใกล้เคียงกับสายทาง เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นตัว อ้างอิง ตำแหน่ง งานบำรุงทาง ดังนั้น การสืบค้นตำแหน่งของหลักกิโลเมตรที่ต้องการจึงสามารถใช้รูปแบบความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งนี้ในการสืบค้นข้อมูล ประสิทธิภาพในการทำงานโดยใช้วิธีการดังกล่าวขึ้นอยู่กับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ในการจัดเก็บข้อมูลซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลสายทางมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งประมาณ 30 เมตรและข้อมูลหลักกิโลเมตรมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งประมาณ 15 เมตร ดังนั้นการวิเคราะห์หาหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้เคียงกับสายทางที่กำหนดในระยะห่างประมาณ 30 เมตร โดยใช้กระบวนการ Spatial Relational Operation เช่น การใช้ ฟังก์ชั่น ST_Dwithin, ST_Touch, ST_Contains, SI_Intersects เป็นต้น ซึ่งสามารถทำการประมวลผลข้อมูลได้โดยใช้ภาษา SQL

```
SELECT pt.km_name,((ST_line_locate_point(lm.l_geom, pt.the_geom))*(ST_length
        (lm.l_geom)))::integer as diff_distance, pt.the_geom
FROM  (select km_name, ST_transform(the_geom, 32647) as the_geom from
        km_post) as pt,
        (select ST_transform(ST_linemerge(geomunion(road_segment.the_geom)),
        32647) as l_geom
        from road_segment
        where substring(road_segment.rd_sg_id, 4,4)::int = 11 and
        substring(road_segment.rd_sg_id, 8,4)::int = 1501 and  admit_date <=
        '2004-12-31' and (not(retire_date < '2004-12-31') or retire_date is null) ) as lm
WHERE ST_dwithin(pt.the_geom, lm.l_geom, 30) order by diff_distance
```

รูปที่ 4.19 แสดงวิธีการเลือกหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้กับสายทางที่กำหนดโดยใช้ภาษา SQL

ผลลัพธ์ที่ได้คือ หลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้เคียงกับสายทางที่กำหนดในระยะห่างประมาณ 30 เมตร ตามความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่ใช้ ซึ่งอาจจะมีหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้เคียงกับสายทางที่กำหนด แต่ไม่ใช่หลักกิโลเมตรที่ใช้เป็นตัวบอกตำแหน่งบนสายทางนั้น เช่น หลักกิโลเมตรที่ตั้งอยู่บริเวณทางแยกของสายทาง ดังนั้นจึงต้องมีการคัดกรองข้อมูลดังกล่าวออกไป โดยอาศัยการหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลหลักกิโลเมตรกับหลักกิโลเมตร

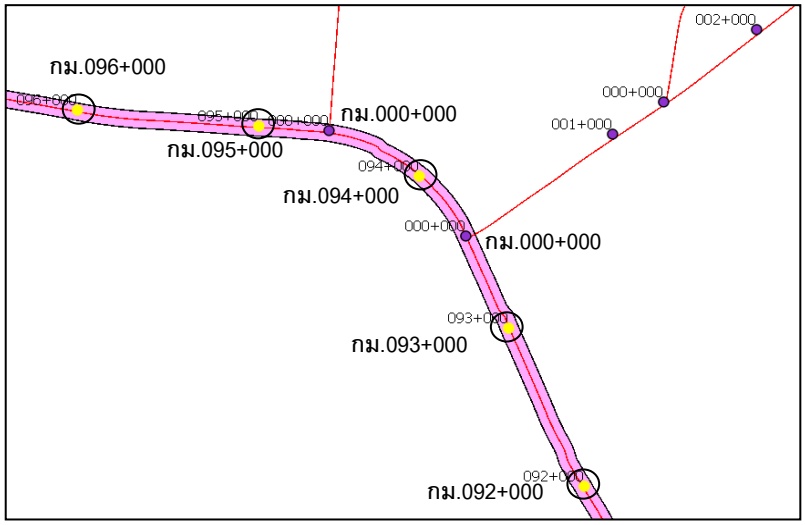
	km_name character var	diff_distance integer	the_geom geometry
1	066+000	961	0
2	067+000	1969	0
3	068+000	2971	0
4	069+000	3974	0101000020877F000(
5	001+000	4188	0101000020877F000(
6	070+000	4968	0101000020877F000(
7	071+000	5976	0101000020877F000(
8	072+000	6970	0101000020877F000(
9	073+000	7977	0101000020877F000(
10	074+000	8976	0101000020877F000(
11	075+000	9976	0101000020877F000(
12	076+000	10965	0101000020877F000(
13	077+000	11964	0101000020877F000(
14	078+000	12969	0101000020877F000(



รูปที่ 4.20 แสดงผลการเลือกหลักกิโลเมตรที่อยู่ใกล้กับสายทางที่กำหนด

(2.2) ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลหลักกิโลเมตรกับหลักกิโลเมตร

โดยทั่วไปตำแหน่งของหลักกิโลเมตรมักอยู่ห่างกั นโดยประมาณ 1 กิโลเมตร เมื่อทำการวัดระยะห่างระหว่างหลักกิโลเมตรบนสายทาง ดังนั้นถ้าคำนวณระยะห่างระหว่างหลักกิโลเมตรบนสายทางมีค่าเท่ากับ 1 กิโลเมตร จึงมีความเป็นไปได้ว่าเป็นหลักกิโลเมตรนั้นสามารถใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งบนสายทางที่กำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนโดยปร ะมาณ ±30 เมตรตามความถูกต้องเชิงตำแหน่งข้อมูลหลักกิโลเมตรและข้อมูลสายทาง



รูปที่ 4.21 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งของหลักกิโลเมตร

(3) การกำหนดตำแหน่งเหตุการณ์บนสายทางที่กำหนดจากจุดอ้างอิงของสายทาง

โดยใช้กระบวนการทางด้าน Linear Referencing System ซึ่งพัฒนาโดยใช้ภาษา PL/SQL ในการสร้างฟังก์ชั่น CREATE OR REPLACE FUNCTION ST_highway_locate_event (road_number character varying, contsection character varying, km_post_start character varying, km_post_end character varying, start_date date, end_date date) เพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลบนระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL

<u>เงื่อนไขการทำงาน</u>

ST_highway_locate_event ('11', '1501', '075+500', '', '2004-01-01', '2004-12-31')

<u>กำหนดตัวแปร</u>

km_reference_geom:= ค่า Geometry ของ ‘กม.075+000’;

route_geom:= ค่า Geometry ของสายทางหมายเลข 11 ตอนควบคุม 1501;

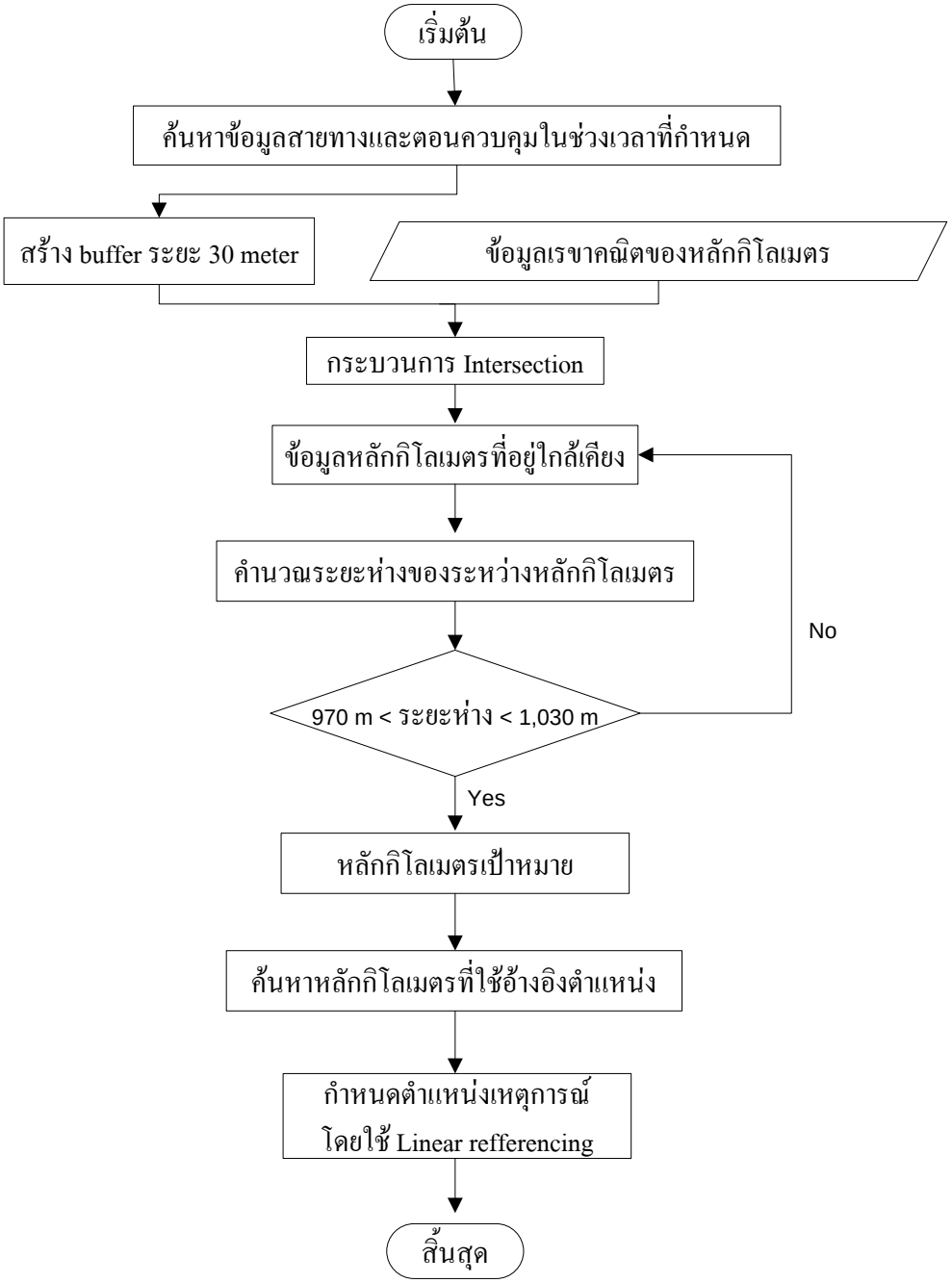
<u>แนวคิดการประมวลผลข้อมูล</u>

(1) การหาข้อมูลหลักกิโลเมตรของสายทางที่กำหนด

```
km_reference_geom:= SELECTpt.km_name, ((ST_line_locate_point(lm.l_geom,
                    pt.the_geom))*(ST_length(lm.l_geom))):: integer as diff_distance,
                    pt.the_geom
                    FROM  (select km_name, ST_transform (the_geom, 32647) as
                           the_geom from km_post) as pt,
                           (select ST_transform(ST_linemerge(geomunion(
                           road_segment.the_geom)), 32647) as l_geom
                           from road_segment
                           where substring(road_segment.rd_sg_id, 4,4)::int = 11
                           and substring(road_segment.rd_sg_id, 8,4)::int = 1501
                           and admit_date <= '2005-12-31' and (not(retire_date <
                           '2005-12-31') or retire_date is null)) as lm
                    WHERE ST_dwithin(pt.the_geom, lm.l_geom, 30) order by
                    diff_distance
        LOOP
                ทำการหา กม.075+000 ภายใน Data set ของ km_reference_geom
        END LOOP;
RETURN Geometry Point at ‘กม.075+000’
```

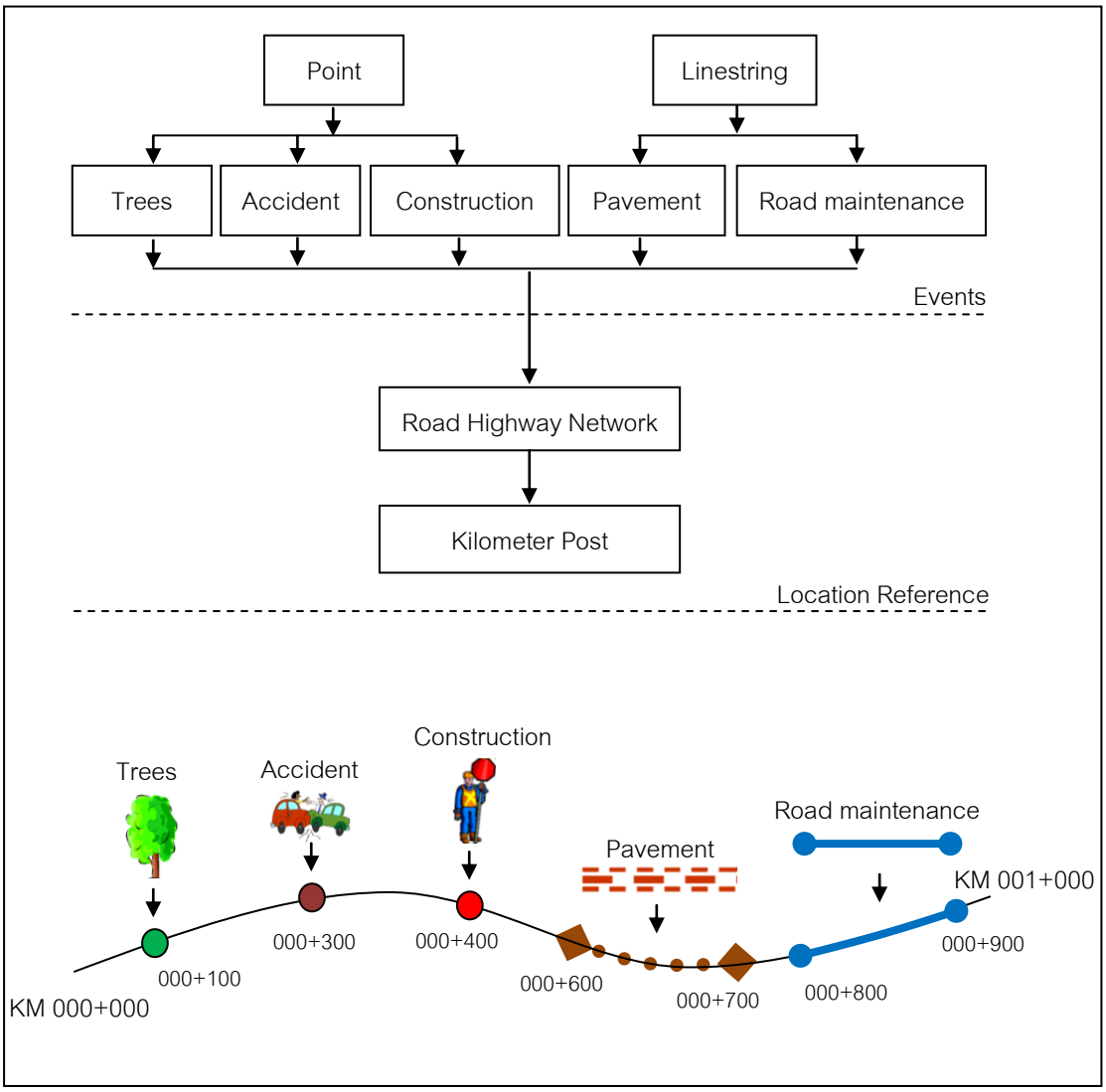
(2) การระบุตำแหน่งบนสายทางในระยะทางที่กำหนด (500 เมตร จาก กม.075+000)

```
Event_point_geom := ST_line_interpolate_point(ST_line_substring(route_geom,
                    ST_line_locate_point(route_geom, km_reference_geom), 1),
                    substr(‘075+500’, 5, 7)::int/ST_length(ST_line_substring(route_geom,
                    ST_line_locate_point(route_geom, km_reference_geom), 1)));
RETURN Geometry::Point at 'กม.075+500'
```



รูปที่ 4.22 แสดงอัลกอริธึมของระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางตามหลักกิโลเมตร

การทำงานของฟังก์ชั่น ที่ทำการพัฒนานั้น มีแนวคิดที่ สามารถ นำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางในเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงทาง อยู่ 2 รูปแบบ คือ Linestring และ Point ในการใช้เป็นแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทางในการแสดงผลบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตามมาตรฐาน OGC Simple Feature



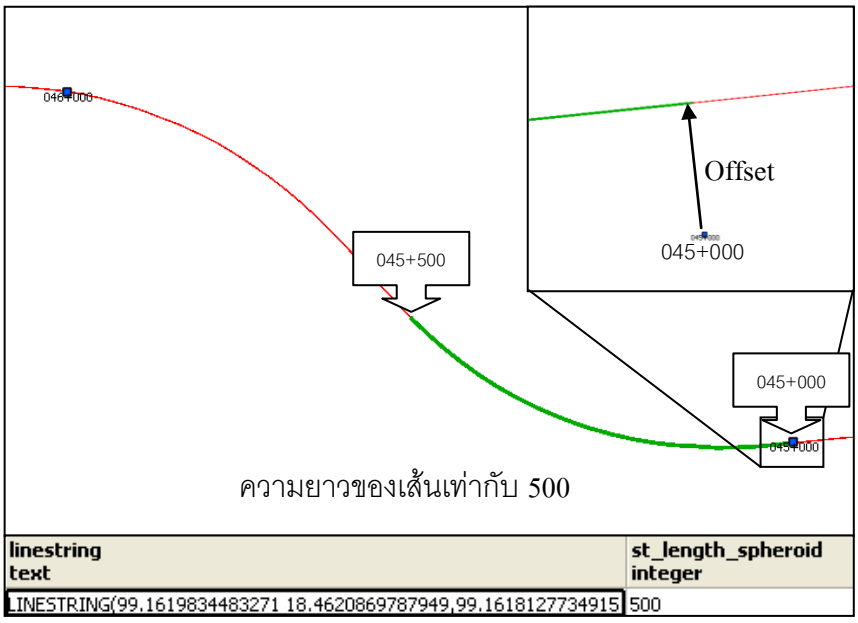
รูปที่ 4.23 แสดงการกำหนดตำแหน่งของสายทางในเหตุการณ์ต่างๆ

ตัวอย่างการทำงานฟังก์ชั่นการกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางแบบ Linestring บนสายทาง

คำสั่ง SQL

```
SELECT the_geom, ST_length_spheroid(the_geom, 'spheroid ("wgs 1984",6378173,
        298.257223563)')
FROM   ST_highway_locate_event ('11', '1401', '045+000', '045+500', '2004-01-01',
        '2004-12-31') as the_geom
RETURN Geometry::Linestring
```

ผลลัพธ์



รูปที่ 4.24 แสดงผลการสร้างข้อมูล Linestring จากฟังก์ชั่น st_highway_locate_event

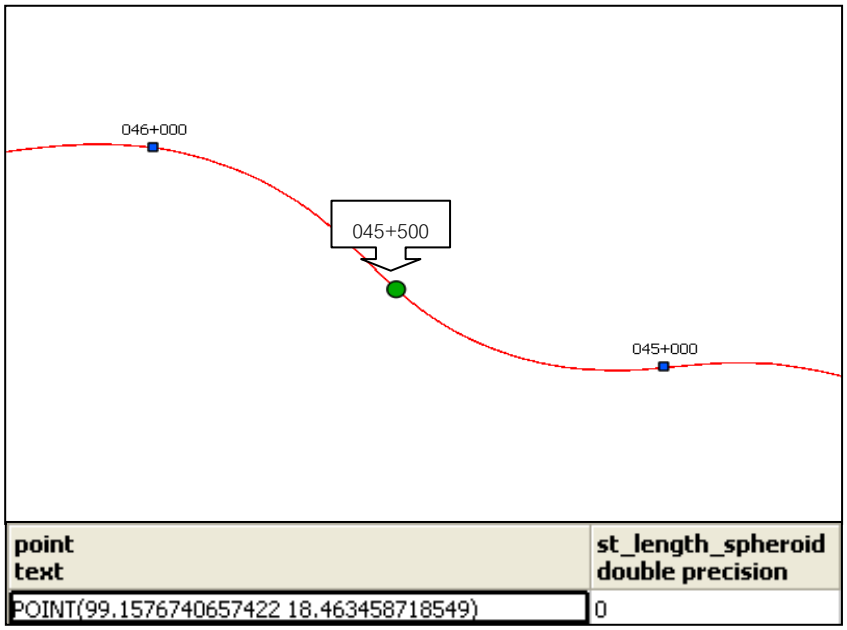
จากฟังก์ชั่น ST_highway_locate_event เป็นการสร้างข้อมูล Linestring ในช่วงกิโลเมตรเริ่มต้นและกิโลเมตรสิ้นสุดที่กำหนดบนข้อมูลสายทาง ซึ่งระบบสามารถหาข้อมูลหลักกิโลเมตรที่กำหนดมาใช้เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งอาศัยกระบวนการ Offset ของข้อมูลหลักกิโลเมตรลงบนข้อ มูลสายทางแล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์โดยการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่และการประมวลผลความยาวของข้อมูล Linestring ที่ได้ พบว่าข้อมูลเส้นที่ได้นั้นมีความยาว เท่ากับ 500 เมตร ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของการสืบค้นข้อมูล คือ ข้อมูลเส้นที่มีความยาวตั้งแต่ กม.045+000 ถึง กม.045+500 เท่ากับ 500 เมตร

ตัวอย่างการทำงานฟังก์ชั่นการกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางแบบ Point บนสายทาง

คำสั่ง SQL

```
SELECT the_geom, ST_length_spheroid(the_geom, 'spheroid ("wgs 1984",6378173,
        298.257223563)')
FROM    ST_highway_locate_event ('11', '1401', '045+500', '', '2004-01-01',
        '2004-12-31') as the_geom
RETURN Geometry::Point
```

ผลลัพธ์



point text	st_length_spheroid double precision
POINT(99.1576740657422 18.463458718549)	0

รูปที่ 4.25 แสดงผลการสร้างข้อมูล Point จากฟังก์ชั่น st_highway_locate_event

จากฟังก์ชั่น ST_highway_locate_event สามารถสร้างข้อมูล รูปแบบของ Point ในช่วงกิโลเมตรเริ่มต้นที่กำหนดบนข้อมูลสายทาง โดยไม่ต้องกำหนดกิโลเมตรสิ้นสุด ซึ่งระบบสามารถหาข้อมูลหลักกิโลเมตรที่กำหนดมาใช้เป็นจุดอ้างอิงโดยอาศัยกระบวนการเช่นเดียวกับการสร้างข้อมูลเส้นฟังก์ชั่น ST_highway_locate_event สามารถสร้างข้อมูลได้ทั้งแบบเส้น และแบบจุด ดังนั้นจึงนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทางได้ เช่น งานบำรุงทางปรกติแสดงข้อมูลแบบเส้น, งานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างและสัญญาณไฟจราจรแสดงข้อมูลแบบจุด เป็นต้น

4.2.2 การแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยต้องการแสดงข้อมูลตำแหน่งงานบำรุงทางบนสายทาง โดยแบ่งข้อมูลงานบำรุงทางออกเป็นเส้น ซึ่งแต่ละเส้นจะใช้ฟังก์ชั่นที่ 1 (ST_highway_locate_event) ในการประมวลผล โดยแบ่งออกเป็นช่วงที่มีจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน เพื่อประโยชน์ในการรายงานตำแหน่งของงานบำรุงทางว่าช่วงใดเกิดงานบำรุงทางมาก หรือ ช่วงใดไม่เกิดงานบำรุงทางเลยตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงผลการสืบค้นงานบำรุงทางได้อย่างชัดเจนทั้งในรูปแบบของตารางและรูปแบบของแผนที่ ซึ่งมีส่วนช่วยในการตัดสินใจและวางแผนการดำเนินงานในอนาคต โดยในการพัฒนาฟังก์ชั่นนี้จะมีการตรวจสอบและ คัดกรองข้อมูลโดยจะใช้เฉพาะข้อมูลงานบำรุงทางในช่วงที่ผู้ใช้กำหนดเท่านั้นมาทำการประมวลผล โดยใช้การ intersects ระหว่างช่วงสายทางที่ผู้ใช้กำหนดกับช่วงที่เกิดงานบำรุงทางแล้วทำการสร้างข้อมูลเส้นใหม่ที่แบ่งออกเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนงานบำ รุงทาง ผลการทำงานของฟังก์ชั่นนี้จะได้ข้อมูล ในรูปแบบของ Linestring ::geometry ที่มีจำนวนงานบำรุงทางต่างกันและข้อมูล รูปแบบของ Point::Geometry ภายในช่วงกิโลเมตรเริ่มต้นและสิ้นสุด

<u>วิธีการออกแบบฟังก์ชั่นการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน</u>

(1) ผู้ใช้ระบุเงื่อนไขที่ต้องการทราบข้อมูล คือ

ST_classify_route_maintenance (หมายเลข ของสายทาง ::character varying, ตอนควบคุม:: character varying, กิโลเมตรเริ่มต้น :: character varying, กิโลเมตรสิ้นสุด :: character varying, วันที่เริ่มต้นงาน::date, วันที่สิ้นสุดงาน::date)

(2) การคัดกรองและตรวจสอบข้อมูลงานบำรุงทางว่ามีงานใดบ้างที่อยู่ในช่วงที่ผู้ใช้กำหนด

เพื่อลดปริมาณข้อมูลและเวลาที่ต้องใช้ก่อนการประมวลผลจากเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้ข้อมูล ได้แก่ วันที่เริ่มต้นถึงวันที่สิ้นสุดและกิโลเมตรเริ่มต้นถึงกิโลเมตรสิ้นสุด ซึ่งมี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ใช้วิธีการเปรียบเทียบ Comparison Operators (>=, <=, >, <, =) กับข้อมูล Date/Time โดยตั้งค่า Date Style บนฐานข้อมูล PostgreSQL แบบ SQL Standard มีรูปแบบคือ ปี/เดือน/วัน (YYYY-MM-DD) ตามมาตรฐานของ ISO: 8601 ในคอลัมน์ Start_date::date และ End_date::date เพื่อใช้หาช่วงเวลาที่เกิดงานบำรุงทาง โดยกำหนดความหมายไว้ดังนี้

- Start_date หมายถึง วันที่/เดือน/ปี ที่เริ่มต้นการดำเนินงานบำรุงทางตามสัญญาจ้าง
- End_date หมายถึง วันที่/เดือน/ปี ที่เสร็จสิ้นการดำเนินงานบำรุงทางตามสัญญาจ้าง

ทดสอบการสืบค้นข้อมูลโดยกำหนดเงื่อนไขช่วงเวลา เช่น ต้องการทราบข้อมูลงานบำรุงทาง ในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 2004 ถึง วันที่ 31 ธ.ค. 2004 ช่วงเวลา 1 ปี

คำสั่ง SQL

```
SELECT maint_id as รหัสงานบำรุงทาง, start_date, end_date
FROM  road_maintenance
WHERE  (start_date >= '2004-01-01' or end_date >= '2004-01-01' or end_date is null)
            and  start_date <= '2004-12-31'
```

Input data

	รหัสงานบำรุงทาง integer	start_date date	end_date date
1	1	2004-01-01	2004-01-31
2	2	2004-01-31	2004-03-31
3	3	2004-01-31	2004-02-28
4	4	2004-03-31	2004-04-01
5	5	2004-02-28	2004-03-31
6	6	2004-04-01	2004-04-30
7	7	2004-03-31	2004-05-01
8	8	2004-03-31	2004-05-01
9	9	2004-06-30	2004-08-01
10	10	2004-08-01	2004-08-31
11	11	2004-08-31	2004-12-31
12	12	2004-01-31	2004-05-01
13	15	2003-01-01	2003-03-31
14	14	2003-08-01	2003-12-31
15	13	2004-05-31	2004-08-31
16	16	2005-01-01	2005-03-01
17	17	2005-05-25	2005-07-27

Output data

	รหัสงานบำรุงทาง integer	start_date date	end_date date
1	1	2004-01-01	2004-01-31
2	2	2004-01-31	2004-03-31
3	3	2004-01-31	2004-02-28
4	4	2004-03-31	2004-04-01
5	5	2004-02-28	2004-03-31
6	6	2004-04-01	2004-04-30
7	7	2004-03-31	2004-05-01
8	8	2004-03-31	2004-05-01
9	9	2004-06-30	2004-08-01
10	10	2004-08-01	2004-08-31
11	11	2004-08-31	2004-12-31
12	12	2004-01-31	2004-05-01
13	13	2004-05-31	2004-08-31

ผลการสืบค้น มีงานบำรุงทางเกิดขึ้น ณ วันที่ 1 ม.ค. 2004 ถึงวันที่ 31 ธ.ค. 2004

รูปที่ 4.26 แสดงการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางโดยกำหนดเงื่อนไขช่วงเวลา

วิธีที่ 2 การใช้คำสั่ง Substring('string', from, to)::int เป็นคำสั่งที่ใช้เกี่ยวข้องกับตัวอักษร (String Functions and Operators) ใช้ในการแปลงข้อมูลที่ถูกบันทึกแบบหลักกิโลเมตรเป็นข้อมูลความยาว เช่น '045+500' เป็น 45,500 เมตร เมื่อข้อมูลตำแหน่งของงานบำรุงทางอยู่ในรูปแบบของความยาวแล้วก็สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาข้อมูลงานบำรุงทางที่อยู่ในช่วงที่ผู้ใช้กำหนด เช่น ช่วงที่ผู้ใช้กำหนด คือ ตั้งแต่ กม.045+000 ถึง กม.055+000

ช่วงที่เริ่มต้น กม.045+000 $\leq$ ตำแหน่งงานบำรุงทาง กม.045+500 $\leq$ ช่วงที่สิ้นสุด กม.055+000

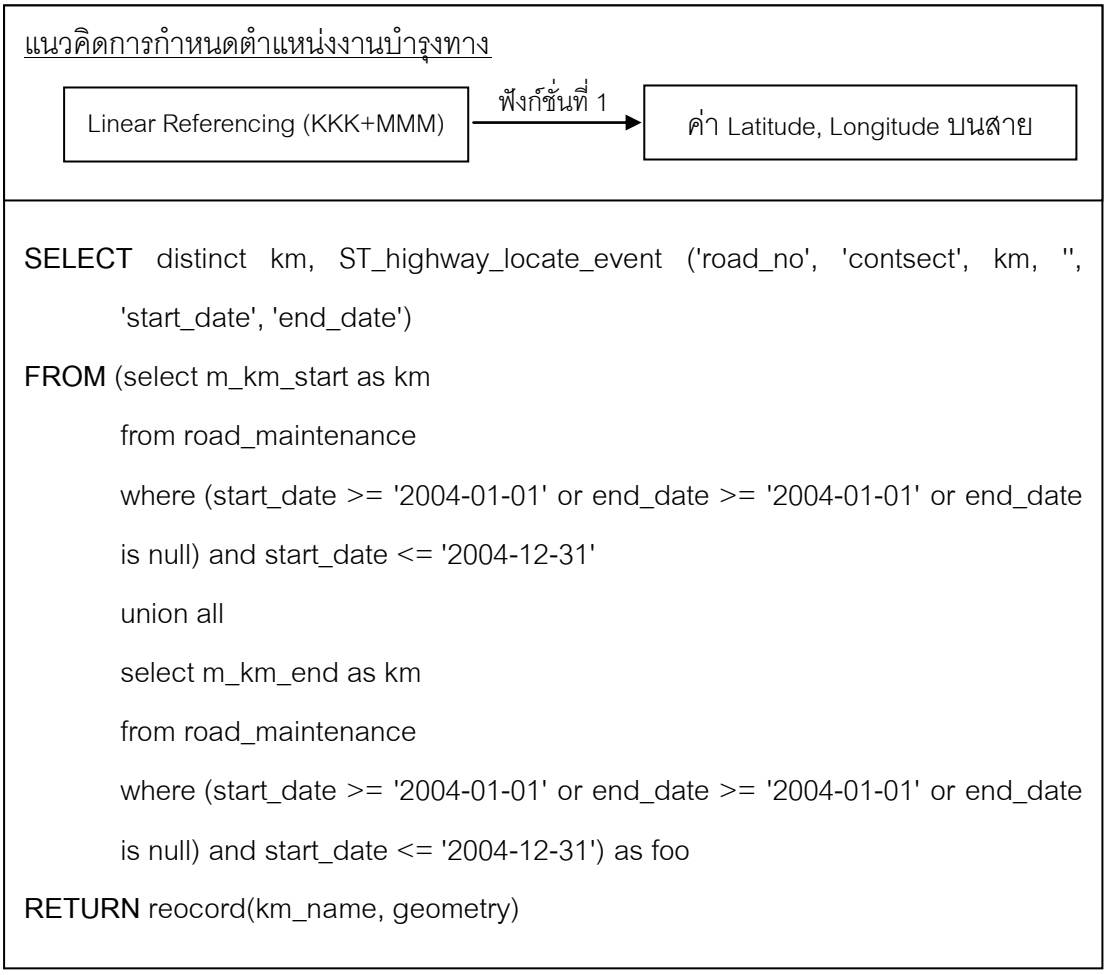
หมายความว่า ตำแหน่งงานบำรุงทาง กม.045+500 อยู่ในช่วงที่ผู้ใช้กำหนด

รูปที่ 4.27 แสดงการคัดกรองข้อมูลงานบำรุงทางโดยใช้ String Functions

(3) การกำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางบนสายทาง

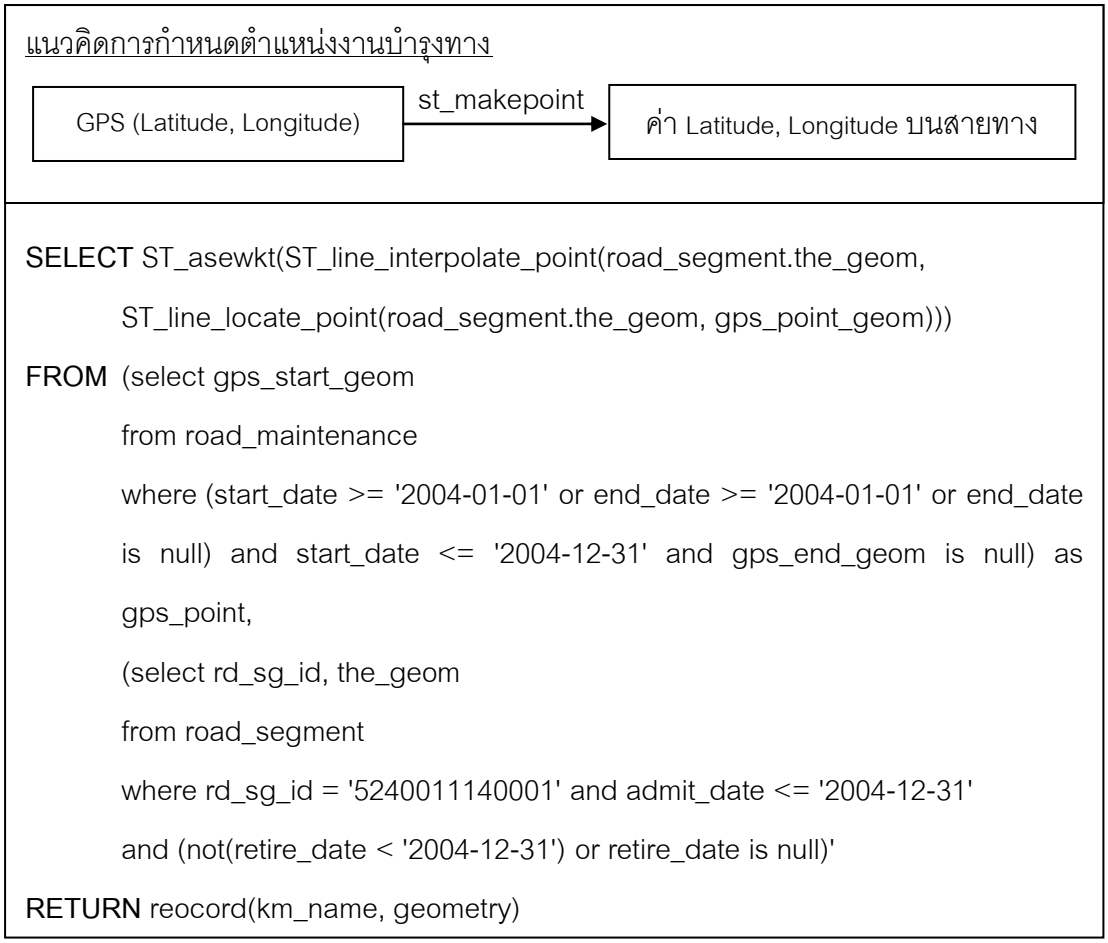
โดยกำหนดตำแหน่งทั้งกิโลเมตรเริ่มต้นและกิโลเมตรสิ้นสุด โดยในการบันทึกตำแหน่งของงานบำรุงทางในงานวิจัยครั้งนี้มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่ 1 การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ที่เป็นการวัดระยะทางจาก หลักกิโลเมตรซึ่งเป็น จุดอ้างอิง ที่ทราบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ในรูปของ KKK+MMM เช่น กม.045+000 เป็นต้น โดยใช้ฟังก์ชั่นที่ 1 (ST_highway_locate_event) เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลเรขาคณิต



รูปที่ 4.28 แสดงแนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่บันทึกในระบบ Linear Referencing System โดยใช้ภาษา SQL

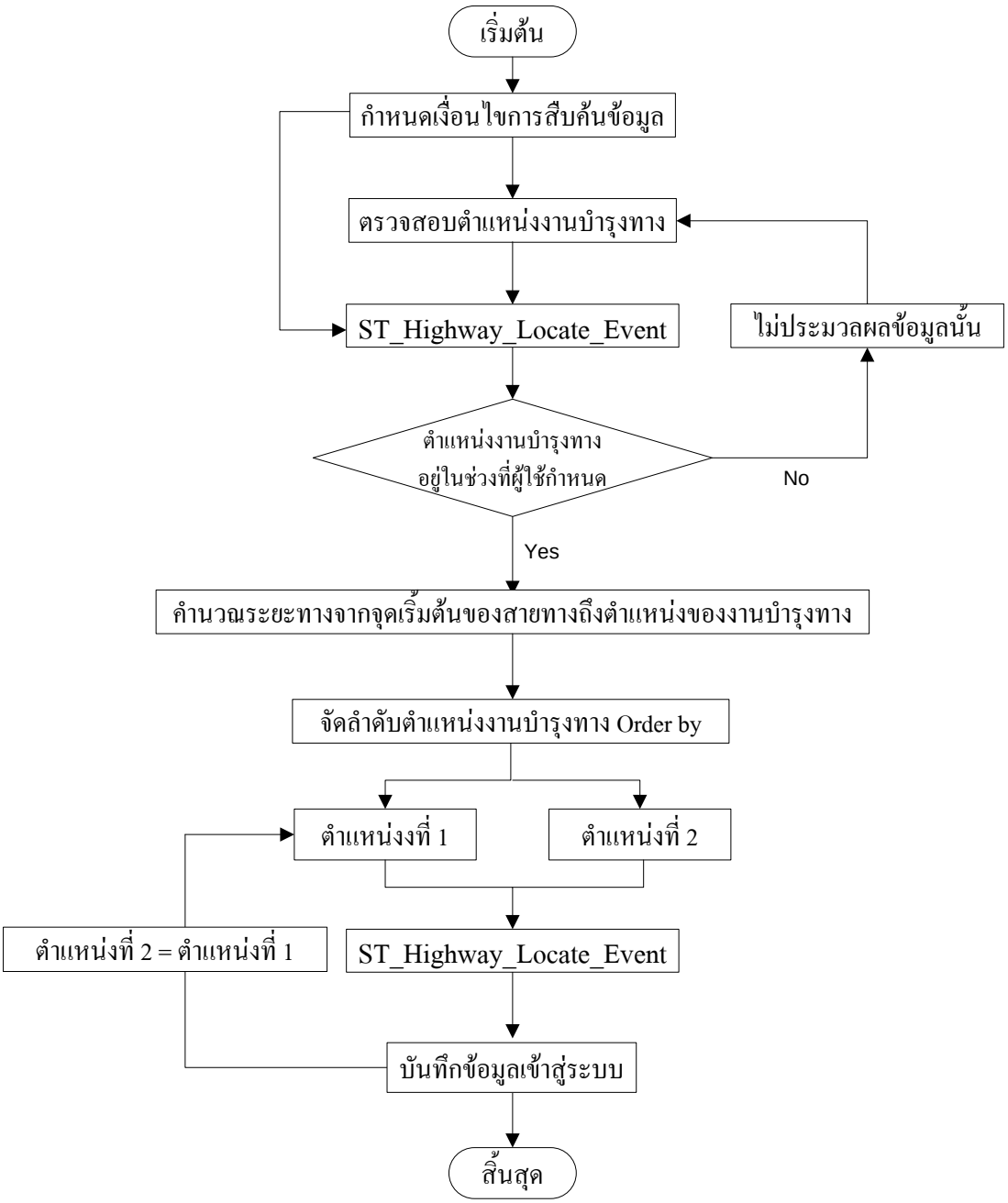
รูปแบบที่ 2 การกำหนดตำแหน่งของงาน โดยใช้เครื่องมือ ระบุตำแหน่งโดยใช้ สัญญาณดาวเทียม GPS ซึ่งอยู่ในรูปของค่าพิกัดภูมิศาสตร์ พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 ("+proj=longlat +ellps=intl +no_defs"), (SRID::4326) โดยใช้คำสั่ง ST_setsrid(st_makepoint(Longitude, Latitude), 4326)



รูปที่ 4.29 แสดงแนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่บันทึกในระบบ GPS โดยใช้ภาษา SQL

ประเภทงาน		รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2	
gid integer	maint_id integer	m_km_start character(7)	m_km_end character(7)	gps_start_geom geometry	gps_end_geom geometry
1	1	050+000	055+000		
2	2			0101000000000000C	0101000000000000
3	3	085+500	095+000		
4	4	085+500	090+000		
5	5	065+100	070+000		
6	6	090+000	095+000		
7	7	060+000	065+000		
8	8	060+000	065+000		
9	9	060+000	065+000		
10	10	054+000			
11	11			01010000000000006	
12	12	043+000	045+000		

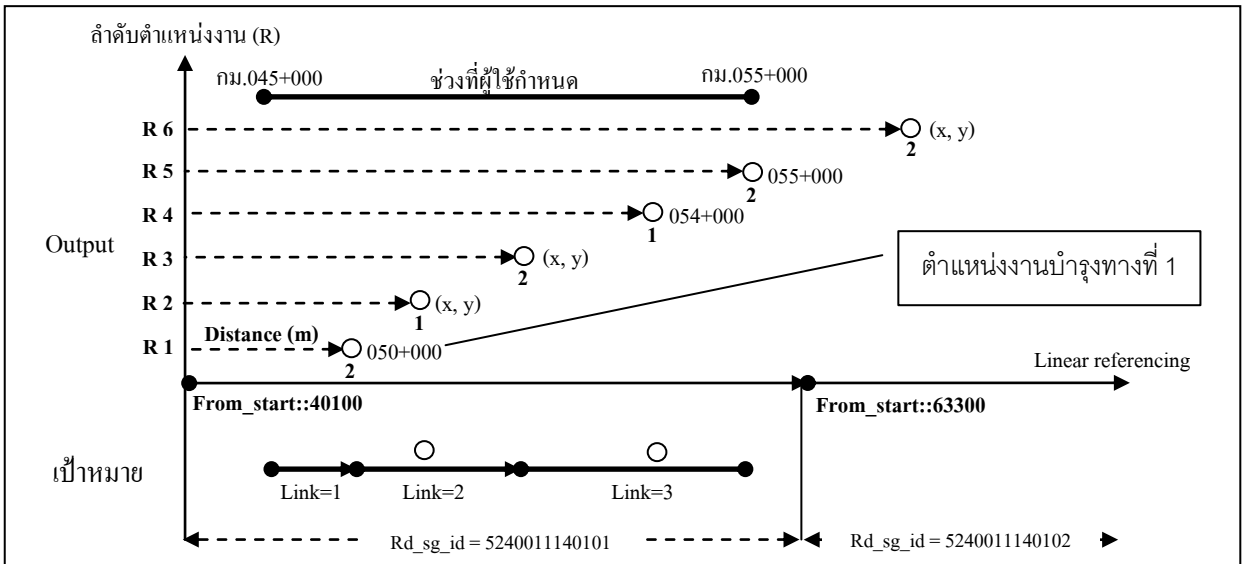
รูปที่ 4.30 แสดงรูปแบบการกำหนดตำแหน่งของตารางบันทึกงานบำรุงทาง



รูปที่ 4.31 แสดงอัลกอริธึมการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

(4) การวิเคราะห์ตำแหน่งของงานบำรุงทางตามแนวของสายทาง

เป็นการวัดระยะทาง จากจุดเริ่มต้นของสายทาง (from_start) ถึง ตำแหน่งของงานบำรุงทางภายในช่วงที่กำหนด เช่น ตั้งแต่ กม.045+000 ถึง กม.055+000 เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการจัดลำดับการสร้างข้อมูล Linestring ที่เกิดจากตำแหน่งของจุด 2 จุด โดยใช้การคำนวณระยะทางจากจุดเริ่มต้นของสายทาง ถึง ตำแหน่งของงานบำรุงทาง



Input Data

	gid integer	maint_id integer	m_km_start character(7)	m_km_end character(7)	gps_start_geom geometry	gps_end_geom geometry	LRS_geom text
1	1	1	050+000	055+000			LINESTRING(99.1272231776956 18.47402741
2	2	2			0101000000000000C	0101000000000000E	LINESTRING(99.1355656568457 18.49878076
3	3	3	085+500	095+000			LINESTRING(99.0379125438943 18.73384677
4	4	4	085+500	090+000			LINESTRING(99.0379125438943 18.73384677
5	5	5	065+100	070+000			LINESTRING(99.0480008942754 18.55305424
6	6	6	090+000	095+000			LINESTRING(99.0281316259363 18.77327413
7	7	7	060+000	065+000			LINESTRING(99.0847538215107 18.52396927
8	8	8	060+000	065+000			LINESTRING(99.0847538215107 18.52396927
9	9	9	060+000	065+000			LINESTRING(99.0847538215107 18.52396927
10	10	10	054+000				POINT(99.1304657512815 18.5064736810074
11	11	11			01010000000000006		POINT(99.1323864002467 18.4912401015806

Output Data

R	km characte	gps_point geometry	distance integer	from_start integer	Ri text	route_geom text	geomtype integer
1	045+000		5068	40100	POINT(99.1619847301771	LINESTRING(99.203854C	2
2	050+000		10058	40100	POINT(99.1272231776956	LINESTRING(99.203854C	2
3		0101000020	12069	40100	POINT(99.1323471069336	LINESTRING(99.203854C	1
4		0101000020	13057	40100	POINT(99.1355438232422	LINESTRING(99.203854C	2
5	054+000		14068	40100	POINT(99.1304657512815	LINESTRING(99.203854C	1
6	055+000		15052	40100	POINT(99.1236489579653	LINESTRING(99.203854C	2
7		0101000020	24970	63300	POINT(99.0491027832031	LINESTRING(99.061524	2

รูปที่ 4.32 แสดงการวัดระยะทางจุดเริ่มต้นของสายทางถึงตำแหน่งของงานบำรุงทาง

(5) การจัดลำดับตำแหน่งงานบำรุงทาง

ระยะทาง ที่วัดได้จากจุดเริ่มต้นของสายทาง ถึงตำแหน่งของงาน (Distance) ทำการเรียงลำดับจากน้อยไปมาก โดยใช้คำสั่ง Order By ในรูปแบบของภาษา SQL เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการจัดลำดับ การสร้างข้อมูล ในรูปแบบ Linestring จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งบนข้อมูลสายทางที่กำหนด (Route_geom) ที่มีความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งกับงานบำรุงทางนั้นๆ บน Geomtype เท่ากับ 2 คือ รหัสงานบำรุงทางในกรณีที่มีลักษณะเป็นช่วง จากรูปที่ 4.32 ระบบจะทำการสร้างข้อมูลในรูปแบบ Linestring เฉพาะ Geomtype ที่มีค่าเท่ากับ 2 เท่านั้น ส่วนข้อมูล Geomtype เท่ากับ 1 ระบบจะทำการสร้างข้อมูลในรูปแบบ Point บนข้อมูลสายทางที่กำหนด

R	km characte	gps_point geometry	distance integer	from_start integer	Ri text	route_geom text	geomtype integer
1	045+000		5068	40100	POINT(99.1619847301771	LINESTRING(99.203854(	2
2	050+000		10058	40100	POINT(99.1272231776956	LINESTRING(99.203854(	2
3		0101000020	12069	40100	POINT(99.1323471069336	LINESTRING(99.203854(	1
4		0101000020	13057	40100	POINT(99.1355438232422	LINESTRING(99.203854(	2
5	054+000		14068	40100	POINT(99.1304657512815	LINESTRING(99.203854(	1
6	055+000		15052	40100	POINT(99.1236489579653	LINESTRING(99.203854(	2
7		0101000020	24970	53300	POINT(99.0491027832031	LINESTRING(99.061524:	2

รูปที่ 4.33 แสดงการจัดลำดับของตำแหน่งโดยอาศัยค่าความยาวที่วัดได้จากตำแหน่งของงาน

ตารางที่ 4.1 แสดงคำอธิบายตารางผลการวัดระยะทางจากตำแหน่งของงานภายในช่วงที่กำหนด

ชื่อคอลัมน์	คำอธิบาย
Km	ตำแหน่งงานบำรุงทางในระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง
Gps_point	ตำแหน่งของงานบำรุงทางที่ได้จากเครื่องมือ GPS
distance	ระยะทางที่อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นของสายทาง (เมตร) เรียงลำดับจากน้อยไปมาก
from_start	ระยะทางเริ่มต้นของสายทาง
Ri	ข้อมูลเรขาคณิตของตำแหน่งงานบำรุงทาง
route_geom	ข้อมูลเรขาคณิตของสายทางที่ใช้กำหนดตำแหน่งงานบำรุงทาง
geomtype	รหัสข้อมูลเรขาคณิตในการแสดงตำแหน่งของงานบำรุงทาง มีอยู่ 2 ประเภท คือ - ประเภทที่ 1 คือตำแหน่งของงานบำรุงทางที่แสดงผลแบบจุด - ประเภทที่ 2 คือตำแหน่งของงานบำรุงทางที่แสดงผลแบบเส้น

(6) การสร้างข้อมูลเรขาคณิตที่มีจำนวนงานบำรุงทางต่างกัน

จากรูปที่ 4.32 แนวคิดการสร้างข้อมูลเรขาคณิตโดยเริ่มจากจุด (Field::km) ที่มีระยะทาง (Field::dist) ที่น้อยที่สุด (ตำแหน่งที่ 1) ถึง จุดที่มีระยะทางมากกว่าลำดับถัดไป (ตำแหน่งที่ 2) ทำการสร้างข้อมูลเรขาคณิตจนถึงจุดสิ้นสุดที่ผู้ใช้กำหนด โดยใช้ฟังก์ชั่น ST_line_substring

คำสั่งที่ใช้ในการสร้างข้อมูลเรขาคณิตคือฟังก์ชั่น ST_line_substring(the_geom, %locate_start, %locate_end) ซึ่ง %locate นั้นเป็นค่าสัดส่วนของระยะทางทั้งหมดของตำแหน่งจุดเริ่มต้น (%locate_start) ถึงตำแหน่งจุดสิ้นสุด (%locate_end) ตัวอย่างเช่น

<u>เงื่อนไขการทำงาน</u>

ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '055+000', '2004-01-01', '2004-12-31')

<u>กำหนดตัวแปร</u>

Ln := ค่า Geometry ของสายทางที่กำหนด

Line := ค่า Geometry ของช่วงของสายทางที่มีจำนวนงานต่างกัน

Point := ค่า Geometry ของตำแหน่งงานบำรุงทาง

geom_start := ค่า Geometry ของตำแหน่งงานที่ 1

geom_end := ค่า Geometry ของตำแหน่งงานที่ 2

<u>แนวคิดการประมวลผลข้อมูล</u>

(1) การหาข้อมูลเรขาคณิตของสายทางที่กำหนด

```
Ln := select ST_linemerge(geomunion(road_segment.the_geom)) as
        the_geom
        from road_segment
        where substring(road_segment.rd_sg_id, 4,4)::int = '11'
        and admit_date <= '2004-12-31'
        and (not(retire_date < '2004-12-31') or retire_date is null);
```

RETURN Geometry ของสายทางหมายเลข 11;

(2) การสร้างข้อมูลเส้น

```
Line:= ST_line_substring(Ln, ST_line_locate_point(Ln, geom_start)::real,
          ST_line_locate_point(Ln, geom_end)::real)
LOOP
          ตรวจสอบและกำหนดค่า geom_start ลำดับถัดไป
END LOOP;
```

RETURN Geometry ของช่วงของสายทางที่มีจำนวนงานต่างกัน

(3) การสร้างข้อมูลจุด

Point := ST_line_interpolate_point(Ln, ST_line_locate_point(Ln, geom_start)::real)

RETURN Geometry ตำแหน่งของงานบำรุงทาง

(7) การหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทาง

เมื่อสร้างข้อมูลในรูปแบบของ Linestring แล้วข้อมูลจะถูกนำไปประมวลผลเพื่อหา ว่าในแต่ละช่วงมีงานบำรุงทางใ ดเกิดขึ้นบ้าง โดยใช้วิธีการ Overlay ซึ่งในการวิ เคราะห์หาข้อมูลงานบำรุงทางนี้เป็นการหาความ สัมพันธ์เชิงตำแหน่ง ระหว่างข้อมูล ในรูปแบบของ Linestring ที่ได้จากการประมวลผล (Link_id) ในรูปที่ 4.34 กับข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทาง จริงที่ได้ทำการบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชั่น ST_DWithin(geom1, geom2, ระยะทาง หน่วยเป็นเมตร) ทำการหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ข้อมูล เชิง ตำแหน่งของงานบำรุงทาง ที่ได้จากการประมวลผลจากแนวคิดตามรูปที่ 4.32 จะถูกกำหนดให้อยู่ในระบบการบันทึกข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของ ระบบการ กำหนด ตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ทั้งหมด โดยมีการแปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของงาน บำรุงทาง จากรูปแบบของระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ให้อยู่ รูปแบบของระบบการกำหนด ตำแหน่ง อ้างอิง บนสายทาง เพื่อให้การแสดงผลตำแหน่งของงานบำรุงทางอยู่ในรูปแบบเดียวกันและง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

link_id integer	km_start character(	km_end characte	point text	line text ผลลัพธ์
1	045+000	050+000	POINT(99.140675	LINESTRING(99.1619837625234 18.4620754421251,9
2	052+044		POINT(99.132690	POINT(99.1326904296875 18.4915218353271)
2	050+000	053+000	POINT(99.130480	LINESTRING(99.1272231892991 18.4740271998363,9
3	054+000		POINT(99.130465	POINT(99.1304657512815 18.5064736810074)
3	053+000	055+000	POINT(99.130498	LINESTRING(99.1355655164027 18.4987811876667,9

รูปที่ 4.34 แสดงผลการสร้างข้อมูล Linestring และข้อมูล Point

ตารางที่ 4.2 แสดงคำอธิบายตารางผลการสร้างข้อมูล Linestring และข้อมูล Point

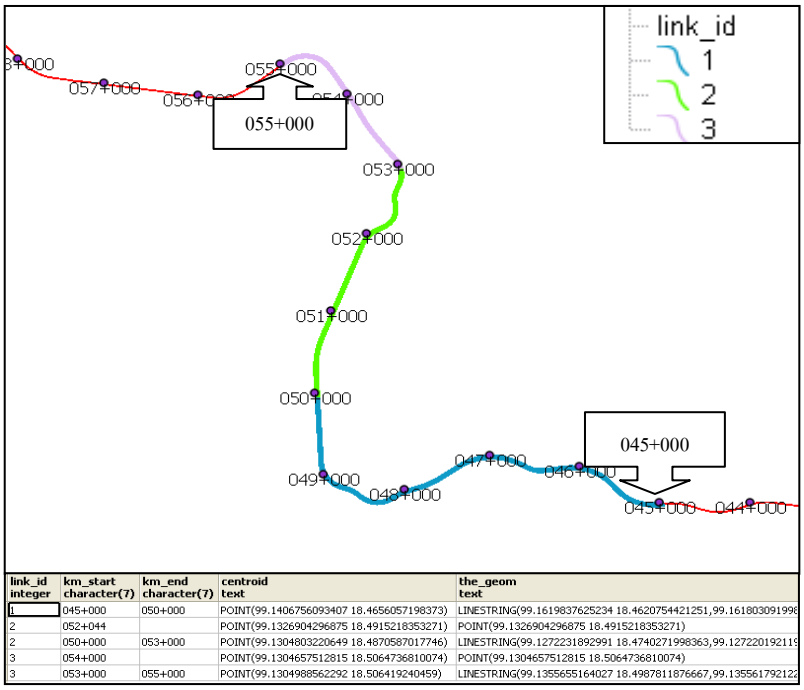
ชื่อคอลัมน์	คำอธิบาย
Link_id	ลำดับของข้อมูล Linestring และ Point ของเหตุการณ์
Km_start	ตำแหน่งเริ่มต้นของเหตุการณ์
Km_end	ตำแหน่งสิ้นสุดของเหตุการณ์
Point	ตำแหน่งที่ใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์
Line	ข้อมูลเรขาคณิตของเหตุการณ์ที่มีจำนวนงานบำรุงทางต่างกัน

ตัวอย่างการทำงานฟังก์ชั่นการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

คำสั่ง SQL

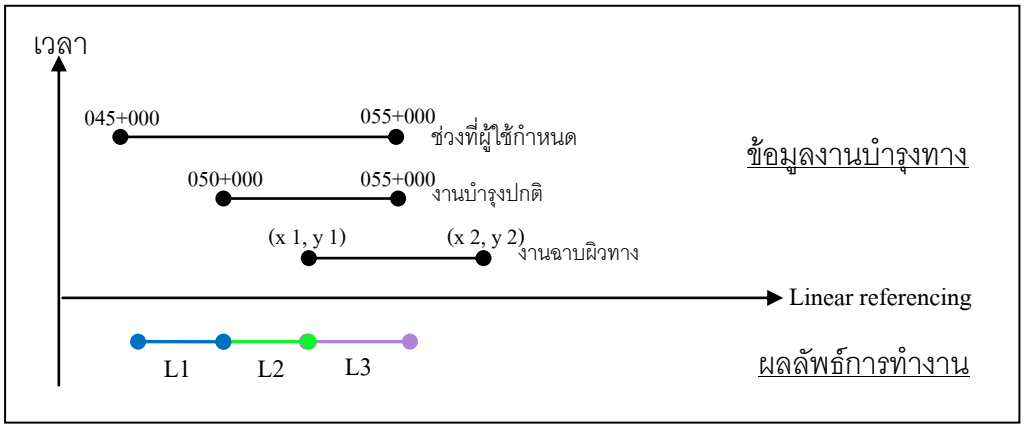
```
SELECT  link_id, km_start, km_end, ct_geom as centroid , the_geom
FROM  ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '055+000', '2006-10-05',
        '2007-10-05')
RETURNS SETOF my_type(int, varchar, varchar, geometry, geometry)
```

ผลลัพธ์



link_id integer	km_start character(7)	km_end character(7)	centroid text	the_geom text
1	045+000	050+000	POINT(99.1406756093407 18.4656057198373)	LINESTRING(99.1619837625234 18.4620754421251,99.161803091998
2	052+044		POINT(99.1326904296875 18.4915218353271)	POINT(99.1326904296875 18.4915218353271)
2	050+000	053+000	POINT(99.1304803220649 18.4870587017746)	LINESTRING(99.1272231892991 18.4740271998363,99.127220192119
3	054+000		POINT(99.1304657512815 18.5064736810074)	POINT(99.1304657512815 18.5064736810074)
3	053+000	055+000	POINT(99.1304988562292 18.506419240459)	LINESTRING(99.1355655164027 18.4987811876667,99.135561792123

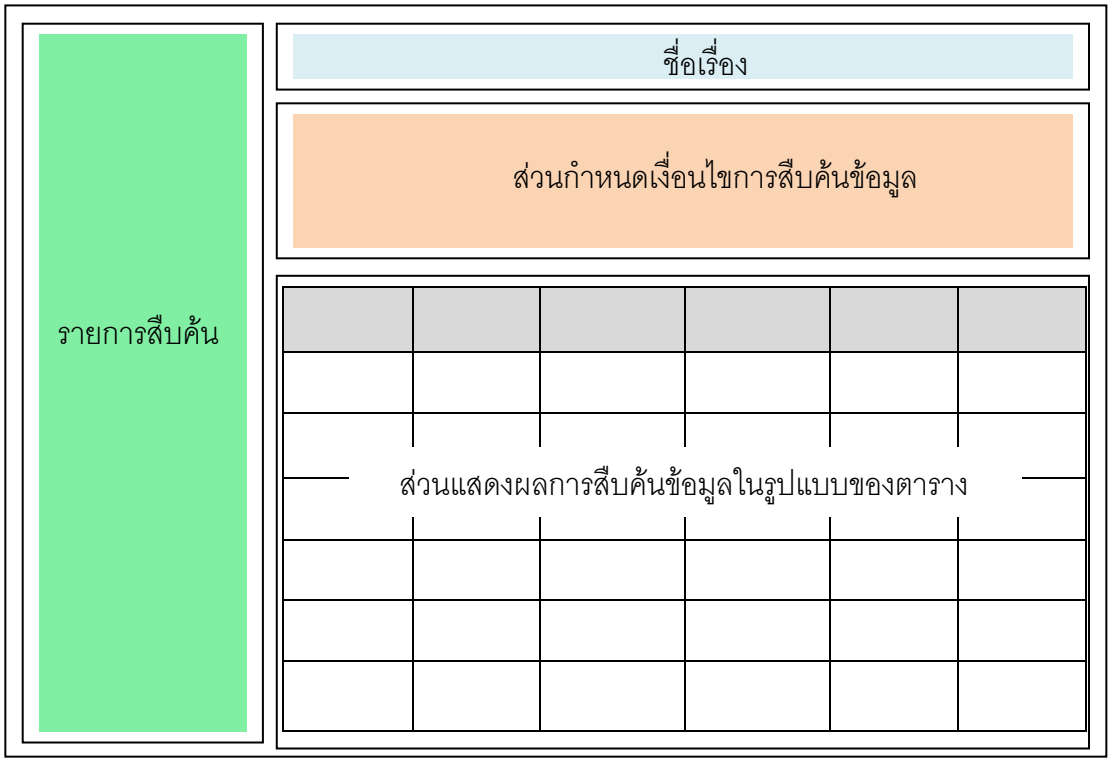
รูปที่ 4.35 แสดงผลการแบ่งข้อมูลสายทางจากฟังก์ชั่น ST_classify_route_maintenance



รูปที่ 4.36 แสดงแนวคิดการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

4.3 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้บน Web Base Application

ในการพัฒนา Web Base Application ของระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง โดยใช้ Ext JS ซึ่งเป็น java-script framework ที่ช่วยในการออกแบบ ซึ่งมีเครื่องมือที่ช่วยการพัฒนาที่มาพร้อมกับซอฟต์แวร์ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยใช้ภาษา PHP ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลและออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.37 แสดงแนวคิดการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานบน Web Browser

4.3.1 ขั้นตอนการทำงานของการสืบค้นข้อมูลบน Web base Application

(1) Web Browser ที่พัฒนามาจากโปรแกรม Ext JS ที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL โดยผ่านทางไฟล์ PHP มีช่องรับข้อความเพื่อให้ผู้ใช้กำหนดเงื่อนไข ในการสืบค้นข้อมูล

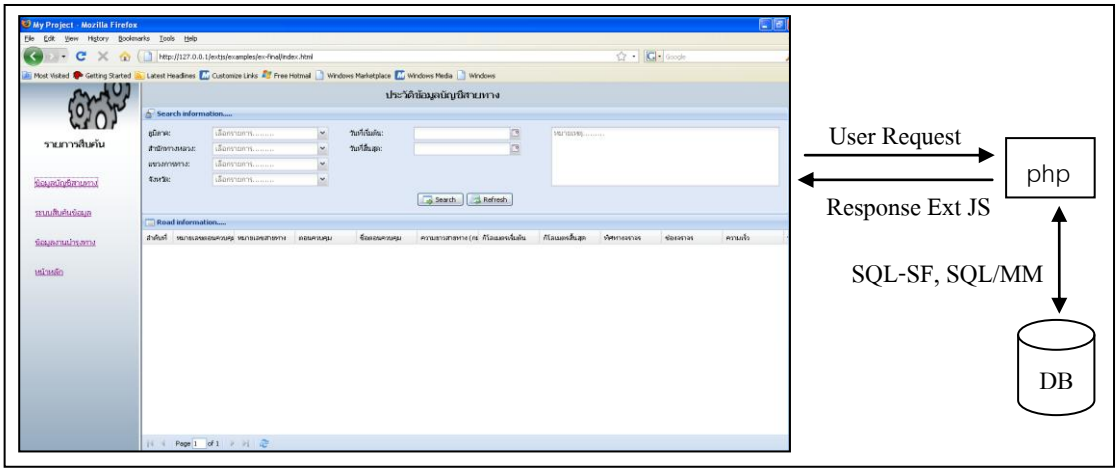
(2) ข้อความที่ผู้ใช้กำหนดจะถูกส่งไปยังไฟล์ PHP ($_REQUEST['เงื่อนไข']) ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์

(3) เครื่องเซิร์ฟเวอร์ทำการประมวลผลข้อมูล

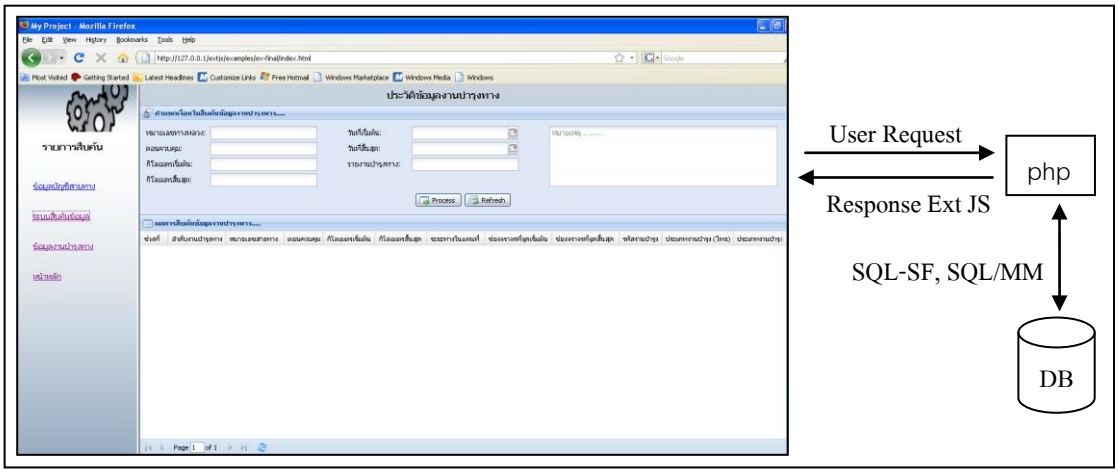
(4) Web Browser ทำการอ่านไฟล์ PHP (ฟังก์ชั่น Ext.data.JsonStore{url: ./php file, …}) ที่เครื่องเซิร์ฟเ วอร์ประมวลผลข้อมูลเสร็จแล้ว ทำการจัดรูปแบบการแสดงผลแบบตาราง

ลักษณะการทำงานของ Web Base Application ที่ได้พัฒนา มีลักษณะเป็น Web Browser แบบ Dynamic บนฝั่ง Server ที่ได้ทำการติดตั้ง โดยเมื่อฝั่ง Client มีการร้องขอข้อมูลผ่าน Web Browser ที่พัฒนาโดยใช้ Ext Js ในการออกแบบ Interface ทำการส่งคำร้องขอข้อมูลในรูปแบบ PHP เพื่อทำการสืบค้นข้อมูลปริภูมิจากฐานข้อมูล ในรูปแบบ SQL-SF ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานสากลในการจัดการข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL

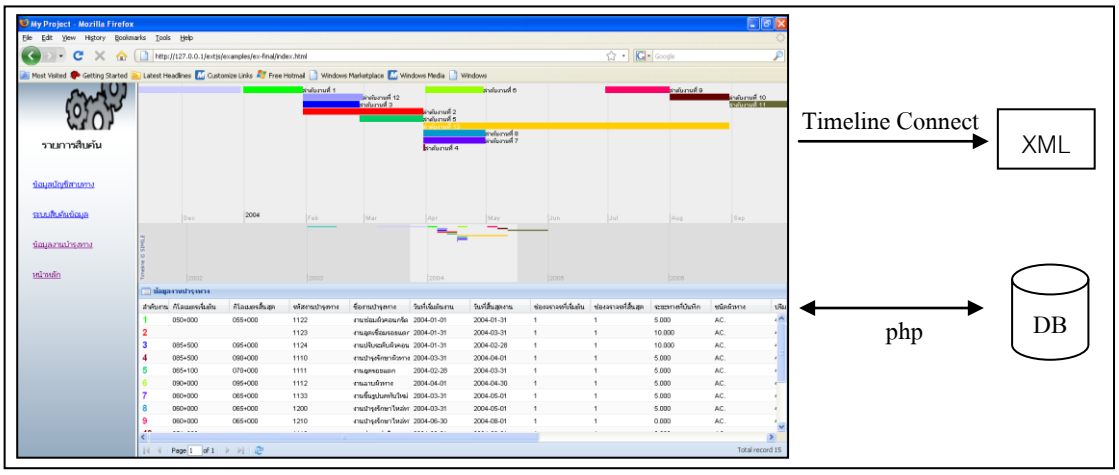
เมื่อเครื่อง Server ทำการประมวลผลข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งข้อมูลที่ไ ด้ไปแสดงผลในรูปแบบของตาราง ผ่าน Web Browser โดยใช้ฟังก์ชั่น Ext Grid Panel ในซอฟต์แวร์ Ext Js ในขณะเดียวกันจะมีการสร้างวิว (View) ลงในระบบฐานข้อมูลเพื่อที่จะนำไปแสดงผลข้อมูลตามเงื่อนไขการสืบค้นบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS



รูปที่ 4.38 แสดงหน้าจอการทำงานระบบสืบค้นข้อมูลบัญชีสายทาง



รูปที่ 4.39 แสดงหน้าจอการทำงานระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง



รูปที่ 4.40 แสดงหน้าจอแสดงข้อมูลงานบำรุงทางในรูปแบบ Timeline

การแสดงผลข้อมูลงานบำรุงทางเชิงเวลาสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือ Timeline ในการแสดงผลข้อมูลเชิงเวลาผ่าน Web Browser โดยงานวิจัยนี้เป็นการแสดงตัวอย่างการแสดงผล ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อกับไฟล์ XML ที่ได้จัดทำไว้ล่วงหน้า ตามรูปแบบโครงสร้าง XML ในข้อ 4.3.2 เพื่อใช้ทดสอบการทำงานและการแสดง ผลข้อมูลเชิงเวลา สามารถนำไปพัฒนาต่อโดยใช้การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล PostgreSQL โดยตรงเพื่อให้เหมาะสมต่อการเข้าถึงข้อมูล และการแสดงผลจากเครื่องมือ Timeline บน Web Browser

4.3.2 ลักษณะข้อมูล Timeline ของงานบำรุงทางในรูปแบบไฟล์ XML

```
<data>
   <event
         start="Jan 01 2004"
         end="Jan 31 2004"
         title="รหัสงานบำรุงทางที่ 1">
   </event>
   <event
         start="Jan 25 2004"
         end="Jan 27 2004"
         title="รหัสงานบำรุงทางที่ 2">
   </event>
</data>
```

4.3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Ext JS กับ PostgreSQL โดยใช้ภาษา PHP

ตัวอย่างการเชื่อมต่อโดยใช้ภาษา php (ex_maint.php)

```
<?php
    $host = "hostname";
    $user = "username";
    $pass = "password";
    $db = "database_name";
    $connection = pg_connect("host=$host dbname=$db user=$user
    password=$pass") or die("Could not connect");
    $rc = $_REQUEST['maint1'];
    $cs = $_REQUEST['maint2'];
    $kps = $_REQUEST['maint3'];
    $kpe = $_REQUEST['maint4'];
    .....
    $query = " select column list from table where route number = $rc ";
    $qry = pg_query($connection, $query) or die("SQL Error: ". pg_last_error());
    while ($vals = pg_fetch_array($qry,NULL, PGSQL_ASSOC))
    {$data[] = $vals;} $matches = $data;
    echo json_encode(Array('totalCount' => count($matches), 'matches' =>
    $matches));
?>
```

รับค่าตัวแปรที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูล

ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ใน Java script (ex_maint.js)

```
Ext.onReady(function(){
Ext.QuickTips.init();
var proxy = new Ext.data.HttpProxy({url: './php/ex_maint.php', method: 'post'});
var dstore = new Ext.data.JsonStore({url: './php/ex_maint.php', proxy: proxy,
fields: [column name],  //ชื่อ field
totalProperty: 'totalCount',
root: 'matches'});
dstore.load();
```

```
var grid = new Ext.grid.GridPanel({
        store: dstore,
        columns: [{id:'link_id', width: 45, header: "ช่วงที่", sortable: true,
        dataIndex:'link_id', renderer: link_id},... ชื่อ column ที่ใช้แสดงผล ],
        stripeRows: true, height:400, width: 1060, loadMask: true,
        title:'ผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....',
        iconCls: 'icon-grid',
        bbar: new Ext.PagingToolbar({
        store: dstore,
        pageSize: 15,
        displayInfo: true,
        emptyMsg: "จำนวนข้อมูลที่พบ"
        })
var search = new Ext.FormPanel({
        labelWidth: 100,
        frame:true,
        title: 'กำหนดเงื่อนไขสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง.....',
        bodyStyle:'padding:5px 5px 0',
         width: 1060,  // ความยาวของ form
         defaults: {width: 1100},
        items: [{layout:'column', items:[{columnWidth:.3,layout: 'form',
        items:[{
                xtype:'textfield',
                anchor:'85%',
                fieldLabel: 'หมายเลขสายทาง',
                id: 'maint1'  //ส่งตัวแปรชื่อ Maint1 ไปยังไฟล์  ex_maint.php
        .
        .       //สามารถสร้าง Text Field เพิ่มเติมในส่วนนี้
        .}]
})
```

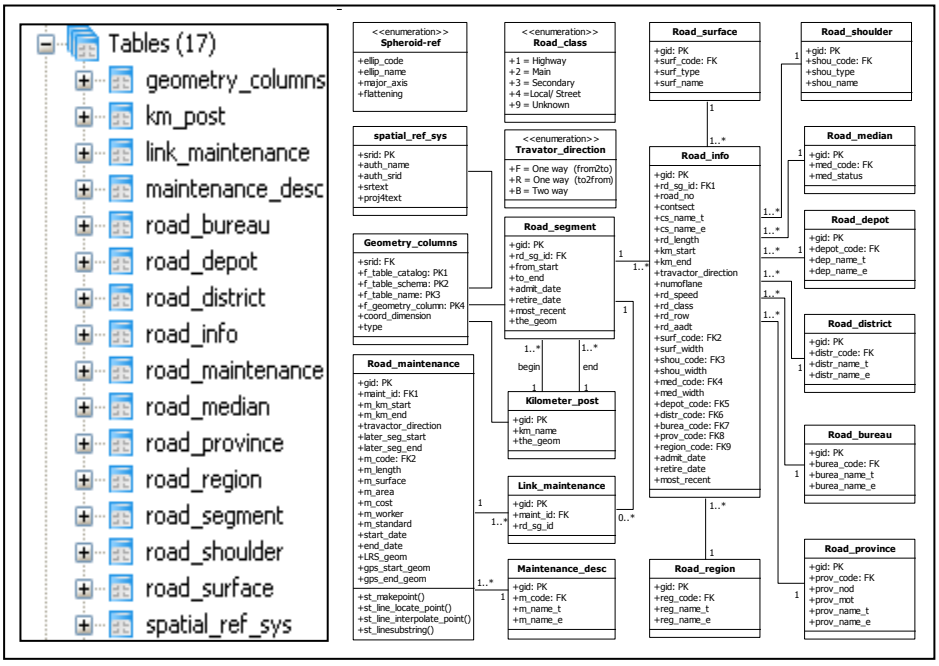
บทที่ 5

ลักษณะการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางที่ทำการพัฒนาขึ้น เริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลตามโครงสร้างฐานข้อมูลที่กำหนดภ ายในระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยการติดต่อกับฐานข้อมูลจะใช่โปรแกรม GUI ในการทำงานร่วมกับฐานข้อมูลที่กำหนด และพัฒนาโปรแกรมที่ใช้สำหรับทำการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงอย่างเป็นระบบทางผ่านทาง Web Base Application ซึ่งเป็น Interface ให้ผู้ใช้ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดง โดยมีการพิจารณาถึงความถูกต้องในด้านตำแหน่งของงานบำรุงทางที่อ้างอิงกับข้อมูลหลักกิโลเมตร บนข้อมูลสายทางที่มีในระบบ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดการสืบค้นข้อมูลในระดับที่ต่างกัน

5.1 การนำเข้าข้อมูลตามโครงสร้างฐานข้อมูลที่กำหนด

ทำการนำข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมมาตามโคร งสร้างฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบและการตรวจสอบข้อมูลเชิงตำแหน่งตามแบบจำลองสายทางและการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงตำแหน่ งงานบำรุงทางและข้อมูลอรรถาธิบาย ของโครงข่ายสายทางให้มีความถูกต้องสอดคล้องกันตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ข้อมูลสายทางและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงทาง เป็นข้อมูลที่จะต้องนำมาจัดเตรียมตรวจสอบก่อนที่จะนำเข้าข้อมูล



รูปที่ 5.1 แสดง Database schemas

รูปแบบข้อมูลที่ถูกนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลปริภูมิและกลุ่มข้อมูลอรรถาธิบาย ซึ่งใช้วิธีการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปของชุดคำสั่ง SQL ในกรณีที่ข้อมูลปริภูมิมีปริมาณมาก สามารถใช้เครื่องมือ Shp2pgsql.exe ในระบบฐานข้อมูล ช่วยในการแปลงข้อมูลปริภูมิ ซึ่งมีรูปแบบชุดคำสั่ง SQL ดังนี้

ตัวอย่างชุดคำสั่ง SQL ที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลปริภูมิ (Point) ที่อยู่ในรูปของ WKB

```
CREATE TABLE km_post(
gid serial NOT NULL PRIMARY KEY, km_name character varying(7));
SELECT AddGeometryColumn('','km_post','the_geom','4326','POINT',2);
INSERT INTO " km_post" (km_name, the_geom) VALUES
('045+000','SRID=4326;0101000000289298748EBE5840F108B2D7DCC43240');
```

ตัวอย่างชุดคำสั่ง SQL ที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลปริภูมิ (Point) ที่อยู่ในรูปของ WKT

```
CREATE TABLE km_post(
gid serial NOT NULL PRIMARY KEY, km_name character varying(7));
SELECT AddGeometryColumn('','km_post','the_geom','4326','POINT',2);
INSERT INTO "bkm_post"(km_name, the_geom) VALUES
('045+000', GeometryFromText ('POINT (98.54667 18.43255)', 4326));
```

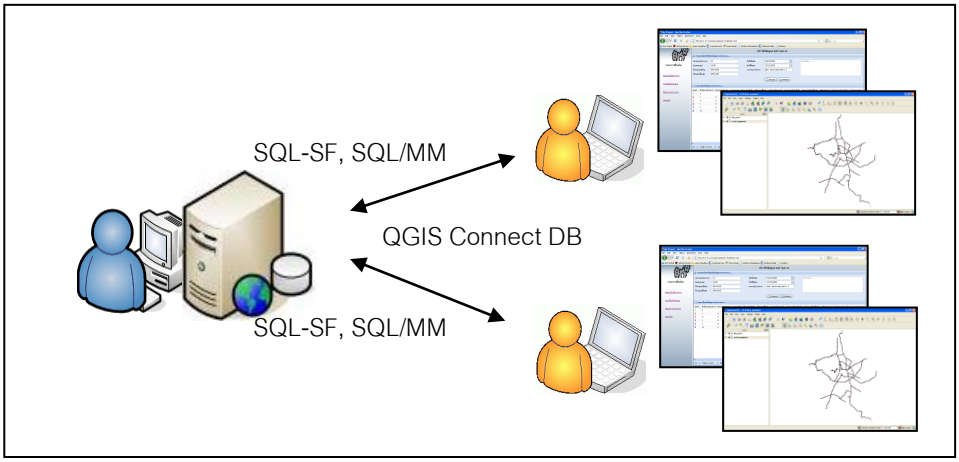
จากรูปแบบชุดคำสั่ง SQL ดังกล่าว ข้อมูลปริภูมิจะถูกลงทะเบียน (Register) ในตาราง Geometry_Column คือ เป็นการระบุ SRID, Geometry Type, Table Name, Schema Name, Dimension ของข้อมูลปริภูมิที่อยู่ภายในระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการอ้างอิงกับระบบพิกัด ที่สามารถอ้างอิงบนพื้นผิวโลก ที่ถูกกำหนดไว้ในตาราง Spatial_Ref_Sys ในระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL โดยใช้ฟังก์ชั่น Addgeometrycolumn(character varying, character varying, character varying, integer, character varying, integer) ทำให้การจัดการข้อมูลปริภูมิในระบบมีประสิทธิภาพในเ รื่องของการสืบค้นและการแสดงผลบน Desktop GIS ซึ่งบางซอฟต์แวร์จำเป็นที่จะต้องมีการลงทะเบียนข้อมูลปริภูมิในตาราง Geometry_Column เช่น ซอฟต์แวร์ OpenJump, ซอฟต์แวร์ Udig internet GIS ในขณะที่บางซอฟต์แวร์ไม่จำเป็นต้องการลงทะเบียนข้อมูลปริภูมิในตาราง Geometry_Column เพียงกำหนดข้อบังคับ Unique Constraint Key ซึ่งเป็น Key ที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ให้กับข้อมูลปริภูมิในตารางบนระบบฐานข้อมูล ก็สามารถนำไปแสดงผลบน Desktop GIS ได้ เช่น ซอฟต์แวร์ Quantum GIS เป็นต้น

5.2 รูปแบบการทำงานระบบ Web Base Application

การทำงานของระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางบน Web Browser ที่ทำการร้องขอ (request) จากฝั่ง Client ผ่านทางโปรโตคอล http มายังฝั่ง Server บนเครือข่าย Internet เพื่อให้เครื่อง Server ที่ได้ติดตั้งโปรแกรมต่างๆ (Web Base Application และ PostgreSQL) ทำการสืบค้นข้อมูลโดยมีฟังก์ชั่นการทำงานที่พัฒนาด้วยภาษา PL/SQL ตามมาตรฐานสากล SQL-SF และมาตรฐาน SQL/MM รองรับการสืบค้นข้อมูลปริภูมิตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด แล้วแสดงผลที่ร้องขอในรูปของตารางผ่านทาง Web Browser ที่ใช้อยู่

ในขณะเดียวกันการแสดงผลข้อมูลที่ ได้จากการสืบค้นในรูปของแผนที่ ผู้ใช้ในฝั่ง Client จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการแสดงผล คือ Desktop GIS ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่ในฝั่ง Server โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล เมื่อทำการเชื่อมต่อได้แล้ว ผู้ใช้ในฝั่ง Client สามารถเลือกชั้นข้อมูลที่ได้ทำการสืบค้นไว้จาก Web Browser มาแสดงผลบน Desktop GIS ได้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกชื่อของชั้นข้อมูลที่ตนเองกำหนดจาก Web Browser มาแสดง

จากรูปแบบการทำงานของระบบซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบ Client Server ที่สนับสนุนแนวทางการจัดทำระบบฐานข้อมูล กลางเพื่อใช้เป็นช่องทางในการให้บริการข้อมูลงานบำรุงทางโดยผ่านระบบเครือข่าย Internet และลดภาระการประมวลผลในฝั่ง Client เปิดโอกาสให้ผู้ใช้เข้ามาใช้บริการมากขึ้น



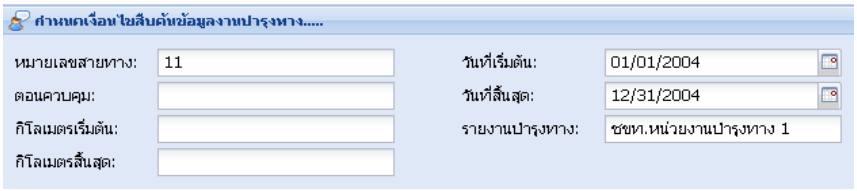
รูปที่ 5.2 แสดงรูปแบบการทำงานของผู้ใช้งาน

5.3 ทดสอบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

5.3.1 การกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล

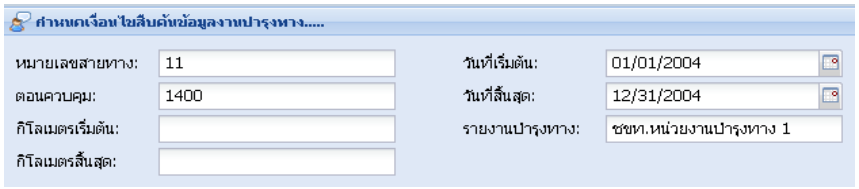
จากแนวคิดการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง เพื่อรองรับความต้องการข้อมูลงานบำรุงทางของผู้ใช้ในระดับที่แตกต่างกัน บน Web Base Application ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดสอบระบบสืบค้นข้อมูล โดยมีการแบ่งระดับการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางออกเป็น 4 ระดับ คือ

(1) ต้องการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางทั้งหมดบนหมายเลขสายทางและช่วงเวลาที่กำหนด



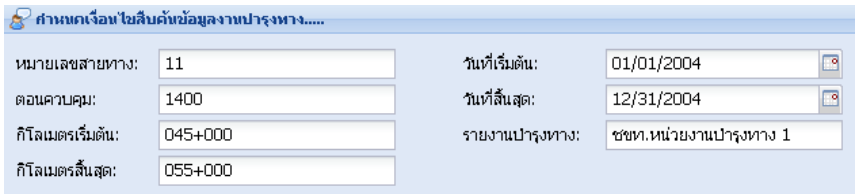
รูปที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขการกำหนดสายทางและช่วงเวลา

(2) ต้องการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางบนหมายเลขสายทาง, ตอนควบคุมและช่วงเวลาที่กำหนด



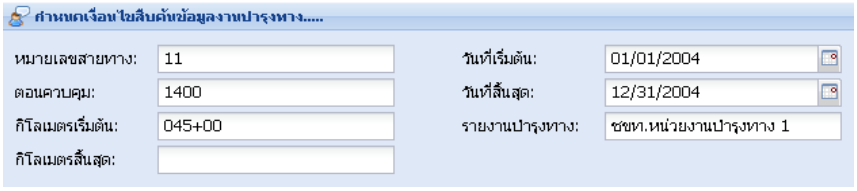
รูปที่ 5.4 แสดงเงื่อนไขการกำหนดสายทาง ตอนควบคุมและช่วงเวลา

(3) ต้องการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางในช่วงสายทางที่ต้องการทราบโดยกำหนดเงื่อนไข คือ หมายเลขสายทาง, ตอนควบคุม, กิโลเมตรเริ่มต้น, กิโลเมตรสิ้นสุดและช่วงเวลาที่กำหนด



รูปที่ 5.5 แสดงเงื่อนไขการกำหนดช่วงสายทางและช่วงเวลา

(4) ต้องการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางในตำแหน่งที่ต้องการทราบโดยกำหนดเงื่อนไข คือ หมายเลขสายทาง, ตอนควบคุม, กิโลเมตรเริ่มต้นและช่วงเวลาที่กำหนด

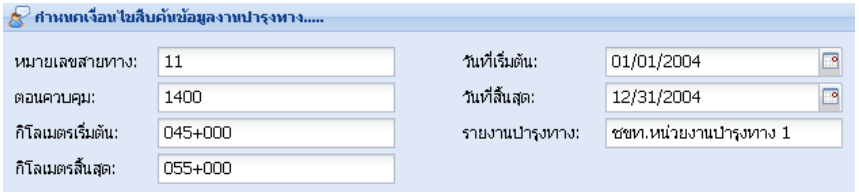


รูปที่ 5.6 แสดงเงื่อนไขการกำหนดตำแหน่งและช่วงเวลา

5.3.2 การประมวลผลระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

จากข้อมูลงานบำรุงทางที่มีการบันทึกในระบบฐานข้อมูล ชื่อตาราง Road_maintenance ทำการทดสอบระบบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง โดยยกตัวอย่างในการกำหนดเ งื่อนไขการสืบค้นข้อมูลไว้ เช่น ผู้ใช้ต้องการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางของสายทางหมายเลข 11 ตอนควบคุม 1401 กิโลเมตรเริ่มต้น 045+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุด 055+000 ในช่วงเวลา 1 ปีคือในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 2004-01-01 ถึงวันที่ 2004-12-31 และกำหนดชื่ อรายงานผลการสื บค้นข้อมูล เช่น “ชชท. หน่วยงานบำรุงทาง 1” ทำการสืบค้นข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL ผ่านทาง Web Browser ในการกำหนดช่วงเวลา ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและชื่อสายทางที่กำหนด เพื่อให้ผลการสืบค้นข้อมูลตรงกับความต้องการ จากตัวอย่างตามรูปที่ 5.7

การทดสอบการทำงานในการประมวลผลข้อมูลงานบำรุงทางจากระบบฐานข้อมูลที่รับตัวแปรหรือเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลจาก Web Base Application มาเพื่อใช้ในการประมวลผลโดยใช้ภาษา SQL ในการสร้างข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทาง



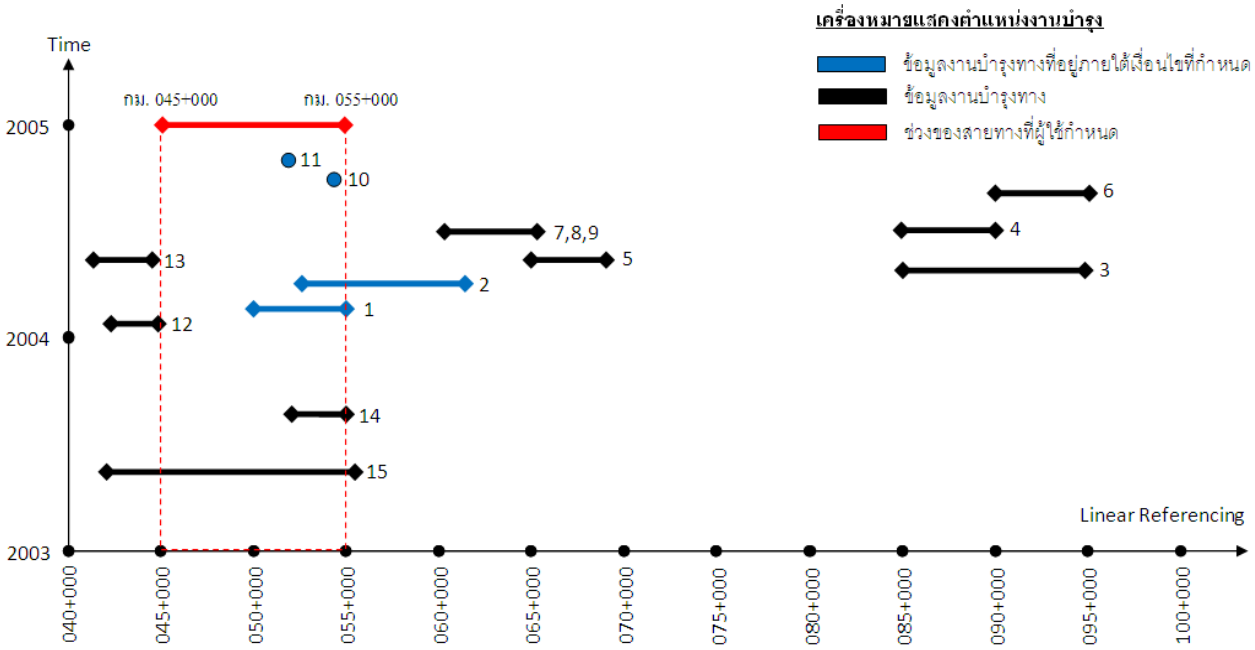
รูปที่ 5.7 แสดงตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล

จากเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด ระบบสืบค้นข้อมูลจะทำการคัดกรองข้อมูลงานบำรุงทางจากตารางการบันทึกข้อมูลงานบำรุงทางทั้งหมด เพื่อตัดข้อมูลงานบำรุงทางที่ผู้ใช้ไม่ต้องการทราบออกจากระบบเหลือไว้เพียงข้อมูลงานบำรุงทางที่อยู่ในช่วงที่ผู้ใช้ต้องการทราบ

	gid integer	maint_id integer	m_km_start character(7)	m_km_end character(7)	gps_start_geom geometry	gps_end_geom geometry	start_date date	end_date date
1	1	1	050+000	055+000			2004-01-01	2004-01-31
2	2	2			0101000020E610000	0101000020E6100(	2004-01-31	2004-03-31
3	3	3	085+500	095+000			2004-01-31	2004-02-28
4	4	4	085+500	090+000			2004-03-31	2004-04-01
5	5	5	065+100	070+000			2004-02-28	2004-03-31
6	6	6	090+000	095+000			2004-04-01	2004-04-30
7	7	7	060+000	065+000			2004-03-31	2004-05-01
8	8	8	060+000	065+000			2004-03-31	2004-05-01
9	9	9	060+000	065+000			2004-06-30	2004-08-01
10	10	10	054+000				2004-08-01	2004-08-31
11	11	11			0101000020E610000		2004-08-31	2004-12-31
12	12	12	043+000	045+000			2004-01-31	2004-05-01
13	13	13	042+000	044+000			2004-05-31	2004-08-31

รูปที่ 5.8 แสดงตารางการบันทึกข้อมูลงานบำรุงทาง

จากการกำหนดเงื่อนไขหมายเลข 11 ตอนควบคุม 1401 กิโลเมตรเริ่มต้น 045+000 ถึง กิโลเมตรสิ้นสุด 055+000 ตั้งแต่วันที่ 2004-01-01 ถึง 2004-12-31 พบว่ามีงานบำรุงทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดอยู่ 4 งาน คือลำดับงานบำรุงทางที่ 1, 2, 10 และ 11 ซึ่งงานบำรุงทางเหล่านี้จะนำไปใช้ในระบบการจำแนกช่วงของสายทางที่มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5.9 แสดงข้อมูลงานบำรุงทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

เมื่อมีการกำหนดเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงท าง ระบบสืบค้นข้อมูลที่พัฒนาขึ้นจะทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อจำแนกช่วงของสายทางที่มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกันในรูปแบบของตารางและแผนที่เพื่อให้เกิดความถูกต้องและชัดเจน ภายใต้เงื่อนไขการสืบค้นข้อมูลที่กำหนด

การจำแนกช่วงของสายทางตามจำนว นงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน นั้น วัตถุประสงค์เพื่อต้องการอธิบายลักษณะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในเชิงตำแหน่งและช่วงเวลาของงานบำรุงทางในช่วงที่สนใจ ปริมาณงานที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของสายทางมีผลต่อการตัดสินใจในการวางแผนดำเนินงาน ดังนั้น ผลการสืบค้นข้อมูลงานบำ รุงทางซึ่งมีลักษณะเป็นช่วงของสายทางที่มีจำนวนงานบำรุงทาง ที่แตกต่างกัน แต่ในบางครั้งการแสดงผลข้อมูลงานบำรุงทางบนแผนที่ในลักษณะของ Feature ที่ต่อเนื่องกันก็เป็นการแสดงลักษณะทางกายภาพของงานที่เกิดขึ้นจริงและอาจ จะมีผลต่อการตัดสินใจในการวางแผนกาดำเนินงานเช่นเดี ยวกันจึงทำให้ระบบสืบค้นข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้นมีแนวทางการรายงานผลในเชิงตำแหน่งอยู่ 2 ลักษณะ คือ

(1) ข้อมูลงานบำรุงทางที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

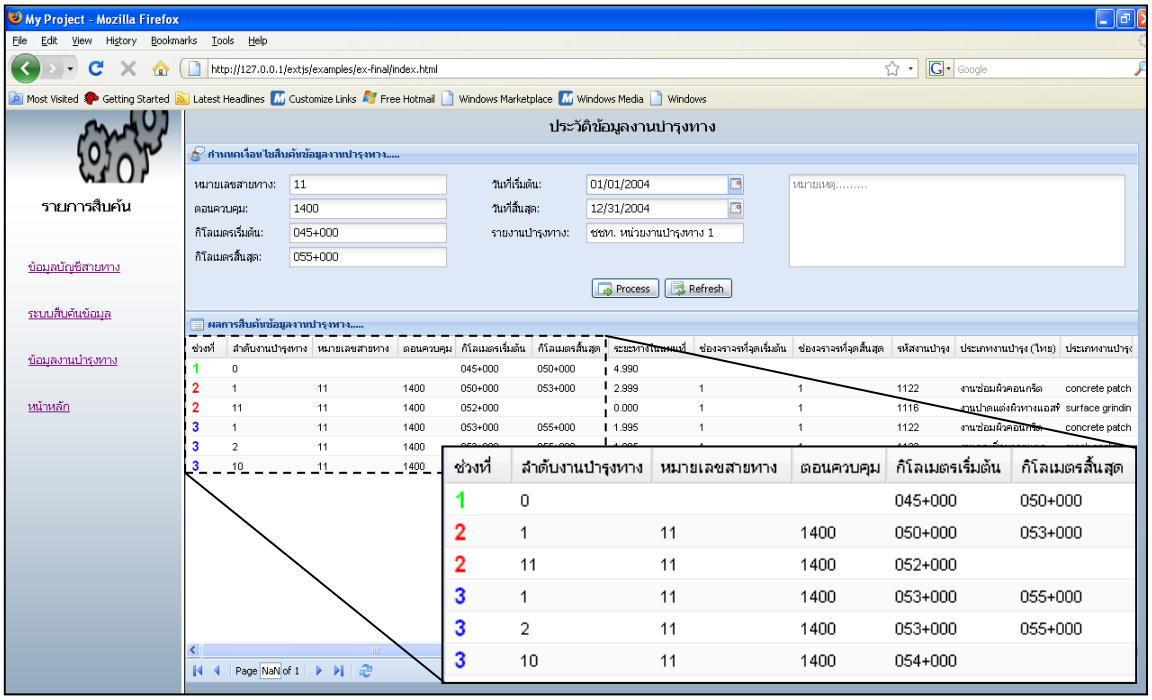
(2) ข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง

5.4 ผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

จากข้อมูลงานบำรุงทางนำมาทำการจำแนกช่วงของสายทางที่มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน โดยมีเงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล คือ สายทางหมายเลข 11 ตอนควบคุม 1401 กิโลเมตรเริ่มต้นที่ 045+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุดที่ 055+000 ในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 2004-01-01 ถึง 2004-12-31 ซึ่งผลการสืบค้นข้อมูล มีรูปแบบการแสดงผลอยู่ 2 รูปแบบ คือ ข้อมูลตารางและข้อมูลสารสสนเทศภูมิศาสตร์

5.4.1 ผลการสืบค้นข้อมูลบน Web Base Application

เมื่อทำการกำหนดเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลแล้ว ระบบจะทำการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการและแสดงในรูปของตารางผลการสืบค้นข้ อมูลงานบำรุงทางโดยในแต่ละ Columns จะแสดงถึงรายละเอียดต่างๆของงานบำรุงทางและแต่ละ Rows แสดงถึงลักษณะของงานบำรุงทางที่เกิดขึ้นในช่วงของสายทางที่แตกต่างกันที่ถูกระบุตำแหน่งโดยกิโลเมตรเริ่มต้นและกิโลเมตรสิ้นสุด ซึ่งในบางช่วงอาจมีงานบำรุงทางเกิดขึ้นมากกว่า 1 งาน หรือ ไม่มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นเลยในบางช่วงของสายทางที่ผู้ใช้ต้องการทราบข้อมูล



รูปที่ 5.10 แสดงรูปแบบผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง

<u>การอธิบายผลการสืบค้นข้อมูลจากข้อมูลในตาราง</u>

จากรูปที่ 5.10 แสดงการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางบนสายทางหมายเลข 11 ตอนควบคุม 1401 ตั้งแต่กิโลเมตรเริ่มต้นที่ 045+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุดที่ 055+000 ในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 2004-01-01 ถึงวันที่ 2004-12-31 มีข้อมูลงานบำรุงทางเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

- ช่วงที่ 1 ตำแหน่งกิโลเมตรเริ่มต้นที่ 045+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุดที่ 050+000 ไม่มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นในช่วงสายทางนี้
- ช่วงที่ 2 ตำแหน่งกิโลเมตรเริ่มต้นที่ 050+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุดที่ 053+000 มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นในช่วงสายทางนี้ 2 งาน คือ ลำดับงานบำรุงทางที่ 1 และ 11
- ช่วงที่ 3 ตำแหน่งกิโลเมตรเริ่มต้นที่ 053+000 ถึงกิโลเมตรสิ้นสุดที่ 055+000 มีงานบำรุงทางเกิดขึ้นในช่วงสายทางนี้ 3 งาน คือ ลำดับงานบำรุงทางที่ 1, 2 และ 10

ตารางผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง เพื่อประโยชน์ในการรายงานข้อมูลได้ 2 ส่วน คือ

1) ข้อมูลช่วงสายทางที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน
2) ข้อมูลช่วงสายทางที่มีข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง

ซึ่งตำแหน่งของงานบำรุงทางถูกกำหนดในระบบการ กำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ผู้ใช้สามารถ ทำการ ตรวจสอบตำแหน่งช่วงของสายทางที่ถูกจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกันตามแนวคิดการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ซึ่งสามารถนำมาแสดงผลเปรียบเทียบกับ ข้อมูลเชิงตำแหน่งของ งานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง และทำการบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล เพื่อให้การรายงาน ข้อมูลงานบำรุงทางมีประสิทธิภาพในการบ่งบอกถึงข้อมูลเชิงตำแหน่ง

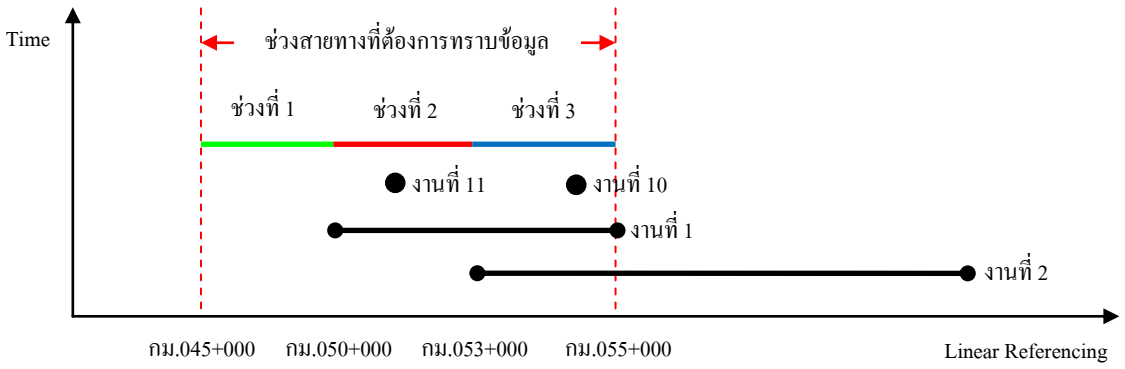
ลักษณะการบันทึกข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง

maint_id integer	m_km_start character(7)	m_km_end character(7)	gps_start_geom geometry	gps_end_geom geometry	start_date date	end_date date
1	050+000	055+000			2004-01-01	2004-01-31
2			0101000020E610000	0101000020E6100C	2004-01-31	2004-03-31
3	085+500	095+000			2004-01-31	2004-02-28

ผลลัพธ์จากการสืบค้นข้อมูล

ตำแหน่งของงานบำรุงทางที่ได้ | ตำแหน่งของงานบำรุงทางจริงที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล

ช่วงที่	ลำดับงานบำรุงทาง	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	กิโลเมตรเริ่มต้น	กิโลเมตรสิ้นสุด	กิโลเมตรเริ่มต้น(บันทึก)	กิโลเมตรสิ้นสุด(บันทึก)
1	0			045+000	050+000		
2	1	11	1400	050+000	053+000	050+000	055+000
2	11	11	1400	052+000		GPS_Coordinate	
3	1	11	1400	053+000	055+000	050+000	055+000
3	2	11	1400	053+000	055+000	GPS_Coordinate	GPS_Coordinate
3	10	11	1400	054+000		054+000	



รูปที่ 5.11 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่งของรายงานบำรุงทาง

ข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางที่ มีการรายงานผลในรูปแบบของตาราง และสามารถจะนำไปแสดงผลร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นข้อมูลประกอบการรายงานบำรุงทาง ซึ่งมีข้อมูลบางประเภทสามารถประมวลผลได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ตำแหน่งของงาน , ปริมาณงานหรือความยา วของช่วงดำเนินงานบำรุงทาง โดยมีการใช้ข้อมูลเชิงตำแ หน่งในการประมวลผลเพื่อหาปริมาณงานบำรุงทางจากข้อมูลแผนที่ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกับข้อมูลปริมาณงานที่ได้บันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล โดยสามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวร่วมกันในรูปแบบของตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณงานหรือความยาวของช่วงดำเนินงาน

ช่วงที่	ลำดับงานบำรุงทาง	กิโลเมตรเริ่มต้น	กิโลเมตรสิ้นสุด	ระยะทางในแผนที่	กิโลเมตรเริ่มต้น(บันทึก)	กิโลเมตรสิ้นสุด(บันทึก)	ระยะทางที่บันทึก	ระยะทางจริงของงาน
1	0	045+000	050+000	4.990				0.000
2	1	050+000	053+000	2.999	050+000	055+000	5.000	4.994
2	11	052+000		0.000	GPS_Coordinate		0.000	0.000
3	1	053+000	055+000	1.995	050+000	055+000	5.000	4.994
3	2	053+000	055+000	1.995	GPS_Coordinate	GPS_Coordinate	10.000	11.914
3	10	054+000		0.000	054+000		0.000	0.000

รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะความยาวที่ได้ในแต่ละช่วงของการดำเนินงานบำรุงทาง

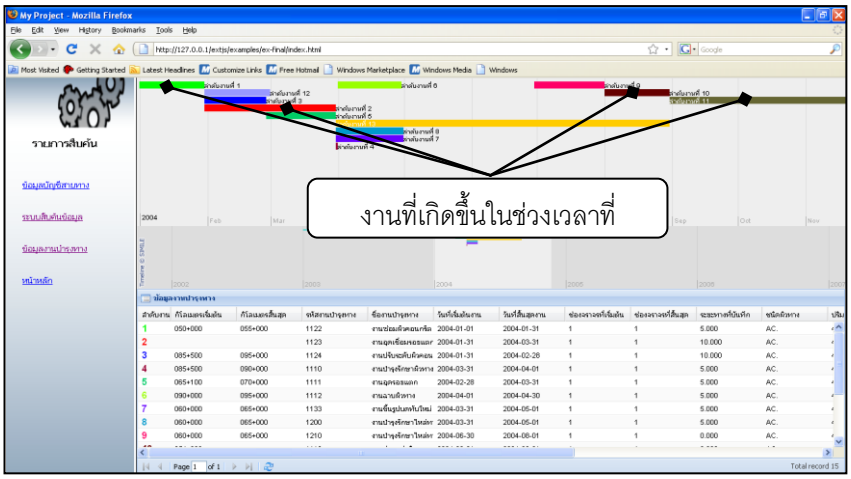
ตารางที่ 5.1 แสดงคำอธิบายลักษณะความยาวของช่วงดำเนินงานบำรุงทาง

ID	ชื่อคอลัมน์	คำอธิบาย
1	ระยะทางในแผนที่	ความยาวของช่วงสายทางที่ถูกจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทาง
2	ระยะทางที่บันทึก	ความยาวของงานบำรุงทางที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูล
3	ระยะทางจริงของงาน	ความยาวของงานบำรุงทางที่ได้จากการคำนวณในระบบ GIS

จากตารางผลการสืบค้นข้อมูลสามารถเลือกข้อมูลที่สนใจเกี่ยวข้องกับงานบำรุงทางมาแสดบนตารางโดยคลิกเครื่องหมายถูกบนหน้าข้อความหลังจากที่ทำการประมวลเรียบร้อยแล้ว มีจำนวนทั้งหมด 29 คอลัมน์ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ก . ที่กำหนดโดยผู้วิจัยซึ่งใช้แนวคิดการออกแบบตารางจากรายงานบำรุงทางที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน

รูปที่ 5.13 แสดงรายละเอียดต่างๆ ของตารางรายงานบำรุงทาง

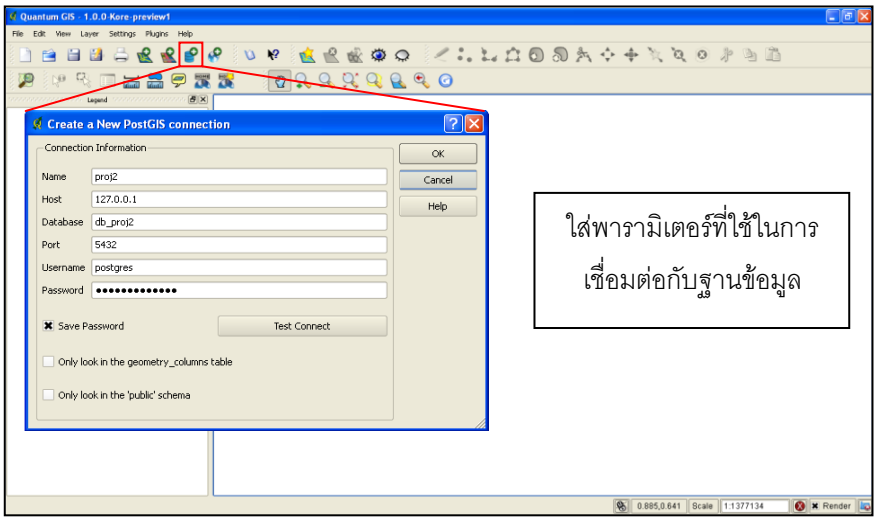
การรายงานผลข้อมูลงานบำ รุงทางที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลา Start_date และ End_date มีการใช้เครื่องมือช่วยในการอธิบายข้อมูลดังกล่าว คือ Timeline ซึ่งเป็นแผนภูมิ หรือ Diagram ที่แสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพช่วยอธิบายภาพรวมของเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาของงานบำรุงทางแต่ไม่สามารถแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง



รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะการรายงานผลข้อมูลงานบำรุงทางที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลา

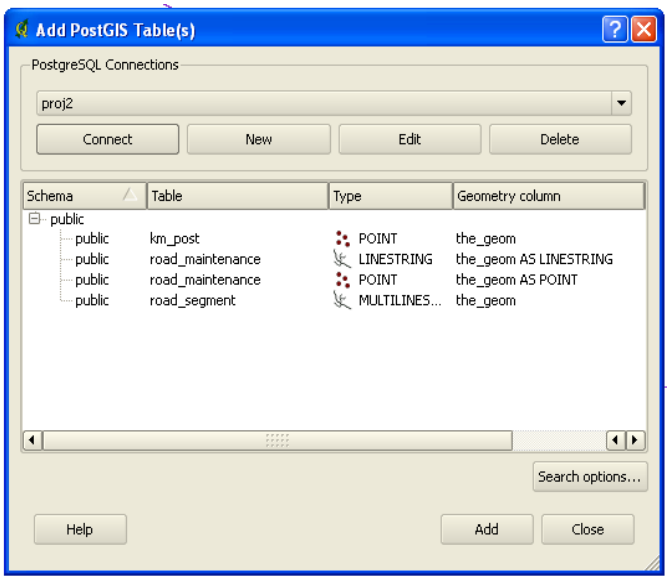
5.4.2 ผลการสืบค้นข้อมูลบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลปริภูมิโดยใช้ภาษา SQL สามารถจัดการข้อมูลเพื่อนำมาแสดงบนระบบสารสนเทศภูมิ ศาสตร์ได้หลายช่องทาง เช่น การใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS ที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL ได้โดยใช้ PostGIS Managements เป็นเครื่องมือในการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นช่องทางที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้



รูปที่ 5.15 แสดงการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS

เมื่อทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลแล้ว ผู้ใช้สามารถดึงข้อมูลปริภู มิต่างๆในฐานข้อมูลมาแสดงในรูปของแผนที่ ประกอบด้วย ข้อมูลหลักกิโลเมตร, ข้อมูลสายทาง, ข้อมูลงานบำรุงทาง



รูปที่ 5.16 แสดงการเพิ่มชั้นข้อมูลปริภูมิบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS

การจัดเก็บผลการสืบค้นข้อมูลปริภูมิในรูปแบบของตาราง โดยใช้ภาษา SQL นั้นสามารถกระทำได้อยู่ 4 รูปแบบ คือ การ Create Table, Create View, Create [Temp or Temporary] Table และ Create [Temp or Temporary] View ทำการทดสอบสืบค้นข้อมูลบน PgAdmin III และ phpPgAdmin เพื่อทดสอบชุดคำสั่ง ภาษา SQL ที่ใช้ในการจัดเก็บผลการสืบค้นข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง เพื่อให้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS สามารถเข้าถึงหรือเปิดชั้นข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

<u>เงื่อนไขการสืบค้นข้อมูล</u>

ST_classify_route_maintenance('11', '1401', '045+000', '', '2004-01-01', '2004-12-31');

<u>ทอสอบชุดคำสั่งการ Create Table</u>

CREATE TABLE event_point (

gid serial NOT NULL PRIMARY KEY, maint_id int4);

SELECT AddGeometryColumn('',' event_point ','the_geom','4326','POINT',2);

INSERT INTO event_point SELECT gid, maint_id, class_geom FROM

ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '', '2004-01-01', '2004-12-31');

RESULT Query returned successfully with no result in 1390 ms.

ทดสอบชุดคำสั่งการ Create View

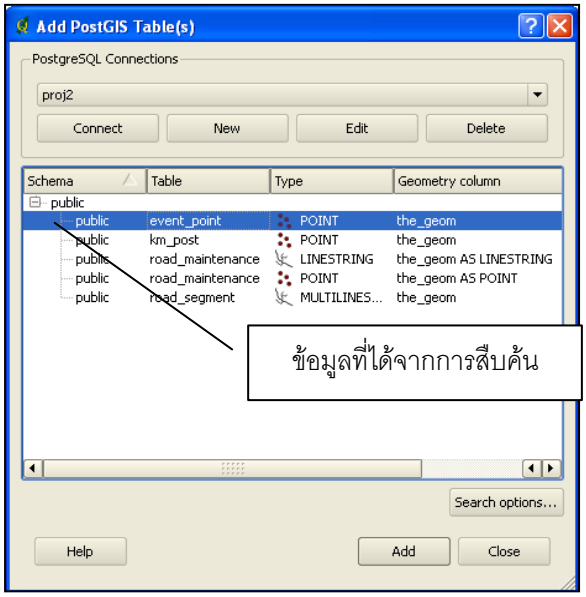
CREATE VIEW event_point **AS**

SELECT gid, maint_id, class_geom

FROM ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '', '2004-01-01',

'2004-12-31');

RESULT Query returned successfully with no result in 20 ms.



รูปที่ 5.17 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการ Create Table และ View บน Quantum GIS

จากการศึกษาพบว่า การ Create Table และการ Create View นั้นเป็นการสร้างตารางที่สามารถแสดงผลบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS ได้ภายใน Schema Name ที่กำหนด คือ Public ซึ่งเป็นโครงสร้างระบบฐานข้อมูลปริภูมิ ที่ประกอบด้วยตาราง Geometry_Columns และ Spatial_Ref_Sys ที่มีความสัมพันธ์กับตารางผลการสืบค้นข้อมูล ซึ่งการใช้วิธี Create Table นั้นสามารถลงทะเบียนข้อมูลปริภูมิดังกล่าว ในตาราง Geometry_Columns ภายในระบบฐานข้อมูลปริภูมิโดยใช้ฟังก์ชั่น AddGeometryColumn ในขณะที่ใช้วิธีการ Create View นั้นไม่สามารถใช้ฟังก์ชั่น AddGeometryColumn ในชุดคำสั่งได้ โดยเป็นเพียงตารางที่ใช้จัดเก็บข้อมูลที่มี Unique Constraint Key ที่สัมพันธ์กับตาราง Geometry_Columns และตาราง Spatial_Ref_Sys ในระบบฐานข้อมูล ซึ่งชุดคำสั่งนี้สามารถนำไปประมวลผลได้ทั้ง PgAdmin III และ phpPgAdmin

ทดสอบชุดคำสั่งการ Create Temp Table ใน PgAdmin III และการเรียกดูข้อมูล

CREATE TEMP TABLE event_point **AS**

SELECT gid, maint_id, class_geom FROM

ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '', '2004-01-01', '2004-12-31');

SELECT * FROM event_point;

RESULT Query returned successfully with no result in 1250 ms.

ทดสอบชุดคำสั่งการ Create Temp View ใน PgAdmin III และการเรียกดูข้อมูล

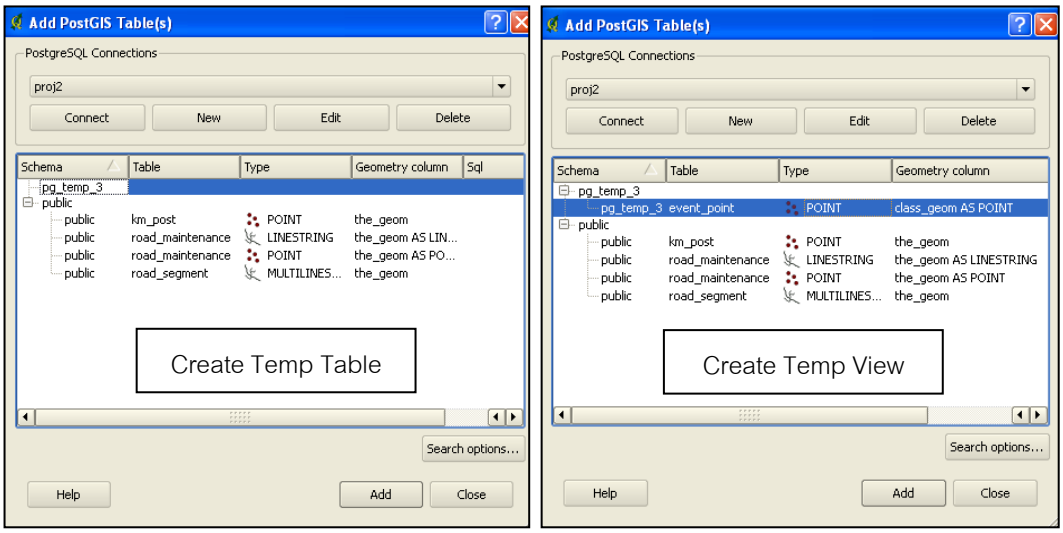
CREATE TEMP VIEW event_point **AS**

SELECT gid, maint_id, class_geom FROM

ST_classify_route_maintenance ('11', '1401', '045+000', '', '2004-01-01', '2004-12-31');

SELECT * FROM event_point;

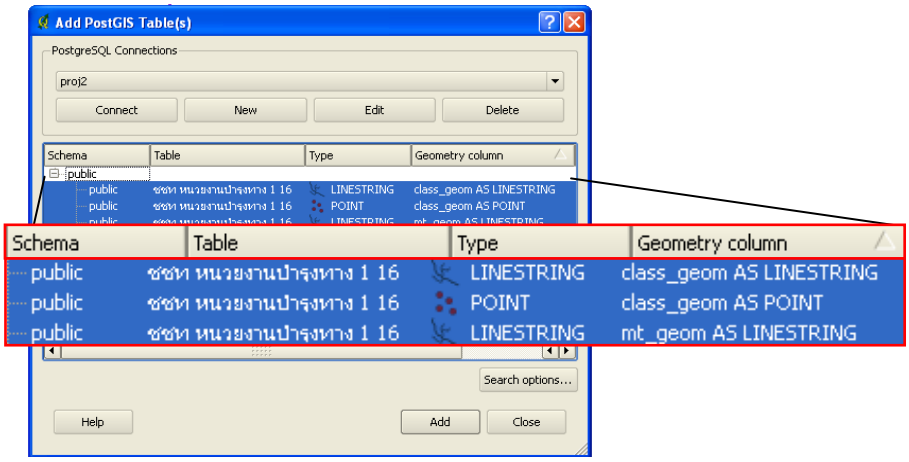
RESULT Query returned successfully with no result in 62 ms.



รูปที่ 5.18 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการ Create Temp Table และ Temp View บน Quantum GIS

การสร้างตารางชั่วคราวแบบ Temporary มีคุณลักษณะพิเศษ คือ การ Drop Table แบบ Automatic เมื่อสิ้นสุดการใช้งานหรือการทำงานของ session นั้นจบลงและมี Schema Name ที่ระบบฐานข้อมูลเป็นผู้กำหนด คือ Pg_temp_nn ภายใน Pg_catalog ดังนั้นการแสดงผลข้อมูลแบบ Temporary จึงควรเปิด session หรือชุดคำสั่งไว้เพื่อให้ Transaction ในการทำงานดำเนินต่อไปบน PgAdmin III ซึ่งการใช้ Create Temp View นั้นสามารถแสดงผลบน Quantum GIS ได้ ภายใน Schema Name ที่กำหนดคือ Pg_temp_3 ส่วนการ Create Temp Table นั้นซอฟต์แวร์ Quantum GIS ไม่สามารถแสดงผลการสืบค้นข้อมูลดังกล่าวได้

ในทางกลับกัน การนำชุดคำสั่งในการสร้างตารางแบบ Temporary ไปประมวลผลบน phpPgAdmin หรือบน Web Base Application ที่พัฒนาขึ้น ไม่สามารถนำผลการสืบค้นข้อมูลปริภูมิมาแสดงผลบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS ได้เพราะเมื่อการทำงานของ session ชุดคำสั่งนั้นจบลง ระบบจะทำการ Drop Table เมื่อสิ้นสุดการใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือก ใช้วิธีการ Create Temp View ในการแสดงผลข้อมูลรูปแบบตารางบน Web Base Application และการ Create View ในการแสดงผลข้อมูลรูปแบบ แผนที่บนซอฟต์แวร์ Quantum GIS ด้วยเหตุผลทางด้านเวลาที่ใช้ในการสืบค้นและการแสดงผลสืบค้นข้อมูลปริภูมิบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS



รูปที่ 5.19 แสดงผลการสร้างวิว (View) ในระบบฐานข้อมูล

ข้อมูลในรูปแบบวิว มีลักษณะเป็นตารางที่ประกอบด้วย Rows และ Columns ที่มีการออกแบบโครงสร้างตารางรายงานผลการสืบค้นงานบำรุงทางไว้ ที่ประกอบด้วยข้อมูลเชิงตำแหน่งของสายทางและงานบำรุงทางในรูปของ ไบนารี่ (WKB) ตามมาตรฐาน SQL-SF และมาตรฐาน SQL/MM ซึ่งสามารถใช้เป็นช่องทางเพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากระบบการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางที่พัฒนาบน Web Base Application โดยระบบจะทำการประมวลผลและส่งข้อมูลดังกล่าวมาจัดเก็บในรูปของตารางวิว เพื่อใช้แสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งบนระบบ GIS ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงตำแหน่ง 2 ประเภทในตารางวิว คือ

(1) ข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน (Column Name ::Class_geometry)

(2) ข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง (Column Name::Mt_geometry)

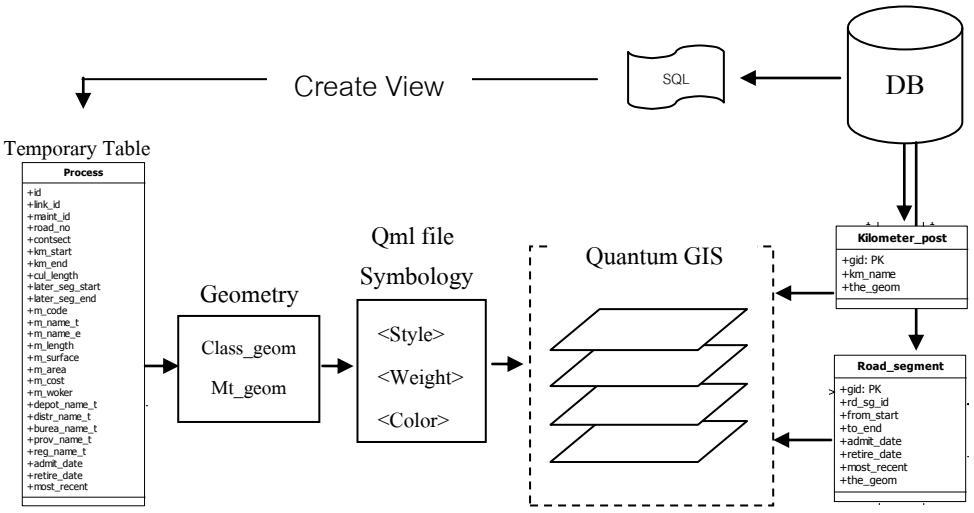
เพื่อประโยชน์ในการแสดงผลของข้อมูลงานบำรุงทางที่ให้ความชัดเจนในการอธิบายข้อมูลเชิงตำแหน่งสามารถเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 ประเภทบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการใช้แนวคิดการแสดงผลงานบำรุงทางในรูปของแผนที่อยู่ 2 วิธี คือ

(1) การจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด (Symbology)

(2) การใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Offset Polyline Editing

5.4.2.1 การจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด

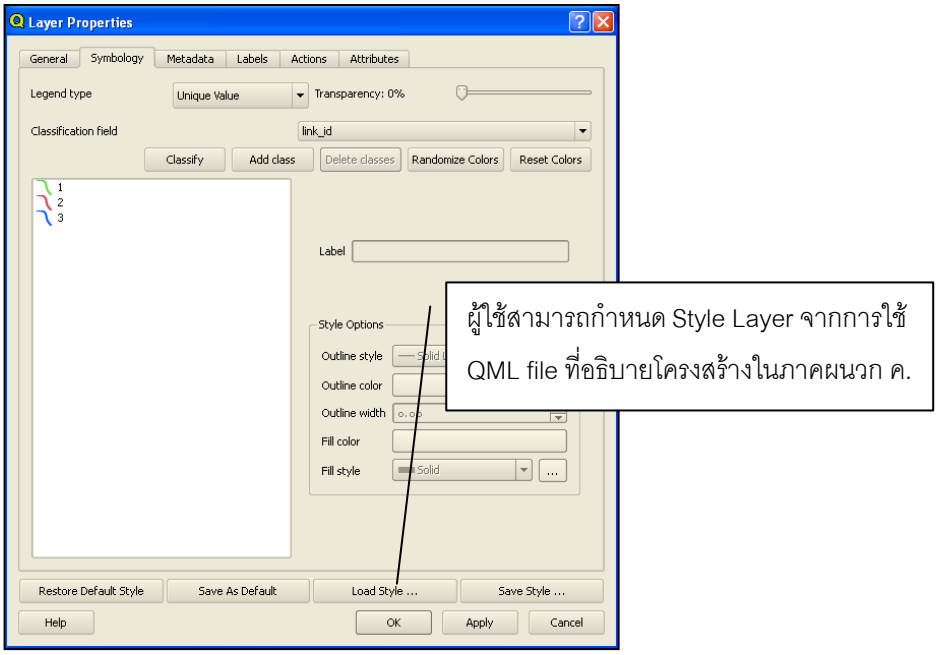
วิธีการจัดการกับลั กษณะของสีและขนาดของงานบำรุงทาง ที่ได้จาก ระบบการสืบค้นข้อมูลเรขาคณิต ประกอบด้วยข้อมูลแบบ Class_geom และข้อมูลแบบ Mt_geom เพื่อให้ผู้ใช้เห็นความแตกต่างของตำแหน่งและภาพรวมงานบำรุงทางบน ซอฟต์แวร์ซึ่งมีเครื่องมือช่วยจัดการคุณ สมบัติของสีและขนาด ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบดังกล่าวได้ด้วยตนเองตามมาตรฐานของหน่วยงานที่กำหนด เพื่อให้เป็นรูปแบบเดียวกัน สามารถสื่อความหมายให้ผู้ใช้ภายในหน่วยงานมีความเข้าใจ ตรงกัน เป็นแนวคิดที่ใช้ในการจัดการแสดงผลในรูปของแผนที่รูปแบบหนึ่ง



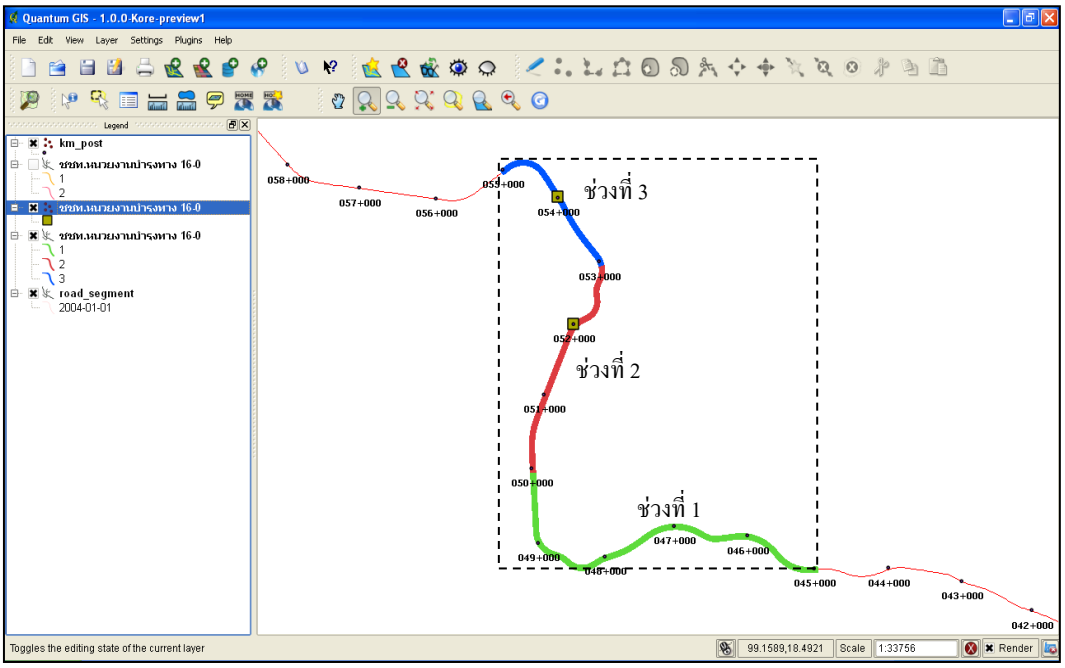
รูปที่ 5.20 แสดงแนวคิดการจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด

เนื่องจากบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS สามารถจัดเก็บข้อมูลคุณลักษณะของสีและขนาดในแต่ละ Feature ได้โดยการกำหนดสีและขนาดของ Feature ที่ต้องการแล้วบันทึกเป็น Qml file (*.qml) เมื่อต้องการนำข้อมูลผลการสืบค้นแส ดงอีกครั้ง ผู้ใช้สามารถโหลดไฟล์นี้เข้าสู่ชั้นข้อมูลที่ต้องการเพื่อให้รูปของการรายงานผลตรงกับความต้องการ

- การจัดการลักษณะของสีและขนาดของ ข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน โดยเลือกการจำแนกข้อมูล Link_id บนเครื่องมือ Classification field ซึ่งได้ผลลัพธ์มาทั้งหมด 3 feature ตามรูปที่ 5.21 และแสดงผลในรูปที่ 5.22

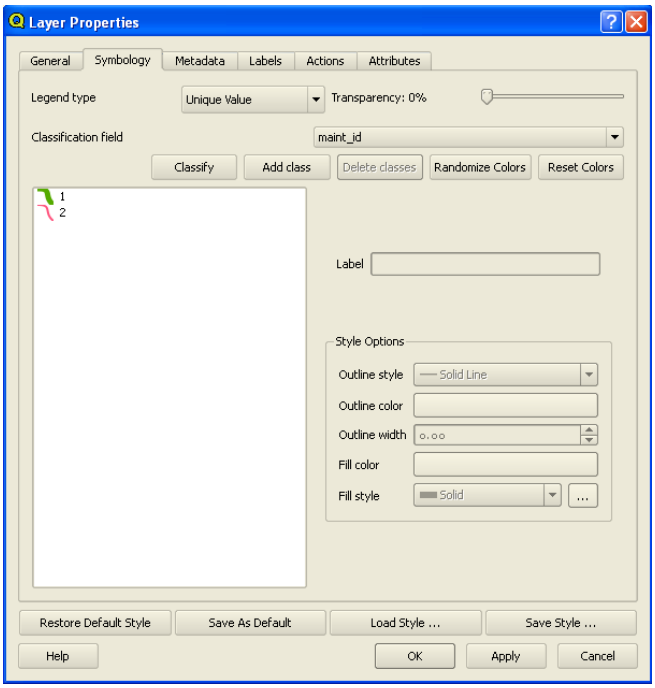


รูปที่ 5.21 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานที่แตกต่างกัน

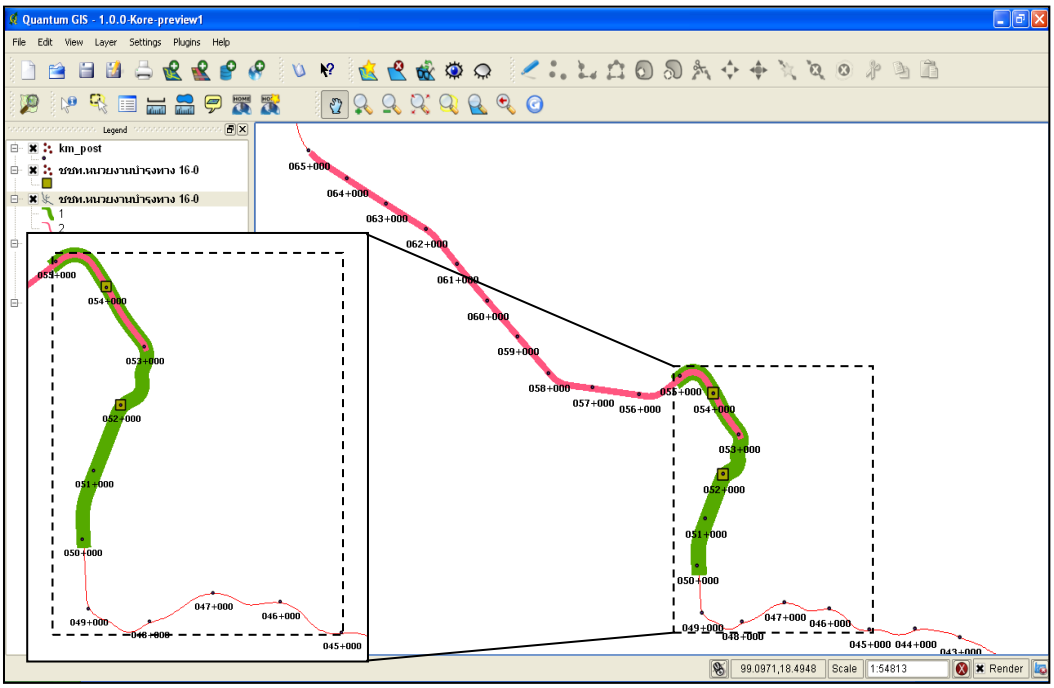


รูปที่ 5.22 แสดงผลการกำหนดสีและขนาดข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานที่แตกต่างกัน

- การจัดการกับลักษณะของสีและขนาดของ ข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง โดยเลือกการจำแนกข้อมูล maint_id บนเครื่องมือ Classification Field ซึ่งได้ผลลัพธ์มาทั้งหมด 2 Feature ตามรูปที่ 5.23 และแสดงผลในรูปที่ 5.24

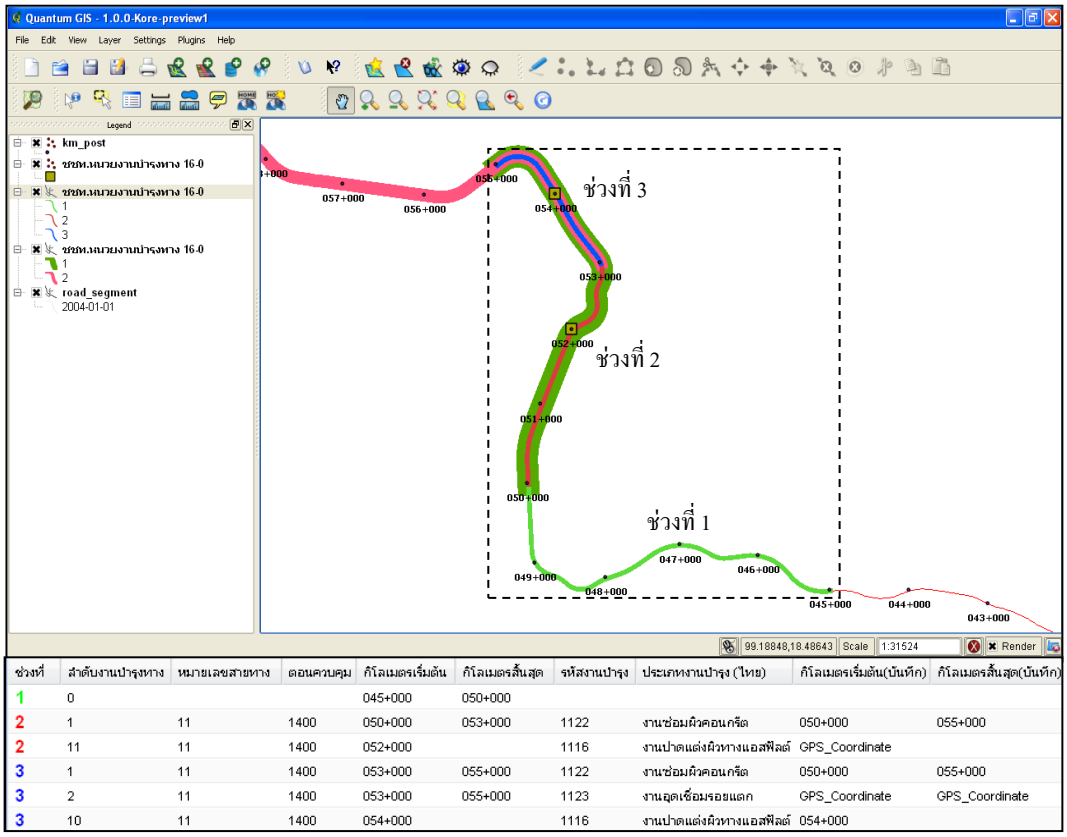


รูปที่ 5.23 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดข้อมูลงานที่ต่อเนื่องกัน



รูปที่ 5.24 แสดงผลการกำหนดสีและขนาดข้อมูลงานที่ต่อเนื่องกัน

จากรูปแบบการแสดงผลการสืบค้น ข้อมูลโดยใช้วิธีการจัดการกับลักษณะของสีและขนาดของ งานบำรุงทาง โดยผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลเรขาคณิ ตของงานบำรุงทาง ซึ่งประกอบด้วย Classe_geom และ Mt_geom มาแสดงผลร่วมกันเพื่อใช้วิเคราะห์ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง

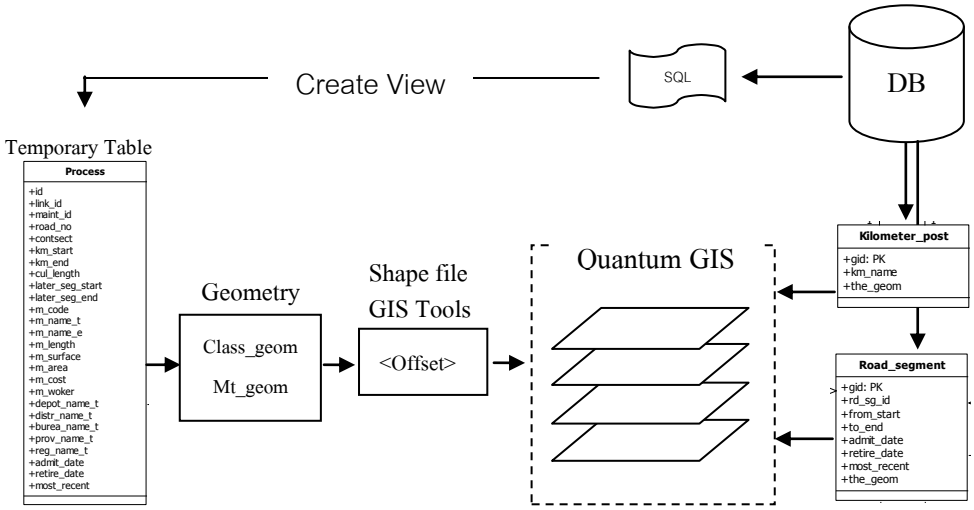


ช่วงที่	ลำดับงานบำรุงทาง	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	กิโลเมตรเริ่มต้น	กิโลเมตรสิ้นสุด	รหัสงานบำรุง	ประเภทงานบำรุง (ไทย)	กิโลเมตรเริ่มต้น(บันทึก)	กิโลเมตรสิ้นสุด(บันทึก)
1	0			045+000	050+000				
2	1	11	1400	050+000	053+000	1122	งานซ่อมผิวคอนกรีต	050+000	055+000
2	11	11	1400	052+000		1116	งานปาดแต่งผิวทางแอสฟัลต์	GPS_Coordinate	
3	1	11	1400	053+000	055+000	1122	งานซ่อมผิวคอนกรีต	050+000	055+000
3	2	11	1400	053+000	055+000	1123	งานอุดเชื่อมรอยแตก	GPS_Coordinate	GPS_Coordinate
3	10	11	1400	054+000		1116	งานปาดแต่งผิวทางแอสฟัลต์	054+000	

รูปที่ 5.25 แสดงผลข้อมูลงานในรูปแบบของแผนที่ด้วยวิธีการกำหนดสีและขนาด

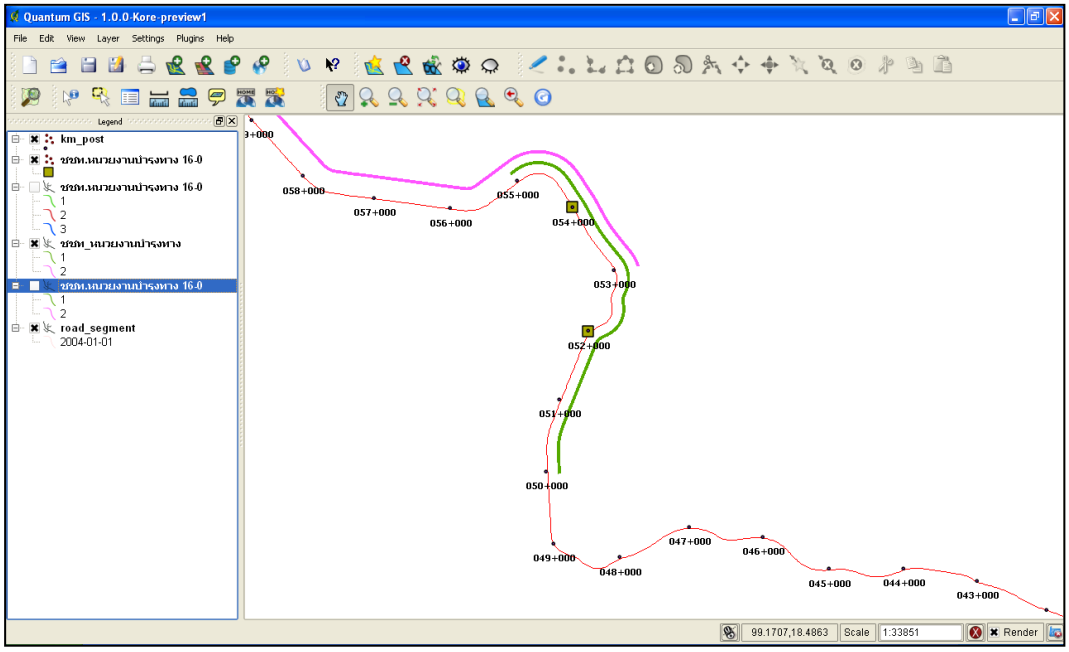
5.4.2.2 การใช้เครื่องมือจัดการข้อมูลเชิงตำแหน่งโดยวิธีการ Offset Polyline Editing

การใช้ เครื่องมือจัด การข้อมูลเชิงตำแหน่ง ของงานบำรุงทาง ที่นำมาใช้คือการ Offset Polyline Editing กับข้อมูลเรขาคณิต ของงานบำรุงทาง ที่ประกอบด้วย ข้อมูลแบบ Class_geom และแบบ Mt_geom เพื่อให้ผู้ใช้เห็นความแตกต่างของตำ แหน่งและภาพรวมงานบำรุงทางบน ซอฟต์แวร์ Quantum GIS ซึ่งใช้กระบวนการ Offset เฉพาะข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้น บนสายทาง (Mt_geom) เท่านั้น ซึ่ง เป็นการย้ายข้อมูลเรขาคณิตของงาน บำรุงทาง ในแนวตั้งฉากกับแนวเส้นของงานบำรุงทางเดิมเป็นแนวคิดที่ใช้ในการจัดการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่อีกรูปแบบหนึ่ง



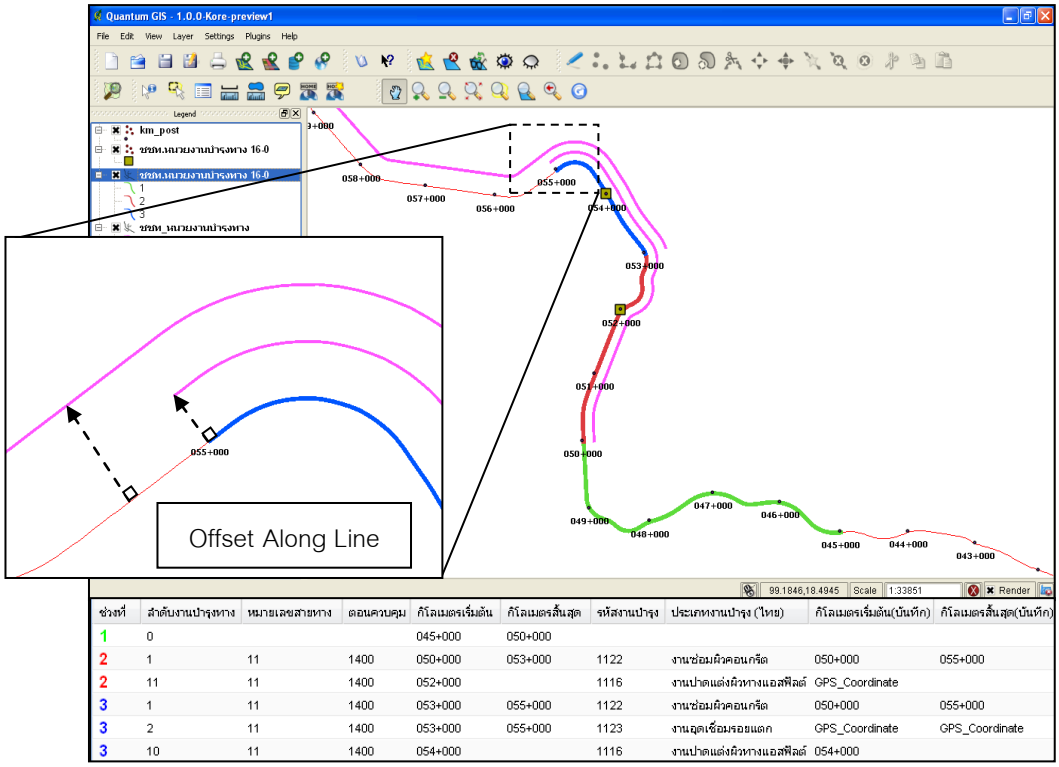
รูปที่ 5.26 แสดงแนวคิดการใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง

การใช้กระบวนการ Offset ในระยะทางที่ผู้ใช้กำหนด ผู้ใช้สามารถใช้วิธีการนี้โดยการบันทึกข้อมูลจากซอฟต์แวร์ Quantum GIS ในรูปแบบของ Shape file (*.shp) เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลบนซอฟต์แวร์ สารสนเทศภูมิศาสตร์ อื่นๆ ที่มีเครื่องมือช่วย ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง (GIS Tools) ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เช่น เครื่องมือ Offset Polyline Editing แล้วนำข้อมูลเรขาคณิตแบบ Mt_geom ที่ได้มาแสดงผลร่วมกับข้อมูลเรขาคณิตแบบ Class_geom ที่ได้จากระบบสืบค้นข้อมูล และแสดงผลในรูปแบบของแผนที่บนซอฟต์แวร์ Quantum GIS



รูปที่ 5.27 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือ Offset Polyline Editing

การแสดงผลข้อมูลงานบำรุงทางในรูปแบบของแผนที่ โดยใช้กระบวนการ Offset ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ สามารถแสดงความแตกต่างเชิงตำแหน่ง ระหว่างช่วงงานบำรุงทางแต่ละงานและภาพรวมของข้อมูลงานบำรุงทางจากระบบสืบค้นข้อมูล สามารถนำผลการสืบค้นข้อมูลมาแสดงผลบนซอฟต์แวร์ Quantum GIS



ช่วงที่	ลำดับงานบำรุงทาง	หมายเลขสายทาง	ตอนควบคุม	กิโลเมตรเริ่มต้น	กิโลเมตรสิ้นสุด	รหัสงานบำรุง	ประเภทงานบำรุง (ไทย)	กิโลเมตรเริ่มต้น(บันทึก)	กิโลเมตรสิ้นสุด(บันทึก)
1	0			045+000	050+000				
2	1	11	1400	050+000	053+000	1122	งานซ่อมผิวคอนกรีต	050+000	055+000
2	11	11	1400	052+000		1116	งานปาดแต่งผิวทางแอสฟัลต์	GPS_Coordinate	
3	1	11	1400	053+000	055+000	1122	งานซ่อมผิวคอนกรีต	050+000	055+000
3	2	11	1400	053+000	055+000	1123	งานอุดเชื่อมรอยแตก	GPS_Coordinate	GPS_Coordinate
3	10	11	1400	054+000		1116	งานปาดแต่งผิวทางแอสฟัลต์	054+000	

รูปที่ 5.28 แสดงผลข้อมูลงานในรูปแบบของแผนที่ด้วยเครื่องมือ Offset Polyline Editing

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 ผลลัพธ์ของการวิจัย

แนวทางในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง มีเป้าหมายในการดำเนินงาน คือ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิเพื่อใช้ในระบบสืบค้นข้อมูลสำหรับงานบำรุงทาง โดยมีการผนวกรวมสารสนเทศที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบสืบค้นเข้าด้วยกัน เป็นระบบฐานข้อมูล ปริภูมิเชิงสัมพันธ์ ประกอบด้วย กลุ่มข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง , กลุ่มข้อมูลบัญชีสายทาง, กลุ่มข้อมูลหลักกิโลเมตร และกลุ่มข้อมูลงานบำรุงทาง บนซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูลปริภูมิและการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software: FOSS)

6.1.1 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิให้สอดคล้องกับสารสนเทศที่กำหนด มีอยู่ด้วยกัน 2 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลสายทางและ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับงานบำรุงทาง บนข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง โดยใช้การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ ช่วยในการอธิบายโครงสร้างดังกล่าว ภายใต้แนวคิด การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสายทางสำหรั บระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ Digital Road Atlas1, GIS-T และ NCHRP 20-27(3) ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลและเป็นที่นิยมใช้กับข้อมูลสายทาง รวมไปถึงรูปแบบของข้อมูลสายทางที่ใช้ในการวิจัยนี้และสนับสนุนรูปแบบฐานข้อมูลปริภูมิเชิงสัมพันธ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ทางด้านตำแหน่ง มีการจัดเก็บข้อมูลเรขาคณิต ของสายทาง ตามมาตรฐานโครงสร้างข้อมูลปริภูมิ Simple Feature ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงวัตถุ OGC Geometry Object Model ในรูปแบบของตารางที่จัดเก็บข้อมูล เชิงตำแหน่งในรูปแบบของ WKB และโดยกำหนด ความสัมพั นธ์ระหว่างตาราง ภายในระบบฐานข้อมูลปริภูมิ เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง

จากการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลงานบำรุงทาง สามารถจัดการกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงตำแหน่ง ของสายทางและงานบำรุงทาง ทั้งที่ได้จากการคำนวณบนระบบการ กำหนดตำแหน่ง อ้างอิง บนสายทางหรือ ค่าพิกัดที่ได้จากเครื่ องมือระบุตำแหน่งโดยอาศัยสัญญาณดาวเทียม GPS รวมไปถึง รูปแบบการจัดการ ข้อมูล เชิง เวลา โดยมีการออกแบบโครงสร้าง

ฐานข้อมูลเพื่อรองรับ รูปแบบการจัดเก็บ ข้อมูลเชิงตำแหน่งและข้อมูลช่วงเวลาอย่างเป็นระบบ ทำให้การสืบค้นและการวิเคราะห์ข้อมูลปริภูมิในรูปแบบของตารางมีประสิทธิภาพ

6.1.2 การพัฒนาระบบสืบข้อมูล

การพัฒนา โปรแกรมประยุกต์ เบื้องต้นสำหรับการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทางในลักษณะ Web Base Application และสามารถแสดงผลผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้แนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง และระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ซึ่งสามารถสืบค้นและช่วยวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบทางด้านตำแหน่งของงานบำรุงทางและช่วงเวลา โดยใช้ภาษา PL/SQL และขีดความสามารถในการจัดการข้อมูลเรขาคณิต ที่เกี่ยวข้องกับสายทาง ของระบบฐานข้อมูล PostgreSQL ในการสืบค้นสารสนเทศ ตามมาตรฐานสากล SQL-SF และมาตรฐาน SQL/MM โดยมีแนวคิดในการวิเคราะห์ข้อมูลงานบำรุงทางอยู่ 2 ส่วน คือ

(1) <u>การกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทางที่อ้างอิงกับข้อมูลหลักกิโลเมตร (Point)</u>

ผลลัพธ์ที่ได้จากการ กำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทาง ที่อ้างอิงกับข้อมูลหลักกิโลเมตร มีความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลหลักกิ โลเมตร โดยสามารถตรวจสอบได้จากการคำนวณระยะห่างของหลักกิโลเมตรที่ใช้อ้างอิง (%Locate_start เท่ากับ 0) ถึงตำแหน่งของเหตุการณ์ (%Locate_end มีหน่วยเป็นเมตร) ในกรณีข้อมูลมีลักษณะเป็นช่วงของงานบำรุงทางที่ใช้ข้อมูลหลักกิโลเมตรมากกว่า 1 แห่งเป็นจุดอ้างอิง พบว่ามีค วามแตกต่างกันของความยาวระหว่าง Length_{GIS} กับ Length_{LRS} ขึ้นอยู่กับความถูกต้องเชิงตำแหน่งข้อมูลหลักกิโลเมตร

การค้นหาข้อมูลหลักกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลเรขาคณิตเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เพราะการใช้รูปแบบความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างสายทางกับหลักกิโลเมตร มีข้อจำกัดคือ ในกรณีที่ข้อมูลหลักกิโลเมตรมีตำแหน่งใกล้กับสายทางมากกว่า 1 สายทาง เช่น บริเวณทางแยกของสายทาง จึงไม่สามารถบอกได้ว่าหลักกิโลเมตรดังกล่าวเป็นจุดอ้างอิงบนสายทางใด หรือ ข้อมูลหลักกิโลเมตรมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งน้อยกว่าที่กำหนด จึงต้องใช้เงื่อนไขอื่ นๆ ช่วยในกา ร สืบค้นข้อมูล เช่น การใช้ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างหลักกิโลเมตร เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลก่อนการจัดเก็บลงสู่ระบบฐานข้อมูลเพื่อให้บริการข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

(2) <u>การแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน</u>

จากวัตถุประสงค์ของการสืบค้นข้อมูล เพื่อต้องการ วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบทางด้านตำแหน่งของ งานบำรุงทาง และช่วงเวลา บนสายทางที่กำหนด สามารถนำมาใช้แสดงผลในรูปแบบของตารางและบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- ข้อมูลที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน เป็นลักษณะการรายงานผลเพื่อแสดงความถี่ของงานบำรุงทางและลักษณะต่างๆของงานที่เกิดขึ้น
- ข้อมูลงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง เป็ นลักษณะการรายงานผลเพื่อแสดงความต่อเนื่องของงานบำรุงทางที่เกิดขึ้น

ลักษณะการรายงานผลมีอยู่ 2 ช่องทาง คือ การรายงานผลในรูปแบบของตารางบน Web Base Application และการรายงานผลในรูปแบบของแผนที่บน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้ เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช่ผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งในส่วน ของการรายงานผลในรูปแบบของแผนที่ นั้น ผู้ใช้สามารถจัดการ ข้อมูลแผนที่โดยใช้เครื่องมือในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้การแสดงผลมีความชัดเจนและง่ายต่อการพิจารณาตำแหน่งของงานบำรุงทางได้ 2 วิธีการ คือ

(1) การจัดการลักษณะคุณสมบัติของสีและขนาด (Symbology)

(2) การใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Offset Polyline Editing

6.2 ข้อจำกัดของระบบ

(1) ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลงานบำรุงทางนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วิเคราะห์ช่วงความแตกต่างของจำนวนงานบำรุงทางที่เกิดขึ้นบนสายทาง มีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลบนสายทางที่ผู้ใช้สนใจเท่านั้น

(2) ข้อมูล สายทางที่ใช้ในการประมวลผล ควรมีลักษณะเป็น Linestring ที่เชื่อมต่อเนื่องกัน เพื่อให้การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางมีความถูกต้อง เนื่องจากรูปแบบข้อมูลที่เป็น MultiLinestring ไม่สามารถประมวลผล โดยใช้ฟังก์ชั่น Linear Referencing System ได้ซึ่งอาจเกิดจากการบันทึกข้อมูลผิดพลาดหรือ กรณีทางเลี่ยงเมืองสายใหม่ (New bypass) ที่ยังคงใช้หมายเลขสายทางและตอนควบคุมเดิม

(3) Web Base Application ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง ตามแนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลปริภูมิของงานบำรุงทางบนระบบฐานข้อมูล โดยเลือกใช้ช่องทาง เชื่อมต่อ มาตรฐาน สากล OGC SQL-Simple Feature ในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Client กับ Database Server โดยตรง เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการ บริหารจัดการและใช้ฟังก์ชั่นที่พัฒนาโดยใช้ภาษา PL/SQL ในการสืบค้นข้อมูลปริภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถ ใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS เชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลกลางในการปรับปรุงข้อมูล

(4) การจัดเก็บผลการสืบค้นข้อมูลงานบำรุงทาง สามารถจัดเก็บ ข้อมูลได้หลายลักษณะ เช่น Create Table, View, Temporary Table และ Temporary View นำมาใช้เป็นช่องทางในการนำผลการสืบค้นมาแสดงผล โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ 2 วิธี คือ

ในการ Create View เมื่อต้องการนำผลการสืบค้นข้อมู ลมาแสดงบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพราะไม่เป็นการกระทบต่อโครงสร้างฐานข้อมูลในระบบและสามารถมองเห็นได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS แต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ดูแลระบบ (Super user) จะต้องทำการลบข้อมูลการรายงานผลเป็นระยะๆ เพื่อ ไม่ให้มีข้อมูลขยะ (เอกสารที่ไม่ใช้แล้ว) ในระบบฐานข้อมูล

การ Create Temporary View เมื่อไม่ต้องการนำผลการสืบค้นข้อมูลมาแสดงบนระบบ GIS โดยไม่เป็นการกระทบต่อโครงสร้างฐานข้อมูลเช่นเดียวกันและจะลบข้อมูลการรายงานผลเองแบบอัตโนมัติ เมื่อสิ้นสุดการเชื่อมต่อกับฐาน ข้อมูล แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถมองเห็นได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ Quantum GIS

ดังนั้นด้วยเหตุผลการใช้งานที่แตกต่างกันของผู้ใช้ จึงมีการออกแบบระบบให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่ต่างกัน

6.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

(1) ตำแหน่งของหลักกิโลเมตรควรสอดคล้องกับข้อมูลสายทาง เพื่ อให้การกำหนดตำแหน่งของงานบำรุงทางที่อ้างอิงจากหลักกิโลเมตรนั้นไม่มีความคลาดเคลื่อน จึงควรตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลก่อนให้บริการ

(2) รูปแบบโครงสร้างข้อมูลสายทางที่จะนำมาใช้ในการประมวลผลบนระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ควรมีรูปแบบที่เหมาะสม คือ มีความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของสายทาง

(3) สามารถพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับสายทางได้เพิ่มเติม เพราะโครงสร้างที่ทำการออกแบบไว้ให้มีความยืดหยุ่น สามารถรองรับข้อสารสนเทศจากงานด้านงานทางต่างๆที่มีการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง

(4) รูปแบบโครงสร้างข้อมูลสายทางในงานวิจัยนี้เป็ นแบบแนวเส้นกลางบนสายทาง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้บน โครงสร้างข้อมูลสายทางแบบ แนวเส้นกลางบนช่องจราจร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์. ไทยเจริญการพิมพ์. 2548.

ณรงค์ ไชยวงศ์. รักษาราชการแทนผู้อำนวยการกองบำรุง. รายละเอียดรหัสงานและลักษณะงานบำรุงทาง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ กองบำรุง กรมทางหลวง, 2544.

ไพศาล สันติธรรมนนท์. เอกสารประกอบการเรียน การใช้งาน Linear Referencing (LR) และสำหรับ geospatial database. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

สฤษดิ์ ชูอิสสระ. การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่องานทางของกรมทางหลวง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ภาษาอังกฤษ

BC. Digital Road Atlas Database Model and Roads Atlas of BC. Canada. [Online]. 1998. Available from: http://bcdra.refractions.net/ [2007, October 15].

Butler. Al. Transportation Networks in ArcGIS: An Alternative to Geometric Networks GIS Director. [Online]. (n.d.). Available from: http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0437/p0437.htm [2008, January 10].

Dueker K. Butler JA. GIS-T Enterprise Data Model with Suggested Implementation Choices. [Online]. 1998. Available from: http://www.upa.pdx.edu/CUS/publications/docs/PR101.pdf [2007, December 20]

FEKPE Edward. Spatial Data Quality and Transportation Applications. FIG Regional Conference Accra, Ghana, March 8-1. [Online]. 2006. Available from www.fig.net/pub/accra/papers/ts23/ts23_06_fekpe.pdf [2007, October 15].

HTC. Principles of Location Referencing. Report to Transit New Zealand. HTC Infrastructure Management Ltd. [Online]. 2001. Available from : www.lpcb.org/lpcbdownloads/papers/2001lrprinciples.pdf. [2007, December 1]

Knut Stolze. The Standard to Manage Spatial Data in Relational Database Systems (SQL/MM Spatial). Germany. [Online]. 1994. Available from: http://doesen0.informatik.uni-leipzig.de/proceedings/paper/68.pdf [2007, October 15]

Malaikrisanachalee S. and Adams T. Lane-Based Network for Flow Analysis and Inventory Management of Transportation Networks : University of Wisconsin-Madison, (T E24704) [Online]. 2004. Available from: http://trb.metapress.com/content/054n046k833377x7/fulltext.pdf. 155 p. [2007, October 15].

Neil Matthew and Richard Stones. Beginning Databases with PostgreSQL. From Novice to Professional, Second Edition (ISBN:1-59059-478-9). USA. Christopher R. Bennett, Alondra Chamorro, Chen Chen, Hernan de Solminihac, Gerardo W. Flintsch. 2005.

OpenGIS Consortium. OpenGIS Simple Features Specification for SQL, Revision 1.2. [Online]. 2006. Available from: http://www.opengeospatial.org/standards/sfs [2008, January 15].

Teresa M. Adams. Functional Requirements for a Comprehensive Transportation Location Referencing System. USA: Department of Civil and Environmental Engineering. University of Wisconsin-Madison. (WI 53706). [Online]. 2002. Available from: http://ntl.bts.gov/lib/10000/10900/10986/026ppr.pdf . [2008, March 17].

Vonderohe. A, Hepworth.T, A methodology for design of measurement systems for linear referencing. Journal of the Urban and Regional Information Systems Association 10 (1), 1998. pp 49.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

ตารางที่ ก.1: ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง (Road Segment)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Rd_sg_id	Character (20)	หมายเลขรหัสสายทาง
From_start	Integer	กิโลเมตรเริ่มต้น
To_end	Integer	กิโลเมตรสิ้นสุด
Admit_date	Date	วันที่เริ่มต้น
Retire_date	Date	วันที่สิ้นสุด
Most_recent	Boolean	สถานการณ์ใช้งาน
The_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง

ตารางที่ ก.2: ข้อมูลประวัติสายทาง (Road Information)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Rd_sg_id	Character (20)	หมายเลขรหัสสายทาง
Road_no	Integer	หมายเลขสายทาง
Contsect	Integer	หมายเลขตอนควบคุม
Cs_name_t	Character (100)	ชื่อตอนควบคุม (ไทย)
Cs_name_e	Character (100)	ชื่อตอนควบคุม (อังกฤษ)
Rd_length	Numeric (20,3)	ความยาวของหมายเลขรหัสสายทาง
Km_start	Character (10)	กิโลเมตรเริ่มต้น
Km_end	Character (10)	กิโลเมตรสิ้นสุด
Travactor_direction	Character (5)	ทิศทางของสายทาง
Numoflane	Integer	จำนวนช่องจราจร
Rd_speed	Numeric (20,3)	ความเร็ว (km/h)
Rd_class	Integer	ประเภทของสายทาง
Rd_row	Character (10)	ความกว้างเขตทาง (m)

ตารางที่ ก.2: ข้อมูลประวัติสายทาง (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Rd_aadt	Integer	ปริมาณจราจร (คัน/ปี)
Surf_code	Integer	รหัสผิวทาง
Surf_width	Numeric (10,2)	ความกว้างผิวทาง
Shou_code	Integer	รหัสไหล่ทาง
Shou_width	Numeric (10,2)	ความกว้างไหล่ทาง
Med_code	Integer	รหัสเกาะกลางสายทาง
Med_width	Character (15)	ความกว้างเกาะกลางสายทาง
Depot_code	Integer	รหัสหมวดการทาง
Distr_code	Integer	รหัสแขวงการทาง
Burea_code	Integer	รหัสสำนักสายทาง
Prov_code	Integer	รหัสจังหวัด
Region_code	Integer	รหัสภูมิภาค
Admit_date	Date	วันที่เริ่มต้น
Retire_date	Date	วันที่สิ้นสุด
Most_recent	Boolean	สถานการณ์ใช้งาน

ตารางที่ ก.3: ข้อมูลรหัสไหล่ทาง (Road Shoulder)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Shou_code	Integer	รหัสไหล่ทาง
Shou_type	Character (10)	ประเภทไหล่ทาง
Shou_name	Character (20)	ชื่อไหล่ทาง (ไทย)

ตารางที่ ก.4: ข้อมูลรหัสเกาะกลาง (Road Median)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Med_code	Integer	รหัสเกาะกลางสายทาง
Med_status	Character (5)	สถานะเกาะกลางสายทาง

ตารางที่ ก.5: ข้อมูลรหัสผิวทาง (Road Surface)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Surf_code	Integer	รหัสผิวทาง
Surf_tpye	Character (10)	ประเภทผิวทาง
Surf_name	Character (20)	ชื่อผิวทาง (ไทย)

ตารางที่ ก.6: ข้อมูลรหัสสำนักสายทาง (Road Bureau)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Burea_code	Integer	รหัสสำนักสายทาง
Burea_name_t	Character (50)	ชื่อสำนักสายทาง (ไทย)
Burea_name_e	Character (50)	ชื่อสำนักสายทาง (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.7: ข้อมูลรหัสแขวงการทาง (Road District)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Distr_code	Integer	รหัสแขวงการทาง
Distr_name_t	Character (50)	ชื่อแขวงการทาง (ไทย)
Distr_name_e	Character (50)	ชื่อแขวงการทาง (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.8: ข้อมูลรหัสหมวดการทาง (Road Depot)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Distr_code	Integer	รหัสหมวดการทาง
Distr_name_t	Character (50)	ชื่อหมวดการทาง (ไทย)
Distr_name_e	Character (50)	ชื่อหมวดการทาง (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.9: ข้อมูลรหัสจังหวัด (Road Province)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Prov_code	Integer	รหัสจังหวัด
Prov_nod	Integer	รหัสจังหวัด (หน่วยงานสายทาง)
Prov_mot	Integer	รหัสจังหวัด (กระทรวงมหาดไทย)
Prov_name_t	Character (20)	ชื่อจังหวัด (ไทย)
Prov_name_e	Character (20)	ชื่อจังหวัด (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.10: ข้อมูลรหัสภูมิภาค (Road Region)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Reg_code	Integer	รหัสภูมิภาค
Reg_name_t	Character (30)	ชื่อภูมิภาค (ไทย)
Reg_name_e	Character (30)	ชื่อภูมิภาค (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.11: ข้อมูลงานบำรุงทาง (Road Maintenance)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Maint_id	Integer	ลำดับงานบำรุงทาง
M_km_start	Character (7)	กิโลเมตรเริ่มต้น
M_km_end	Character (7)	กิโลเมตรสิ้นสุด

ตารางที่ ก.11: ข้อมูลงานบำรุงทาง (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Later_seg_start	Integer	ตำแหน่งช่องจราจรเริ่มต้นของงาน
Later_seg_end	Integer	ตำแหน่งช่องจราจรสิ้นสุดของงาน
Direction	character(5)	ทิศทางงานบำรุงทางบนสายทาง
M_code	Integer	รหัสงานบำรุงทาง
M_length	numeric(8,3)	ความยาวของงานบำรุงทาง
M_surface	character(5)	ผิวทางที่ได้ปรับแก้
M_area	character(5)	ปริมาณงานบำรุงทาง
M_cost	Integer	งบประมาณที่ใช้ในงานบำรุงทาง
M_worker	character(30)	ผู้ดูแลรับผิดชอบ
M_standard	character(30)	มาตรฐานงานทาง
Start_date	Date	วันที่เริ่มต้นงานตามสัญญาจ้าง
End_date	Date	วันที่สิ้นสุดงานตามสัญญาจ้าง
LRS_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทางที่ได้จากการประมวลผล Trigger Function
Gps_start_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทางที่ได้จากเครื่องมือ GPS ณ ตำแหน่งเริ่มต้นของงาน โดยใช้ฟังก์ชั่น ST_makepoint(Lat, Long) และ ST_line_locate_point() และ ST_line_interpolate_point()
Gps_end_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทางที่ได้จากเครื่องมือ GPS ณ ตำแหน่งสิ้นสุดของงาน โดยใช้ฟังก์ชั่น ST_makepoint(Lat, Long) และ ST_line_locate_point() และ ST_linesubstring()

ตารางที่ ก.12: ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสายทางกับงานบำรุงทาง (Link Maintenance)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Maint_id	Integer	ลำดับงานบำรุงทาง
Rd_sg_id	Character (20)	หมายเลขรหัสสายทาง

ตารางที่ ก.13: ข้อมูลรหัสงานบำรุงทาง (Maintenance Description)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
M_code	Integer	รหัสงานบำรุงทาง
M_name_t	Character (80)	ชื่องานบำรุงทาง (ไทย)
M_name_e	Character (80)	ชื่องานบำรุงทาง (อังกฤษ)

ตารางที่ ก.14: ข้อมูลหลักกิโลเมตร (Kilometer Post)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Km_name	Character (7)	ชื่อหลักกิโลเมตร
The_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิต

ตารางที่ ก.15: ข้อมูลทะเบียนเรขาคณิต (Geometry Columns)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Srid	Integer	หมายเลขกำหนดรูปแบบการฉายและพื้นหลักฐานอ้างอิง
F_table_catalog	character (256)	ชื่อ Table Catalog ที่ใช้ในฐานข้อมูล
F_table_schema	character (256)	ชื่อ Schema Name
F_table_name	character (256)	ชื่อตารางที่มีข้อมูลเรขาคณิต
F_geometry_column	character (256)	ชื่อ Column ที่ใช้เก็บข้อมูลเรขาคณิต
Coord_dimension	Integer	มิติของข้อมูล
Type	character (30)	ประเภทข้อมูลเรขาคณิต

ตารางที่ ก.16: ข้อมูลระบบอ้างอิงเชิงตำแหน่ง (Spatial Reference System)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Srid	Integer	หมายเลขกำหนดรูปแบบการฉายและพื้นหลักฐานอ้างอิง
Auth_name	character (256)	ชื่อของมาตรฐานของระบบอ้างอิง
Auth_srid	Integer	หมายเลขของระบบอ้างอิงเชิงตำแหน่ง
Srtext	character (2048)	อักขระของข้อมูลเรขาคณิต (WKT)
Proj4text	character (2048)	ค่าพารามิเตอร์ในการแปลงระบบพิกัดอ้างอิง

ตารางที่ ก.17: ข้อมูลรายงานบำรุงทาง (Road Maintenance Report)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
Gid	Serial NOT NULL	ลำดับที่
Link_id	Integer	ช่วงของสายทาง
Maint_id	Integer	ลำดับงานบำรุงทาง
Road_no	Integer	หมายเลขสายทาง
Contsect	Integer	หมายเลขตอนควบคุม
Km_start	Character (7)	กิโลเมตรเริ่มต้นช่วงของสายทาง
Km_end	Character (7)	กิโลเมตรสิ้นสุดช่วงของสายทาง
Cul_length	Numeric (8,3)	ความยาวช่วงของสายทาง
Later_seg_start	Integer	ช่องจราจรที่เริ่มต้นงาน
Later_seg_end	Integer	ช่องจราจรที่สิ้นสุดงาน
Direction	Character (5)	ทิศทางงานบำรุงทางบนสายทาง
M_code	Integer	รหัสงานบำรุงทาง
M_name_t	Character (100)	ชื่องานบำรุงทาง (ไทย)
M_name_e	Character (100)	ชื่องานบำรุงทาง (อังกฤษ)
M_km_start	Character (7)	กิโลเมตรเริ่มต้นของงานที่มีการบันทึก
M_km_end	Character (7)	กิโลเมตรสิ้นสุดของงานที่มีการบันทึก
M_length	Numeric (8,3)	ความยาวของงานบำรุงทางที่มีการบันทึก
R_length	Numeric (8,3)	ความยาวของงานบำรุงทางจริง

ตารางที่ ก.17: ข้อมูลรายงานบำรุงทาง (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
M_surface	Character (3)	ชนิดผิวทางที่มีการปรับแก้
M_area	Character (5)	ปริมาณงาน
M_cost	Integer	งบประมาณ
M_worker	Character (30)	ผู้ดำเนินงาน
M_standard	Character (30)	มาตรฐานงานทาง
Depot_name_t	Character (50)	ชื่อหมวดการทาง
Distr_name_t	Character (50)	ชื่อแขวงการทาง
Burea_name_t	Character (50)	ชื่อสำนักงานทาง
Prov_name_t	Character (50)	ชื่อจังหวัด
Reg_name_t	Character (50)	ชื่อภูมิภาค
Start_date	Date	วันที่เริ่มต้นงานตามสัญญาจ้าง
End_date	Date	วันที่สิ้นสุดงานตามสัญญาจ้าง
Class_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตที่มีการจำแนกตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน
Mt_geom	Geometry	ข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทางจริงที่เกิดขึ้นบนสายทาง

ภาคผนวก ข

อัลกอริธึมของระบบสืบค้นงานบำรุงทาง

1) ฟังก์ชั่นการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทางตามหลักกิโลเมตร

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ST_highway_locate_event (road_number character varying, contsection character varying, km_post_start character varying, km_post_end character varying, start_date date, end_date date) RETURNS geometry AS $BODY$
DECLARE                         --กำหนดตัวแปร
    Lb::record;                 --กลุ่มข้อมูลหลักกิโลเมตร
    I_dist_m::integer;          --ระยะทางของหลักกิโลเมตรที่1 ที่ห่างจากจุดเริ่มต้นสายทาง
    J_dist_m::integer;          --ระยะทางของหลักกิโลเมตรที่ 2 ที่ห่างจากจุดเริ่มต้นสายทาง
    Diff_dist_m::integer;       --ผลต่างของระยะทางระหว่างหลักกิโลเมตร
    Start:: varchar;            --จุดอ้างอิงเริ่มต้นของงานบำรุงทาง
    End:: varchar;              --จุดสิ้นสุดของงานบำรุงทาง
    P1_geom::geometry;          --ข้อมูลเรขาคณิตของตำแหน่งที่  1
    P2_geom::geometry;          --ข้อมูลเรขาคณิตของตำแหน่งที่  2
    Line::geometry;             --ข้อมูลเรขาคณิตของงานบำรุงทาง
BEGIN
FOR lb IN EXECUTE “ค้นหาหลักกิโลเมตรในระยะ 30 เมตรตามแนวสายทางที่กำหนด
                    ในช่วงเวลาตั้งแต่ start_date ถึง end_date”
LOOP  --ตรวจสอบตำแหน่งหลักกิโลเมตร
Diff_dist_m := J_dist_m – I_dist_m;
        IF  (Diff_dist_m >= 970 AND Diff_dist_m <= 1030) THEN
                IF lb.km_name = substr(km_post_start, 0, 4)||'+'||'000' THEN
                        Start: = lb.km_name;    --ใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทาง
                END IF lb.km_name = substr(v_end, 0, 4)||'+'||'000' THEN
                        End: = lb.km_name;     --ใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งงานบำรุงทาง
                END IF;
        ELSE
                RETURN NEXT Kilometer post Name;
        END IF;
END LOOP;
```

```
IF Start is not null THEN
        P1_geom:= create point at Kilometer Post Name + substr(Start, 5, 7)::int;
ELSE IF End is not null THEN
        P2_geom:= create point at Kilometer Post Name + substr(End, 5, 7)::int;
END IF;
IF P1_geom is not null AND P2_geom is not null THEN
        Line:= P1_geom to P2_geom
END IF;
RETURN Geometry;
END;
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE
```

2) ฟังก์ชั่นการแบ่งข้อมูลสายทางตามจำนวนงานบำรุงทางที่แตกต่างกัน

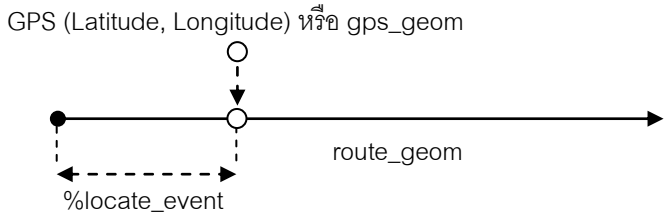
```
CREATE OR REPLACE FUNCTION ST_classify_route_maintenance (road_number
character varying, contsection character varying, km_post_start character varying,
km_post_end character varying, start_date date, end_date date)
RETURNS setof result AS $BODY$
DECLARE
    Lk ::record;                --กลุ่มข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง
    Lw::geometry;               --ช่วงสายทางที่ต้องการทราบข้อมูล
    Start_geom::geometry;       --จุดเริ่มต้นช่วงสายทางที่ต้องการทราบข้อมูล
    Start_geom::geometry;       --จุดสิ้นสุดช่วงสายทางที่ต้องการทราบข้อมูล
    Route::geometry;            --ข้อมูลเรขาคณิตของสายทาง
    Line::geometry;             --ข้อมูลเรขาคณิตตามวัตถุประสงค์
    Point::geometry;            --ข้อมูลเรขาคณิตตามวัตถุประสงค์
BEGIN
Lw:= st_highway_locate_event();
Start_geom:= st_startpoint(lw);
Start_geom:= st_endpoint(lw);
```

```
EXECUTE “ค้นหาข้อมูลสายทางในช่วงเวลา start_date ถึง end_date” INTO Route;
FOR lk IN EXECUTE “คัดกรองข้อมูลที่อยู่บนสายทางที่กำหนดและทำการจัดลำดับตำแหน่ง
                    เริ่มต้นและสิ้นสุดของงานบำรุงทาง คือ ช่วงเวลาตั้งแต่ start_date ถึง
                    end_date”
LOOP
IF ST_dwithin(lk.km_geom, Lw, 15m) is true THEN
        IF lk.km_name is null THEN
                แปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางจากระบบ GPS
                RETURN ข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางในระบบ LRS;
        END IF;
        IF lk.geomtype = Linestring THEN
                Line:= ST_line_substring(route, Start_geom to lk.km_geom);
                Start_geom:= lk.km_geom;
                Store data in result (created type);
                RETURN NEXT lk.km_geom;
        ELSE IF lk.geomtype = Point THEN
                Point:= ST_line_interpolate_point(route, ST_line_locate_point(route,
                        %Locate(lk.km_geom)));
                        Store data in result (created type);
                RETURN NEXT lk.km_geom;
        END IF;
 END IF;
END LOOP;
Line:= ST_line_substring(route, Start_geom to End_geom);
Line:= Line to intersect Road maintenance Geometry;
Store data in result (created type);
RETURN result();
END;
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE
```

3) การแปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทาง

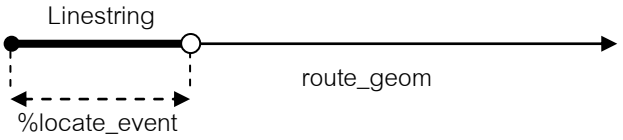
การแปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของงานบำรุงทางจากระบบระบุตำแหน่งโดยใช้สัญญาณดาวเทียม GPS เป็นระบบการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงบนสายทาง ใช้วิธีการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

(1) กำหนดตำแหน่งงานบำรุงทางจากเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS (gps_geom) บนสายทางที่กำหนด (route_geom) โดยการใช้คำสั่ง ST_line_locate_point(route_geom, gps_geom) จะได้ค่าสัดส่วนของระยะทางทั้งหมด (%locate_event)



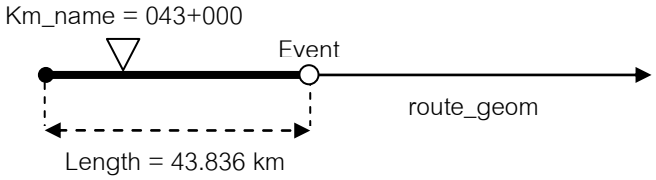
รูปที่ ข.1 แสดงการกำหนดตำแหน่งจาก GPS บนสายทาง

(2) ทำการสร้างข้อมูลในรูปแบบ Linestring จากจุดเริ่มต้นของสายทางถึง %locate_event โดยการใช้คำสั่ง ST_line_substring(route_geom, 0, %locate_event)



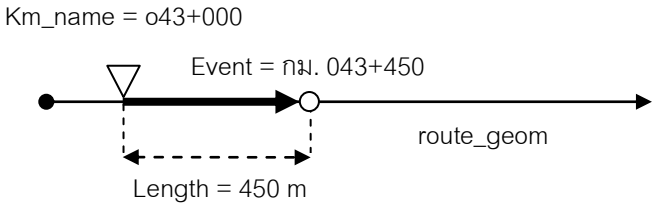
รูปที่ ข.2 แสดงการสร้างข้อมูลในรูปแบบ Linestring

(3) วัดความยาวของข้อมูลเส้นที่ได้โดยใช้คำสั่ง ST_length_spheroid(Linestring,'spheroid("WGS 1984", 6378173, 298.257223563)') ซึ่งในบางกรณีข้อ มูลสายทางที่ใช้อาจจะไม่ได้เริ่มต้นที่ศูนย์ จึงต้องมีการบวกกับกิโลเมตรเริ่มต้นของสายทางนั้น (from_start) จากนั้นหารด้วย 1,000 เพื่อให้อยู่ในรูปของทศนิยม เช่น 43,836 เมตร เป็น 43.836 ซึ่งสามารถประมาณได้ว่าจุดอ้างอิงที่ใช้ คือ กม.043+000 แล้วทำการหาข้อมูลเรขา คณิตของ กม.043+000 (km_geom) โดยใช้ฟังก์ชั่นที่ 1 (ST_highway_locate_event)



รูปที่ ข.3 แสดงการหาตำแหน่งอ้างอิง

(4) ทำการวัดระยะทางจาก กม.043+000 (km_geom) ถึงตำแหน่ง ที่ได้จากระบบ GPS (gps_geom) ซึ่งเป็นระยะทางจริงที่ตำแหน่งงานบำรุงทางนั้ นอยู่ห่างจาก กม.043+000 เช่นทำการวัดระยะทางได้ 450 เมตร นำมาจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปของ Linear Referencing System เป็น กม.043+450 เป็นต้น ซึ่งความถูกต้องเชิงตำแหน่งข้อมูลขึ้นอยู่กับความยาวของระยะทางจากจุดเริ่มต้นของสายทางถึงตำแหน่งจากเครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS (gps_geom) บนข้อมูลสายทาง



รูปที่ ข.4 แสดงการกำหนดตำแหน่งบนสายทางที่อ้างอิงกับหลักกิโลเมตร

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลตำแหน่งของงานบำรุงทาง อยู่ในรูปแบบของ Linestring ที่อยู่ห่างจากหลักกิโลเมตรที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง ลักษณะก ารตำแหน่งของงานบำรุงทาง นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้การแสดงผลตำแหน่งของงานบำรุงทางอยู่ในรูปแบบเดียวกัน เมื่อมีการแสดงผล ช่วยให้การวิเคราะห์ตำแหน่งของงานบำรุงทางสะดวกและง่ายต่อการพิจารณา

ภาคผนวก ค

รูปแบบการคุณลักษณะของสีและขนาดบน QML file

การกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดของข้อมูล Linestring ในรูปแบบของไฟล์ QML บนซอฟต์แวร์ Quantum GIS มีโครงสร้างโดยการกำหนด Style Layer ดังนี้

ตัวอย่างการกำหนดคุณลักษณะของสีและขนาดของข้อมูล Linestring 10 เส้น

```
<!DOCTYPE qgis PUBLIC 'http://mrcc.com/qgis.dtd' 'SYSTEM'>
<qgis version="1.0.0-Kore-preview1" >
<uniquevalue>
<classificationfield>link_id</classificationfield>
        <symbol>
                <lowervalue>1</lowervalue>
                <label>Link ID</label>
                <outlinecolor red="85" blue="0" green="255" />
                <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
                <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
        <symbol>
                <lowervalue>2</lowervalue>
                <label>Link ID</label>
                <outlinecolor red="255" blue="0" green="0" />
                <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
                <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
        <symbol>
                <lowervalue>3</lowervalue>
                <label>Link ID</label>
                <outlinecolor red="0" blue="255" green="0" />
                <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
                <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
```

ทำการจำแนกข้อมูล Link_id

ข้อมูลช่วงสายทางที่ 1

กำหนดชื่อช่วงสายทาง

สีของข้อมูล Linestring

ลักษณะของข้อมูล Linestring

ขนาดของข้อมูล Linestring

```
<symbol>
        <lowervalue>4</lowervalue>
        <label>Link ID</label>
        <outlinecolor red="131" blue="0" green="0" />
        <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
        <outlinewidth>2</outlinewidth>
</symbol>
<symbol>
        <lowervalue>5</lowervalue>
        <label>Link ID</label>
        <outlinecolor red="0" blue="109" green="225" />
        <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
        <outlinewidth>2</outlinewidth>
</symbol>
<symbol>
        <lowervalue>6</lowervalue>
        <label>Link ID</label>
        <outlinecolor red="156" blue="0" green="234" />
        <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
        <outlinewidth>2</outlinewidth>
</symbol>
<symbol>
        <lowervalue>7</lowervalue>
        <label>Link ID</label>
        <outlinecolor red="136" blue="204" green="68" />
        <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
        <outlinewidth>2</outlinewidth>
</symbol>
<symbol>
        <lowervalue>8</lowervalue>
```

```
            <label>Link ID</label>
            <outlinecolor red="83" blue="255" green="201" />
            <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
            <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
        <symbol>
            <lowervalue>9</lowervalue>
            <label>Link ID</label>
            <outlinecolor red="255" blue="127" green="0" />
            <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
            <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
        <symbol>
            <lowervalue>10</lowervalue>
            <label>Link ID</label>
            <outlinecolor red="84" blue="0" green="0" />
            <outlinestyle>SolidLine</outlinestyle>
            <outlinewidth>2</outlinewidth>
        </symbol>
</uniquevalue>
</qgis>
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสิทธินันท์ ทองใบ เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ .ศ.2525 จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาในหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาภูมิศาสตร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปี พ .ศ.2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี 2549

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ สิทธินันท์ ทองใบ และ ผศ. ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์. 2552. การศึกษาและออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับงานบำรุงทาง. การประชุมวิชาการการแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2552. ระหว่างวันที่ 21-23 มกราคม พ.ศ. 2552 ณ อิมแพ็ค คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร ฯ