



วิทยานิพนธ์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง

**GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND PAVEMENT
CONDITION DATABASE**

นายอรรถพันธ์ อภัยฤทธิ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา

วิศวกรรมโยธา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง

Geographic Information System and Pavement Condition Database

นามผู้วิจัย นายอรรถพันธ์ อภัยฤทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนิรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ก่อโชค จันทวารกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง

Geographic Information System and Pavement Condition Database

โดย

นายอรรถพันธ์ อภัยฤทธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2551

อรรถพันธ์ อภัยฤทธิ์ 2551: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง
ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชา
วิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี,
Ph.D. 97 หน้า

ปัจจุบันกรมทางหลวงใช้รถสำรวจอัตโนมัติในการสำรวจสภาพผิวทางโดยข้อมูลที่ได้
จากการสำรวจประกอบด้วยข้อมูลความถี่ร่องล้อ ข้อมูลความเรียบผิวทาง ภาพถ่ายสภาพผิวทาง
ภาพถ่ายเขตทาง รวมถึงข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์และข้อมูลระยะทางจากเครื่องมือวัดระยะ
(Distance Measuring Instrument: DMI) โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและจัดทำ
ฐานข้อมูลและพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับสืบค้น ประมวลผลและจัดทำแผนที่
สภาพผิวทางในพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ส่วนคือ 1) การออกแบบ
ฐานข้อมูลและสถาปัตยกรรมของระบบ 2) การสร้างแผนที่ทางของกรมทางหลวงจากพิกัดทาง
ภูมิศาสตร์ 3) การจัดรูปแบบข้อมูลอัตโนมัติสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบในส่วนอื่นๆ
และ 4) การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนทั้งระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์แบบ 2 มิติ และระบบ
อ้างอิงเชิงเส้นแบบ 1 มิติ ซึ่งทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นในการใช้งานทั้งยังให้ความถูกต้องของ
ข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical Consistency) สูง

Athtapan Umpririt 2008: Geographic Information System and Pavement Condition Database. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Mr. Suphawut Malaikrisanachalee, Ph.D. 97 pages.

Thailand Department of Highways (TDOH) currently uses an automatic data collection vehicle to perform road condition survey. A vehicle equipped with multiple sensors including digital cameras, Global Positioning System (GPS) receiver, Distance Measurement Instrument (DMI), and gyroscope was used to collect rutting and International Roughness Index (IRI) data as well as pictures of road pavement and assets, GPS coordinates and traveling distances of the vehicle. This study aimed to design and develop a road condition database and Geographic Information System (GIS) application to support data query, analysis, and map generation of road condition in the central region of Thailand. Scope of this study includes: 1) database and system architecture design; 2) TDOH road network development; 3) automatic data manipulation for data exchange with external systems; and 4) GIS application development. The database and GIS application developed in this study can support both two-dimensional geographic locations and one-dimensional linearly referenced locations to provide operational flexibility and maintain logical consistency of the data.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้กรุณาให้แนวคิดในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำวิธีการเขียนโปรแกรม ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งและขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิรัตน์ กุศลาศัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ประทีป ดวงเดือน ประธานการสอบวิทยานิพนธ์และ ดร. กฤษณะ เพ็ญสมบุญ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

อนึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง ที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ศึกษาวิทยานิพนธ์นี้

ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ บิดา มารดา และคณะอาจารย์ผู้สนับสนุน เป็นกำลังใจและถ่ายทอดวิชาความรู้ในการศึกษาและวิจัย

อรรถพันธ์ อภัยฤทธิ์

เมษายน 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	61
สรุปและข้อเสนอแนะ	62
สรุป	62
ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	64
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)	67
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน โปรแกรม	76
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 1NF แบบที่ 1	17
2	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 1NF แบบที่ 2	17
3	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 1NF	17
4	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 2NF	18
5	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 2NF แบบที่ 1	18
6	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 2NF แบบที่ 2	19
7	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 3NF	19
8	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 3NF แบบที่ 1	20
9	ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 3NF แบบที่ 2	20
10	โครงสร้างของตาราง SECTION	46
11	โครงสร้างของตาราง DISTRESS	51
12	โครงสร้างของตาราง MAP_TABLE	52
13	โครงสร้างของตาราง RdInput	54
14	โครงสร้างของตาราง Link_HDM-4	57
15	โครงสร้างของตาราง Link_TPMS	57

ตารางผนวกที่

ก1	รายละเอียดของตาราง AADT	68
ก2	รายละเอียดของตาราง ControlSection	68
ก3	รายละเอียดของตาราง Distress	69
ก4	รายละเอียดของตาราง Division	70
ก5	รายละเอียดของตาราง Geometry	70
ก6	รายละเอียดของตาราง HDM4_Plan	71
ก7	รายละเอียดของตาราง KM	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก8	รายละเอียดของตาราง Link	72
ก9	รายละเอียดของตาราง Picture	72
ก10	รายละเอียดของตาราง Province	73
ก11	รายละเอียดของตาราง Roughness	73
ก12	รายละเอียดของตาราง Rutting	74
ก13	รายละเอียดของตาราง TPMS_Plan	74

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รถสำรวจสภาพทาง	2
2	การวัดความลึกร่องล้อโดยใช้รถสำรวจ	5
3	ดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index)	6
4	โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพผิวทาง Hawkeye Processing Toolkit	8
5	การปรับแก้การเบี่ยงเบนของเส้นทางสำรวจ	9
6	ค่าพิกัดของ GPS ที่ถูกปรับปรุง	10
7	ลักษณะการทำงานของไอโรสโคป	11
8	ความไม่ถูกต้องของข้อมูลเชิงตรรกะในการอ้างอิงแบบ 2 มิติ	12
9	การบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้น	13
10	ตัวอย่างจากการสำรวจ	22
11	ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล	23
12	การไหลเข้าและออกของข้อมูลผ่านระบบ GIS	25
13	สถาปัตยกรรมระบบโปรแกรม (Software Integration Architecture)	27
14	ฐานข้อมูลสภาพผิวทาง	29
15	ขั้นตอนการสร้างแผนที่โครงข่ายทางหลวง	31
16	การเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลพิกัดลองจิจูดและละติจูด	32
17	ตัวอย่างข้อมูลละติจูดและลองจิจูดร่องล้อที่วิเคราะห์ทุก 5 เมตร	32
18	ข้อมูลละติจูดและลองจิจูดจากสนาม	33
19	ภาษาจาวาที่พัฒนาขึ้นสำหรับปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนที่โครงข่ายทาง	34
20	ตัวอย่างข้อมูลร่องล้อที่วิเคราะห์ทุก 5 เมตรที่จัดเก็บในฐานข้อมูลชั่วคราว	34
21	ภาษา Visual Basic for Application ที่ถูกพัฒนาขึ้น	35
22	แผนที่โครงข่ายทางหลวงที่สร้างขึ้น	35
23	ขั้นตอนการสร้างแผนที่ความเสียหาย	36
24	ตัวอย่างข้อมูลความเรียบผิวทางที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร	37
25	ภาษาจาวาที่พัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลความเรียบผิวทาง	37
26	ตัวอย่างข้อมูลร่องล้อที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
27 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลร่องล้อ	39
28 ตัวอย่างข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิตที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร	40
29 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิต	40
30 ตัวอย่างข้อมูลความเสียหายของผิวทางด้านคนขับ (Driver)	41
31 ตัวอย่างข้อมูลความเสียหายของผิวทางด้านผู้โดยสาร (Passenger)	42
32 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลความเสียหายของผิวทาง	42
33 การใช้งานฟังก์ชัน “Add XY Data”	43
34 ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล	44
35 การใช้งานเครื่องมือ “shp2pgsql”	44
36 การนำเข้าข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL ที่แปลงโดย “shp2pgsql”	45
37 การใช้โปรแกรม Data Import for PostgreSQL	45
38 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเสียหายของผิวทางให้กับ HDM-4	53
39 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเรียบผิวทางให้กับ HDM-4	53
40 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเสียหายของผิวทางให้กับ TPMS	56
41 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลรายละเอียดสายทางให้กับ TPMS	56
42 ขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลวิธีซ่อมบำรุงทาง	57
43 รายละเอียดวิธีซ่อมบำรุงทางที่วิเคราะห์โดย HDM-4 ในปี 2008	58
44 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมประยุกต์	59
45 โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น	60

ภาพผนวกที่

ข1	ปุ่มเรียกใช้งานโปรแกรมค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ	77
----	---	----

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข2 หน้าต่างโปรแกรมค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ	78
ข3 ผู้ใช้เลือกประเภทความเสียหายที่ต้องการ	78
ข4 ผู้ใช้เลือกจังหวัดที่ต้องการ	79
ข5 ผู้ใช้เลือกอำเภอที่ต้องการ	80
ข6 ผู้ใช้เลือกจังหวัดและอำเภอที่ต้องการและเลือกปุ่ม “ไปที่”	80
ข7 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามจังหวัดและอำเภอ	81
ข8 สัญลักษณ์แสดงตามประเภทความเสียหาย	81
ข9 ผู้ใช้เลือกจังหวัดและอำเภอที่ต้องการและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”	82
ข10 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามจังหวัดและอำเภอที่ผู้ใช้เลือก	82
ข11 ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลในพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก	83
ข12 ผู้ใช้เลือกเฉพาะจังหวัดและเลือกปุ่ม “ไปที่”	83
ข13 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามจังหวัด	84
ข14 ผู้ใช้เลือกเฉพาะจังหวัดและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”	84
ข15 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามจังหวัดที่ผู้ใช้เลือก	85
ข16 ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลในพื้นที่ตามจังหวัดที่ผู้ใช้เลือก	85
ข17 ผู้ใช้เลือกสำนักงานหลวงที่ต้องการ	86
ข18 ผู้ใช้เลือกแขวงการทางที่ต้องการ	87
ข19 ผู้ใช้เลือกสำนักงานหลวงและแขวงการทางที่ต้องการและเลือกปุ่ม “ไปที่”	87
ข20 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามสำนักงานหลวงและแขวงการทาง	88
ข21 สัญลักษณ์แสดงตามประเภทความเสียหายของผิวทาง	88
ข22 ผู้ใช้เลือกสำนักงานหลวง แขวงการทางที่ต้องการและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”	89
ข23 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามสำนักงานหลวงและแขวงการทางที่ผู้ใช้เลือก	89
ข24 ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลในพื้นที่สำนักงานหลวง แขวงการทางที่ผู้ใช้เลือก	90
ข25 ผู้ใช้เลือกเฉพาะสำนักงานหลวงและเลือกปุ่ม “ไปที่”	90
ข26 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามสำนักงานหลวง	91

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข27 ผู้ใช้เลือกเฉพาะสำนักทางหลวงและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”	91
ข28 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามสำนักทางหลวงที่ผู้ใช้เลือก	92
ข29 ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลในพื้นที่ตามสำนักทางหลวงที่ผู้ใช้เลือก	92
ข30 ผู้ใช้เลือกประเภทความเสียหายของผิวทางและเลือกปุ่ม “เลือกข้อกำหนด”	93
ข31 หน้าต่าง “Select By Attributes”	94
ข32 ผู้ใช้เลือกประเภทความเสียหายอีกครั้ง	94
ข33 ผู้ใช้ใส่ข้อกำหนดโดยใช้ภาษา SQL	95
ข34 หาค่าเฉลี่ยโดยเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”	95
ข35 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก	96
ข36 พื้นที่ตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก	96

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ASTM	=	American Society for Testing and Materials
AVI	=	Audio Video Interleave
CSV	=	Comma Separated Value
DGPS	=	Differential Global Position System
DMI	=	Distance Measuring Instrument
GIS	=	Geographic Information System
GPS	=	Global Position System
HDM-4	=	Highway Development and Management Tool
IRI	=	International Roughness Index
LRS	=	Linear Referencing System
MIS	=	Management Information System
SQL	=	Structured Query Language
TDOH	=	Thailand Department of Highways
TPMS	=	Thailand Pavement Management Systems

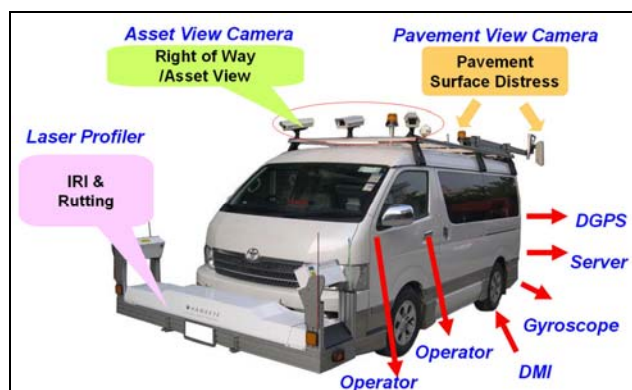
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง

Geographic Information System and Pavement Condition Database

คำนำ

ปัจจุบันกรมทางหลวงนำระบบการสำรวจสภาพผิวทางโดยใช้รถสำรวจอัตโนมัติมาใช้ในการสำรวจเก็บข้อมูลความเสียหายของผิวทาง ข้อมูลที่ทำการสำรวจได้ประกอบด้วย ข้อมูลความลึก ร่องล้อ (Rutting) ข้อมูลความขรุขระหรือความเรียบผิวทาง (Roughness) ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress) ข้อมูลภาพในเขตทาง (Asset View or Right of Way) ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Position System: GPS) และข้อมูลระยะทางโดยเครื่องมือวัดระยะทาง (Distance Measuring Instrument: DMI) ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทถูกบันทึกโดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนรถสำรวจ ดังนี้

- 1) ชุด Laser Profiler ประกอบด้วยตัวเซ็นเซอร์ทั้งสิ้น 7 ชุด ซึ่งใช้เก็บค่าความขรุขระของทาง และความลึกของร่องล้อ ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของรถสำรวจ
- 2) กล้องถ่ายภาพภายในเขตทาง (Asset View Camera) 3 ชุดซึ่งใช้เก็บรูปเขตทางด้านหน้า ติดตั้งบริเวณด้านหน้าบนหลังคาของรถสำรวจ
- 3) กล้องถ่ายภาพผิวทาง (Pavement View Camera) 2 ชุดซึ่งใช้เก็บสภาพของผิวทางด้านหลัง ติดตั้งบริเวณด้านหน้าบนหลังคาของรถสำรวจ
- 4) เครื่องมือวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Differential Global Positioning System: DGPS) ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ในระหว่างการวิ่งของรถสำรวจพร้อมอุปกรณ์เสริม ไจโรสโคป (Gyroscope) ซึ่งใช้ในการวัดความลาดเอียง หรือรูปร่างทางเรขาคณิตของทางที่รถสำรวจวิ่งผ่าน ติดตั้งอยู่ภายในรถสำรวจ
- 5) เครื่องมือวัดระยะทาง DMI ซึ่งใช้วัดระยะทางที่รถสำรวจวิ่ง ติดตั้งบริเวณล้อหลังของรถสำรวจ
- 6) อุปกรณ์ควบคุมผ่านจอคอมพิวเตอร์ที่ด้านหน้าและส่วนกลางของรถสำรวจพร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลที่ได้อจากการสำรวจ ติดตั้งอยู่ภายในรถสำรวจ



ภาพที่ 1 รถสำรวจสภาพทาง

ที่มา: ARRB Group (2006)

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะถูกประมวลผลผ่านโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit ที่พัฒนาโดยบริษัทผู้ผลิตรถสำรวจ โดยโปรแกรมห้รถสำรวจเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประมวลผลและส่งออกข้อมูล แล้วจึงนำข้อมูลที่ทำกรประมวลผลและส่งออกไปใช้งานต่อไป โดยจุดมุ่งหมายของกรมทางหลวงในการสำรวจสภาพผิวทางโดยใช้รถสำรวจอัตโนมัติมีดังนี้

1. จัดเก็บข้อมูลจากการสำรวจโดยรถสำรวจอัตโนมัติให้เป็นระเบียบ สามารถสืบค้นประมวลผลและแสดงผลข้อมูลตามพื้นที่ทางหลวงได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว
2. จัดทำข้อมูลจากการสำรวจโดยรถสำรวจอัตโนมัติในรูปแบบที่สามารถนำไปทำการวิเคราะห์และจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงทาง เพื่อทำการวิเคราะห์และจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงทางต่อไป
3. จัดทำแผนที่โครงข่ายทางหลวง แสดงผลสภาพความเสียหายของผิวทางบนทางหลวงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

วัตถุประสงค์

ศึกษาแนวทางในการออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์รวมถึงการพัฒนา
ระเบียบวิธีการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการจัดทำโปรแกรมประยุกต์ในการบริหารจัดการข้อมูล
ทั้งนี้เพื่อให้ระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ที่จัดทำขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการ
ของผู้ใช้งาน โดยจุดประสงค์ของการวิจัยโดยละเอียดมีดังนี้

1. ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูล
จากรถสำรวจให้เป็นระเบียบ สามารถสืบค้น ประมวลผลและแสดงผลข้อมูลตามพื้นที่ทางหลวงได้
อย่างสะดวกและรวดเร็ว
2. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับนำเข้าข้อมูลจากการสำรวจโดยรถสำรวจอัตโนมัติเข้าสู่
ฐานข้อมูล
3. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับจัดทำข้อมูลจากฐานข้อมูลในรูปแบบที่สามารถนำไป
ทำการวิเคราะห์และจัดทำแผนงานซ่อมบำรุงทางได้
4. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับสร้างและแสดงผลแผนที่ความเสียหายในระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์โดยติดต่อกับผู้ใช้งาน

โดยขอบเขตของการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจโดยรถสำรวจอัตโนมัติที่ทำการสำรวจความเสียหายของผิวทางในพื้นที่ทางหลวงภาคกลางและนำทฤษฎีระบบอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing System: LRS) มาใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของความเสียหายซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยมในการจัดเก็บข้อมูลถนน

การตรวจเอกสาร

ในส่วนของการตรวจเอกสารแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลในการสำรวจที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นข้อมูลจากการสำรวจที่เก็บข้อมูลโดยรถสำรวจอัตโนมัติ ทฤษฎีระบบอ้างอิงเชิงเส้นซึ่งนำมาใช้อ้างอิงตำแหน่งของความเสียหายบนผิวทางรวมถึงนำมาใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลในการสำรวจและงานวิจัยที่มีผู้ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบจัดเก็บข้อมูลถนน

ข้อมูลในการสำรวจที่เกี่ยวข้อง

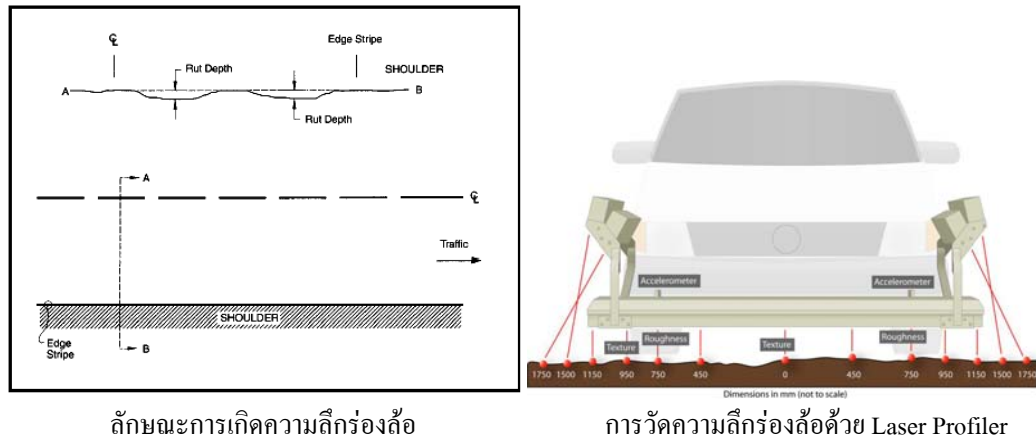
ความลึกร่องล้อ (Wheel Truck Rutting)

ร่องล้อ (Rut Depth) คือ ระยะลึกบนพื้นผิวถนนดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งในการวัดหาค่าความลึกของร่องล้อวิธีดั้งเดิมโดยอุปกรณ์ภาคสนาม สามารถกระทำได้โดยการใช้ไม้บรรทัดเหล็กยาว 2 เมตร พาดขวางร่องล้อ แล้วสอดลิ้นวัดความลึกของร่องล้อตรงที่ลึกที่สุดโดยจะบันทึกค่าความลึกร่องล้อไว้ ความลึกร่องล้อที่มีค่าเกินกว่าความลึก 25 มิลลิเมตรเป็นความลึกที่ต้องได้รับการซ่อมบำรุง ความลึกร่องล้ออาจเกิดจากสาเหตุได้ดังนี้

- การทรุดตัวหรือเคลื่อนตัวของโครงสร้างใต้ผิวทางโดยเฉพาะดินคันทางเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะสูงกว่าที่ออกแบบ
- การบดอัดชั้นดินคันทางที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งผ่าน ทำให้วัสดุใต้ผิวทางเคลื่อนตัวออกด้านข้าง ซึ่งจัดเป็นการเสียรูปอย่างถาวร
- วัสดุแอสฟัลต์ผิวทางมีส่วนผสมที่ไม่คงตัว ก็ทำให้ผิวทางทรุดตัวได้ หรือเกิดจากการแบกรับน้ำหนักบรรทุกเกินกำหนดเกินกว่าชั้นโครงสร้างทางจะรับได้

ในการวัดค่าความลึกของร่องล้อ ใช้อุปกรณ์ Laser Profiler ที่มีเซ็นเซอร์จำนวน 7 ชุด ติดตั้งอยู่บนคันที่ด้านหน้าของรถสำรวจทำการบันทึกค่าความลึกของร่องล้อตามแนวขวางของถนน โดยความกว้างด้านหน้าของรถซึ่งติดตั้งอุปกรณ์แล้วมีความยาวประมาณ 2.60 เมตร สามารถทำการบันทึกค่าความลึกของร่องล้อครอบคลุมความยาวตามขวางของทางขนาด 1 ช่องจราจร หรือประมาณ 3.50 เมตร แล้วจึงทำการประมวลผลค่าความลึกร่องล้อทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าใน

ทิศทางตามยาวของเส้นทางสำรวจ โดยภาพที่ 2 แสดงการวัดความลึกร่องล้อโดยรถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ Laser Profiler

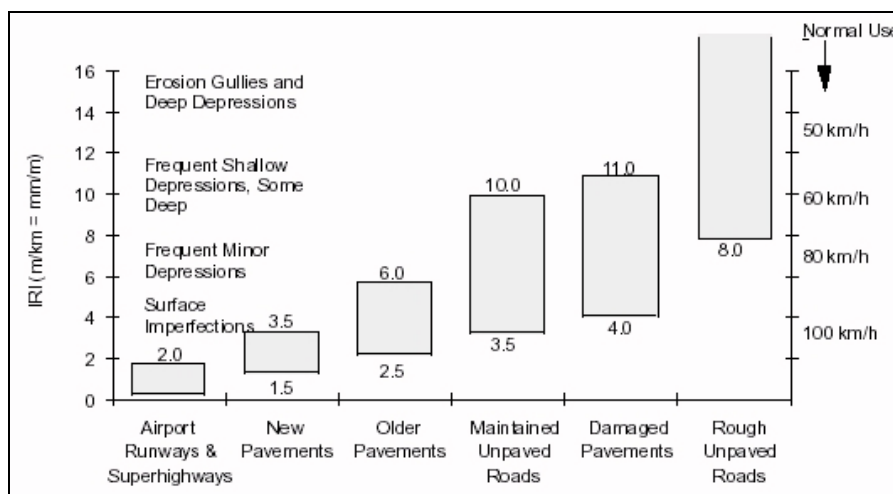


ภาพที่ 2 การวัดความลึกร่องล้อโดยใช้รถสำรวจ

ที่มา: ARRB Group (2006)

ความขรุขระหรือความเรียบของผิวทาง (IRI)

ความขรุขระของผิวทาง คือ ค่าความแปรปรวนของผิวถนน สามารถระบุในลักษณะของค่าดัชนีได้ ปัจจุบันค่าดัชนีที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมการทาง คือ ค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index: IRI) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ระบุระดับความขรุขระของผิวทางที่มีผลทำให้ยานพาหนะมีการสั่นสะเทือน ค่า IRI ถูกกำหนดขึ้นโดยธนาคารโลก (World Bank) ในปี พ.ศ. 2529 สามารถคำนวณได้จากการ รวมผลการวัดค่าระดับของผิวทางไปตามทิศทางที่รถวิ่ง จากนั้นนำค่าผลรวมที่ได้ มาหารด้วยระยะทางตามแนวราบตามระยะที่นำค่าการวัดนั้นมาใช้ โดยค่า IRI จะมีหน่วยเป็นเมตรต่อกิโลเมตร ภาพที่ 3 แสดงภาพมาตรฐานการใช้ค่าดัชนี IRI สำหรับผิวถนนชนิดต่างๆ



ภาพที่ 3 ดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index)

ที่มา: Sayers (1986)

อุปกรณ์ Laser Profiler ที่ใช้ในการสำรวจทางมีมาตรฐานระดับ Class I ซึ่งเป็นระบบเครื่องวัดที่มีความแม่นยำสูงตามมาตรฐาน ASTM E 950-94 สำหรับประมวลผลค่า IRI ทุกๆระยะ 100 เมตรหรือน้อยกว่า ในทิศทางตามแนวยาวของเส้นทางสำรวจ โดยการวัดแต่ละครั้งจะมีการวัดค่าพารามิเตอร์พร้อมกัน 3 ค่า คือ

1. ระยะทางของลำแสงจาก Laser Profiler ถึงผิวหน้าถนน ซึ่งวัดโดยตัวเซ็นเซอร์
2. ค่าการเคลื่อนไหวในแนวดิ่งของลำแสงจาก Laser Profiler ซึ่งวัดโดย Accelerometer
3. ระยะห่างระหว่างการวัดในแต่ละครั้ง ซึ่งวัดโดยเครื่อง DMI

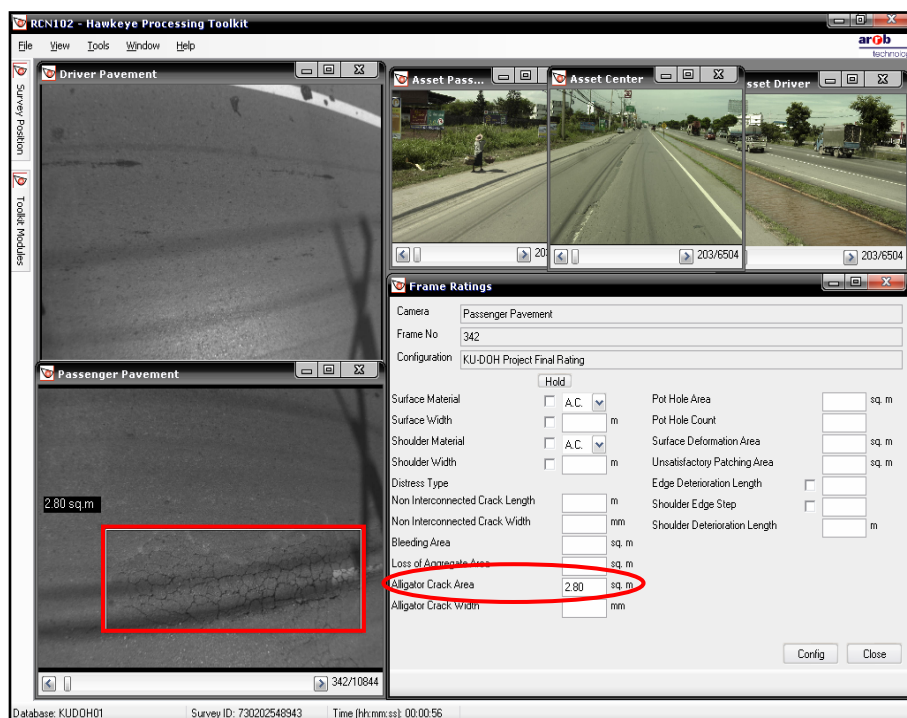
สำหรับการประมวลผลค่าที่วัดได้จาก Laser Profiler นั้น เกิดจากการนำค่าระยะห่างระหว่างผิวทางถึงตัว Laser Profiler มาปรับแก้ด้วยค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร่ง (Accelerometer) หลังการปรับแก้แล้ว ค่าที่ได้คือค่าความขรุขระของผิวทางตามแนวขวางของรถสำรวจ ซึ่งถูกนำไปใช้คำนวณค่า IRI ต่อไป

ความเสียหายของผิวทาง (Surface Distress)

การวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทาง ใช้ข้อมูลจากการบันทึกภาพผิวทางโดยใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียดของภาพเท่ากับ 1280 x 960 พิกเซล การบันทึกภาพของผิวทางจะใช้กล้องจำนวน 2 ตัว ที่ส่องตั้งฉากกับผิวทางซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหลังของรถสำรวจ โดยการบันทึกจะครอบคลุมพื้นที่ขนาด 1 ช่องจราจร มีความกว้างประมาณ 3.50 เมตร บันทึกเป็นภาพสีเดียวแบบ Mono 8 และเก็บบันทึกในรูปแบบไฟล์ Audio Video Interleave (AVI) ภาพต่างๆ ที่ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ AVI นี้สามารถนำมาแสดงผลในโปรแกรมมัลติมีเดียพื้นฐานทั่วไปได้ เช่น โปรแกรม Windows Media Player รูปที่ถูกบันทึกไว้สามารถแสดงค่าพิกัด ระยะทาง เวลาในการบันทึก ซึ่งให้ความสะดวกสำหรับการสืบค้นข้อมูลในภายหลัง

หลังจากการติดตั้งกล้องบนตัวรถสำรวจ จำต้องมีการปรับเทียบค่าตำแหน่งและระยะทางของจุดต่างๆ ที่ปรากฏบนจอภาพให้สอดคล้องกับตำแหน่งและระยะทางของจุดเดียวกันในสนามจริง เพื่อให้การวัดระยะในขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสียหายของผิวทางเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ ด้วยโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้ในการวัดความยาวและพื้นที่ของรอยร้าวที่ปรากฏบนผิวทางจากรูปที่บันทึกได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการระบุประเภทความเสียหายของผิวทาง ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพถ่ายชุด Hawkeye Processing Toolkit

โดยการวัดพื้นที่ความเสียหายจะใช้เครื่องมือของโปรแกรมสำเร็จรูป Hawkeye Processing Toolkit วัดปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วจึงบันทึกลงบนฟอร์มที่จัดเตรียมไว้ซึ่งจะแยกบันทึกตามประเภทของความเสียหาย



ภาพที่ 4 โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพผิวทาง Hawkeye Processing Toolkit

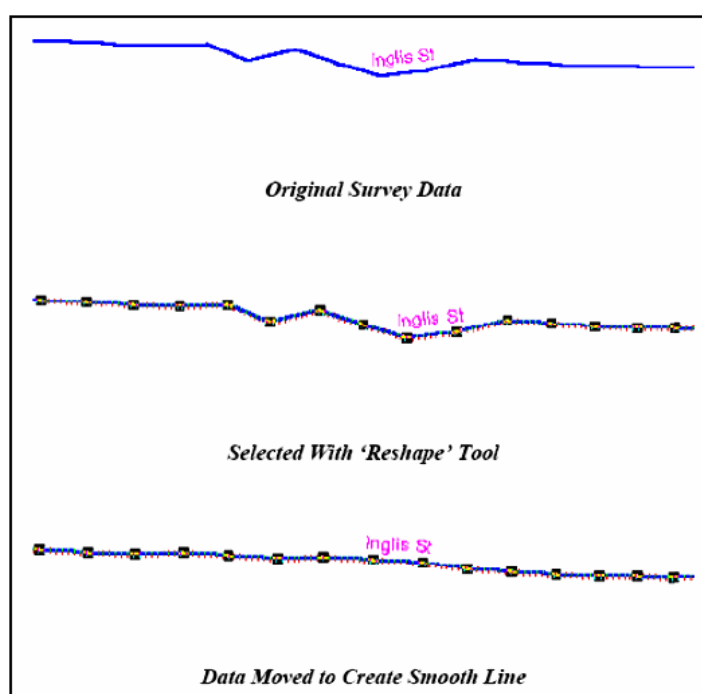
ที่มา: สำนักบำรุงทาง กรมทางหลวง (2550)

ภาพในเขตทาง (Right of Way หรือ Asset View)

การเก็บรายละเอียดที่ปรากฏอยู่ในเขตทางใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียดเท่ากับ 1280 x 960 พิกเซลจำนวน 3 ตัว เพื่อเก็บภาพการจราจรและลักษณะสภาพแวดล้อมของไหล่ทาง ป้าย สัญลัักษณ์ สัญญาณจราจร เสาไฟส่องสว่าง หรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ กล้องทั้งสาม ถูกติดตั้งอยู่ด้านหน้าของรถสำรวจ เก็บภาพในด้านหน้าซ้าย ตรงกลาง และด้านหน้าขวาของตัวรถสำรวจ ทำให้ได้รายละเอียดของภาพในเขตทางครบถ้วน และได้ระยะทางออกไปจากหน้ารถสำรวจ ประมาณ 20 เมตร โดยจะทำการบันทึกภาพทุก ระยะ 5 เมตร พร้อมทั้งเก็บบันทึกภาพในรูปแบบ ไฟล์ AVI ข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกบันทึกไปพร้อมกับข้อมูลที่แสดงตำแหน่งอ้างอิง เช่น ค่าพิกัด ระยะทาง เวลาที่ทำการบันทึก ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการสืบค้นตำแหน่งของเส้นทางบน ฐานข้อมูล หลังจากเสร็จสิ้นการติดตั้งกล้องถ่ายภาพในเขตทางบนตัวรถสำรวจ จะต้องมีการ ปรับเทียบค่าตำแหน่งและระยะทางของจุดที่ปรากฏบนจอภาพให้สอดคล้องกับตำแหน่งและ ระยะทางจริงที่ปรากฏในสนาม

ข้อมูลพิกัด GPS

การเก็บข้อมูลพิกัดของเส้นทางสำรวจ ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลพิกัด GPS แบบเคลื่อนที่ โดยในระหว่างการสำรวจ หากมีอุปสรรคที่ทำให้รถสำรวจจำต้องหลบหลีกออกจากแนวเส้นทางเดิม ค่าพิกัดที่มีการเบี่ยงเบนออกนอกแนวเส้นทางหลัก จะถูกปรับแก้ด้วยโปรแกรมบนรถสำรวจโดยอัตโนมัติโดยการใช้ข้อมูลที่อ่านได้จากอุปกรณ์ไจโรสโคป ช่วยในการปรับแก้เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของข้อมูล ภาพที่ 5 แสดงการปรับแก้การเบี่ยงเบนของเส้นทางสำรวจและการปรับแก้ด้วยโปรแกรม

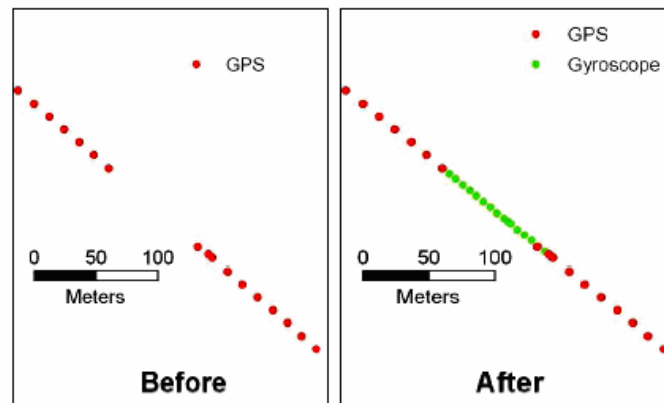


ภาพที่ 5 การปรับแก้การเบี่ยงเบนของเส้นทางสำรวจ

ที่มา: ARRB Group (2006)

ในกรณีที่ข้อมูลค่าพิกัดจากเครื่องวัดพิกัด GPS ขาดหายไปอันเนื่องมาจากคลื่นสัญญาณจากดาวเทียมถูกรบกวนด้วยต้นไม้ ภูเขา หรือสิ่งก่อสร้างอื่นในบางช่วง โปรแกรมบนรถสำรวจสามารถเติมข้อมูลที่ขาดหายไปให้สมบูรณ์ได้โดยการดึงข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ไจโรสโคปมา

คำนวณค่าพิกัดแนวเส้นทางการเดินรถที่ขาดหายไปโดยการประมาณ โดยภาพที่ 6 แสดงการปรับปรุงค่าพิกัดของ GPS

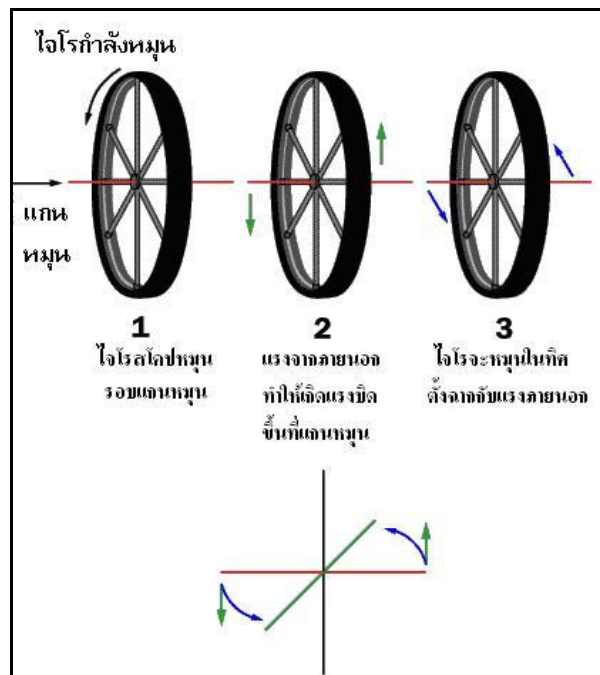


ภาพที่ 6 ค่าพิกัดของ GPS ที่ถูกปรับปรุง

ที่มา: ARRB Group (2006)

ไจโรสโคป (Gyroscope) คือ อุปกรณ์ที่นำเอามาใช้สำหรับตรวจเช็คสภาพการเอียงหรือการโคลงเคลงของวัตถุที่ติดตั้งตัวมันอยู่ เช่น เครื่องบิน เรือ หุ่นยนต์ จรวด จานดาวเทียม ซึ่งต้องการทราบสถานะความสมดุลของวัตถุดังกล่าวอยู่ตลอดเวลา

การทำงานของไจโรสโคปเป็นไปตามกฎของนิวตันคือ มวลจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เมื่อตัวไจโรหมุนไป 90 องศา จุดบนจะหมุนเปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา และยังคงเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เช่นเดียวกับจุดล่าง เมื่อหมุนขึ้นมา 90 องศา มันยังคงเคลื่อนที่ไปทางขวา ทำให้ล้อเกิดการหมุนควง ขณะที่จุดบนและจุดล่างเปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา การเคลื่อนที่ในครั้งแรก จะถูกยกเลิกไป ไม่เกิดการพลิกของล้อ ดังนั้นแกนหมุนของไจโรจะเหมือนกับล้ออยู่กับที่ตลอดเวลา ลักษณะการทำงานของไจโรสโคปแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะการทำงานของไจโรสโคป

ที่มา: จรัส (2551)

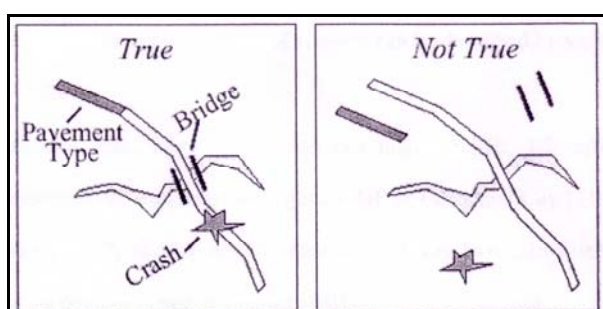
ข้อมูลระยะทางโดย Distance Measuring Instrument (DMI)

อุปกรณ์ Distance Measuring Instrument ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลระยะทางในแต่ละช่วงของการสำรวจ ซึ่งให้ค่าความถูกต้องที่ระดับ ± 1 เมตรต่อความยาว 1 กิโลเมตร ซึ่งก่อนการสำรวจในแต่ละวัน จำต้องมีการปรับเทียบเครื่อง DMI ก่อนเสมอ

ทฤษฎีระบบอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing System)

ระบบอ้างอิงเชิงเส้นเป็นการอ้างอิงตำแหน่งแบบ 1 มิติ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ยกตัวอย่างเช่น ผิวทาง ไหล่ทาง ป้ายจราจร สะพาน ตำแหน่งความเสียหายของผิวทาง และสำหรับฐานข้อมูลในการขนส่ง ตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นเป็นข้อมูลที่ต้องการนอกเหนือไปจากตำแหน่งพิกัดจริงของข้อมูล (Vonderohe et al. 1997) ระบบอ้างอิงเชิงเส้นจะถูกแสดงบนพื้นผิวแบบ 1 มิติ จะแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละตำแหน่งโดยการอ้างอิงจากจุดที่ไม่มีค่าพิกัดถึงตำแหน่งที่มีค่าพิกัดโดยแสดงเป็นระยะในแต่ละช่วงของเส้นตรง

โดยทั่วไปแล้วบริษัทหรือองค์กรที่ทำงานด้านการขนส่งจะเลือกใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้นเนื่องจากระบบอ้างอิงเชิงเส้นมีความถูกต้องของข้อมูลเชิงตรรกะมากกว่าการอ้างอิงพิกัดแบบ 2 มิติ ภาพที่ 8 แสดงความไม่ถูกต้องของข้อมูลเชิงตรรกะในการอ้างอิงพิกัดแบบ 2 มิติเนื่องจากตำแหน่งของข้อมูลไม่ซ้อนทับลงบนแนวนอน



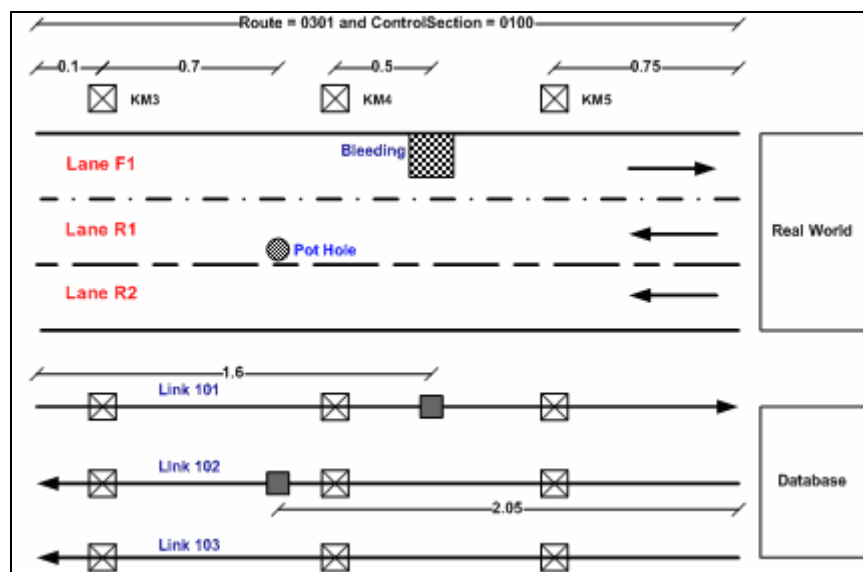
ภาพที่ 8 ความไม่ถูกต้องของข้อมูลเชิงตรรกะในการอ้างอิงพิกัดแบบ 2 มิติ

ที่มา: Ries (1993)

เนื่องจากตำแหน่งพิกัดที่ถูกต้องของข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและพิกัดของแนวนอนมีข้อจำกัดอยู่ โดยถ้าต้องการอ้างอิงตามตำแหน่งพิกัดจริง ตำแหน่งของข้อมูลจะไม่ซ้อนทับลงบนแนวนอนเพราะฉะนั้นผลของมันจึงไม่ถูกต้องหลักเชิงตรรกะ ในทางตรงกันข้ามถ้าอ้างอิงตำแหน่งโดยใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้นซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้ข้อมูลต่างๆซ้อนทับลงบนเส้นถนนมีผลให้ความถูกต้องของข้อมูลเชิงตรรกะสูง เนื่องจากอ้างอิงจากจุดที่รู้ค่าพิกัดตลอดแนวเส้นถนน (Ries 1993)

ระบบอ้างอิงเชิงเส้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ทฤษฎีการอ้างอิงเชิงเส้นแบบจำลองโครงข่ายทางและวิธีที่ใช้ในการสร้างแผนที่สายทาง ทฤษฎีการอ้างอิงเชิงเส้นเป็นวิธีการในการค้นหาและกำหนดตำแหน่งที่ไม่มีค่าพิกัดโดยการอ้างอิงจากตำแหน่งที่มีค่าพิกัด (Vonderohe et al. 1997) ทฤษฎีการอ้างอิงเชิงเส้นใช้ข้อมูล 4 ส่วนด้วยกันคือ ตำแหน่งที่มีค่าพิกัด หมายเลขของสายทาง ระยะห่างจากจุดที่มีค่าพิกัดถึงจุดที่ไม่มีค่าพิกัดและความยาวของสายทาง

ตำแหน่งที่มีค่าพิกัดเป็นตำแหน่งที่มีข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่เก็บข้อมูลได้จริงจากสนาม ในขณะที่หมายเลขของสายทางบ่งบอกถึงหมายเลขของสายทางที่ตำแหน่งที่ไม่มีค่าพิกัดตั้งอยู่ ส่วนระยะห่างจากจุดที่มีค่าพิกัดถึงจุดที่ไม่มีค่าพิกัดและความยาวของสายทางจะเป็นการกำหนดระยะและทิศทางจากตำแหน่งที่ไม่มีค่าพิกัดถึงตำแหน่งที่มีค่าพิกัดบนสายทางนั้น ภาพที่ 9 แสดงการบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้น



ภาพที่ 9 การบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pierre-Yves (2000) ได้ทำการพัฒนาระบบการสร้างแผนที่โดยใช้รถสำรวจโดยใช้ต้นทุนต่ำ สำหรับการบริหารจัดการฐานข้อมูลถนน โดยมีพื้นที่ศึกษาในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ งานวิจัยนี้ได้เสนอความคิดเห็นและส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบการสร้างแผนที่โดยใช้รถสำรวจโดยใช้ต้นทุนต่ำ โดยระบบที่นำมาใช้อ้างอิงวัตถุต่างๆที่อยู่บนถนนจะใช้ระบบอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing Systems) โดยการสร้างแนวนอนจะสร้างขึ้นจากการใช้รถสำรวจซึ่งติดตั้งเครื่องมือ 2 ประเภทคือ Leica SR500 GPS receiver และ Sony progressive scan CCD camera ทำการเก็บข้อมูลพิกัดลองจิจูดและละติจูดและภาพของผิวทาง โดยจะมีการปรับแก้เครื่องมือทั้งสองประเภทให้มีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องของข้อมูลที่ได้สูงที่สุด

Indra Alfitri MAIZIR (2007) ได้เสนอทฤษฎีของการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงทางโดยใช้หลักการของระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ วัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ค้นหาทฤษฎีในการจัดการฐานข้อมูลสภาพทางและค้นหาหลักการของงานซ่อมบำรุงทางโดยเรียงลำดับตามค่าใช้จ่ายในการบำรุงทางมากที่สุด ในเมืองบันดุง ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้หลักการของระบบอ้างอิงเชิงเส้น (LRS) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลสภาพทาง และนำข้อมูลไปทำการคาดการณ์สภาพทางในอีก 5 ปีข้างหน้าและทำการจัดทำแผนในการซ่อมบำรุงทางต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

- ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ข้อมูลจากการสำรวจที่เก็บโดยรถสำรวจอัตโนมัติ ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลคือ สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง
- เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและเขียน โปรแกรมประยุกต์ รวมทั้งแผ่นบันทึกข้อมูล

วิธีการ

1. ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม

การออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรมเป็นขั้นตอนสำคัญโดยเป็นการออกแบบระบบสำหรับฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้ระบบทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโปรแกรมที่นำมาใช้นี้ต้องสามารถจัดเก็บ สืบค้น จัดการข้อมูลในรูปแบบการวิเคราะห์ สัมเคราะห์เพิ่มเติมข้อมูล ประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในลักษณะต่างๆได้ นอกจากนี้ ผู้ใช้งานสามารถที่จะพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใช้เองได้ อีกทั้งโปรแกรมต้องมีส่วนเพิ่มเติม (Extension) ต่างๆเพื่อการวิเคราะห์ด้านระยะทาง (Spatial Analysis) การวิเคราะห์ด้านโครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์รูปภาพ (Image Analysis) และการวิเคราะห์แบบสามมิติ (3D Analysis) ที่เหมาะสมกับงานกรมทางหลวง โดยลักษณะของโปรแกรมต้องเป็นแบบรหัสเปิด (Open Source Software)

2. ออกแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

การออกแบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นการวางแผนการจัดเก็บข้อมูลให้สามารถตอบสนองความต้องการของระบบได้อย่างครบถ้วน การออกแบบฐานข้อมูลที่ดีจะช่วยป้องกันการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนทำให้ฐานข้อมูลมีขนาดเล็กและยังช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูลและปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ทั้งนี้จะทำให้ระบบโดยรวมสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความต้องการของฐานข้อมูล (Functional Requirements)

การวิเคราะห์ความต้องการของฐานข้อมูลเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อหาเงื่อนไขความต้องการใช้งานผู้ใช้ การวิเคราะห์ความต้องการของฐานข้อมูลถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการออกแบบฐานข้อมูลเพราะการได้มาซึ่งความต้องการที่ถูกต้องและครบถ้วนจะทำให้ฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการและเงื่อนไขการใช้งานที่แท้จริงของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะทำให้ฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นได้รับการยอมรับจากผู้ใช้และได้รับการใช้งานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน การวิเคราะห์ความต้องการของฐานข้อมูล ทำได้โดยศึกษาจากเอกสารในอดีตและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องจากทุกฝ่าย

2.2 พัฒนาแบบจำลองกายภาพ (Physical Data Model Design)

การออกแบบ Physical Data Model ของฐานข้อมูลเปรียบได้กับการออกแบบโครงสร้างของอาคารที่วิศวกรนำแบบสถาปัตยกรรมมาวิเคราะห์และออกแบบรายละเอียดด้านโครงสร้างของอาคาร Physical Data Model เปรียบเสมือนพิมพ์เขียวของฐานข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในการจัดทำฐานข้อมูล โดยการออกแบบ Physical Data Model จะทำการวิเคราะห์ Normalization ของฐานข้อมูลเพื่อป้องกันการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนทั้งยังจะช่วยให้การปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเป็นไปอย่างสะดวกและถูกต้องโดยเงื่อนไข Normalization มี 3 ขั้นตอนดังนี้

2.2.1 Normalization ขั้นตอนที่หนึ่ง (1NF) : ฐานข้อมูลอยู่ในรูป 1NF ก็ต่อเมื่อข้อมูลในแต่ละทิวเปิล (Tuple) ต้องเป็นข้อมูลย่อยที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการออกแบบฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 1NF เนื่องจากข้อมูลในสคีม “นิสิตในที่ปรึกษา” เป็นข้อมูลที่สามารถแบ่งแยกได้ การปรับแก้การออกแบบจากตารางที่ 1 เป็นตารางที่ 2 ก็ไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องเนื่องจากความไม่แน่นอนในจำนวนนิสิต ทำให้ต้องมีการเพิ่มจำนวนสคีมสำหรับอาจารย์ที่มีนิสิตจำนวนมาก ทำให้เกิดช่องว่างในฐานข้อมูลในแถวของอาจารย์ที่มีนิสิตจำนวนน้อย ตารางที่ 3 เป็นตัวอย่างการปรับแก้ฐานข้อมูลให้ผ่านเงื่อนไข 1NF ที่ถูกต้อง

ตารางที่ 1 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 1NF แบบที่ 1

อาจารย์	นิสิตในที่ปรึกษา
สมพงษ์	ชวน, ชาติ
สุชาติ	คำไร, สมปรารถนา, พร
สมชาย	กร

ตารางที่ 2 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 1NF แบบที่ 2

อาจารย์	นิสิต1	นิสิต2	นิสิต3
สมพงษ์	ชวน	ชาติ	
สุชาติ	คำไร	สมปรารถนา	พร
สมชาย	กร		

ตารางที่ 3 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 1NF

อาจารย์	นิสิตในที่ปรึกษา
สมพงษ์	ชวน
สมพงษ์	ชาติ
สุชาติ	คำไร
สุชาติ	สมปรารถนา
สุชาติ	พร
สมชาย	กร

2.2.2 Normalization ขั้นตอนที่สอง (2NF) : ฐานข้อมูลอยู่ในรูป 2NF ก็ต่อเมื่อฐานข้อมูลนั้นอยู่ในรูป 1NF และ ข้อมูลที่เป็น Non-key Attributes ทั้งหมดต้องมีความสัมพันธ์โดยตรง (Full Functional Dependency) กับ Primary Key(s) ของตารางนั้นๆ

ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างของฐานข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูป 2NF เนื่องจากข้อมูล “ชื่อผู้ขาย” และ “โทรศัพท์” ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ Primary Keys ของตาราง (ตารางที่ 4 มี Primary Keys 2 อันคือ “ขนาดยาง” และ “รหัสผู้ขาย”) ในความเป็นจริงข้อมูล “ชื่อผู้ขาย” และ “โทรศัพท์” มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ “รหัสผู้ขาย” ซึ่งเป็นหนึ่งในสองของ Primary Keys ของตารางเท่านั้น ดังนั้นฐานข้อมูลในตารางที่ 4 จึงควรปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูป 2NF โดยใช้ตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 4 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 2NF

ขนาดยาง (Primary Key)	รหัสผู้ขาย (Primary Key)	ชื่อผู้ขาย	โทรศัพท์	ราคาต่อหน่วย (บาท)
195/70-14	001	อ่างทองการยาง	0-3561-1442	1,500
205/70-14	001	อ่างทองการยาง	0-3561-1442	1,650
195/70-14	002	กรุงเทพการยาง	0-2000-0000	1,600
215/75-14	002	กรุงเทพการยาง	0-2000-0000	1,800

ตารางที่ 5 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 2NF แบบที่ 1

ขนาดยาง (Primary Key)	รหัสผู้ขาย (Primary Key)	ราคาต่อหน่วย (บาท)
195/70-14	001	1,500
205/70-14	001	1,650
195/70-14	002	1,600
215/75-14	002	1,800

ตารางที่ 6 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 2NF แบบที่ 2

รหัสผู้ขาย (Primary Key)	ชื่อผู้ขาย	โทรศัพท์
001	อ่างทองการยาง	0-3561-1442
002	กรุงเทพการยาง	0-2000-0000

2.2.3 Normalization ขั้นตอนที่สาม (3NF) : ฐานข้อมูลอยู่ในรูป 3NF ก็ต่อเมื่อฐานข้อมูลนั้นอยู่ในรูป 2NF และฐานข้อมูลนั้นจะต้องไม่มีบันทึกข้อมูล Non-key Attributes ที่ไม่ขึ้นอยู่กับ Primary Key(s) แต่กลับขึ้นอยู่กับ Candidate Key(s) ในตารางนั้นๆ

ตารางที่ 7 เป็นตัวอย่างของฐานข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูป 3NF เนื่องจากข้อมูล “ชื่อมหาวิทยาลัย” และ “ที่อยู่” ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ “รหัสอาจารย์” ซึ่งเป็น Primary Key ของตาราง แต่กลับขึ้นอยู่กับ “ชื่อมหาวิทยาลัย” ซึ่งเป็น Candidate Key ฐานข้อมูลในตารางที่ 7 สามารถปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูป 3NF ดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 7 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ไม่ผ่านเงื่อนไข 3NF

รหัสอาจารย์ (Primary Key)	ชื่ออาจารย์	ชื่อมหาวิทยาลัย	ที่อยู่มหาวิทยาลัย	Website มหาวิทยาลัย
001	สมพงษ์	เกษตรศาสตร์	50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร	http://ku.ac.th
002	สุชาติ	เกษตรศาสตร์	50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร	http://ku.ac.th
003	สมชาย	จุฬาลงกรณ์	254 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน	http://chula.ac.th
004	สุเทพ	เกษตรศาสตร์	50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร	http://ku.ac.th

ตารางที่ 8 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 3NF แบบที่ 1

รหัสอาจารย์ (Primary Key)	ชื่ออาจารย์	ชื่อมหาวิทยาลัย
001	สมพงษ์	เกษตรศาสตร์
002	สุชาติ	เกษตรศาสตร์
003	สมชาย	จุฬาลงกรณ์
004	สุเทพ	เกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ตัวอย่างฐานข้อมูลที่ผ่านเงื่อนไข 3NF แบบที่ 2

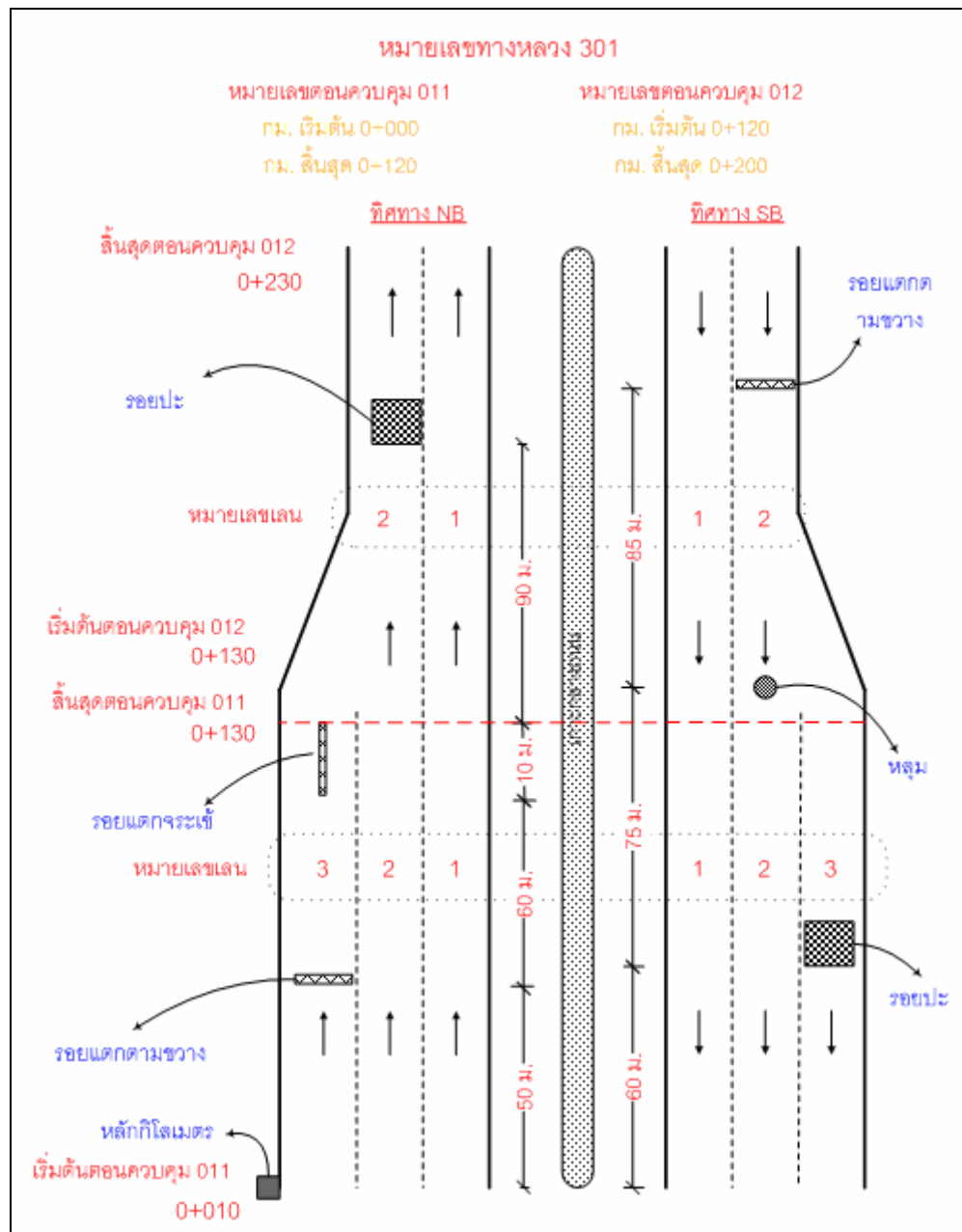
ชื่อมหาวิทยาลัย	ที่อยู่	Website มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์	50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร	http://ku.ac.th
จุฬาลงกรณ์	254 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน	http://chula.ac.th

เมื่อสังเกตดูจะพบว่าการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ตารางที่ 8 และตารางที่ 9 จะใช้หน่วยความจำในการจัดเก็บน้อยกว่าตารางที่ 7 เนื่องจากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนทั้งยังช่วยเพิ่มความเที่ยงตรง (Integrity) ของฐานข้อมูลโดยจะช่วยป้องกันข้อขัดแย้ง (Conflict) ระหว่างข้อมูลที่มีโอกาสเกิดขึ้นในตารางที่ 7 (ตัวอย่างเช่น เจ้าหน้าที่อาจป้อนข้อมูลที่อยู่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในตารางที่ 7 ผิดพลาดซึ่งอาจส่งผลให้ที่อยู่มหาวิทยาลัยในแถวของอาจารย์สุภวุฒิแตกต่างจากที่อยู่มหาวิทยาลัยในแถวของอาจารย์สุชาติซึ่งไม่ถูกต้องตามความเป็นจริงและยังก่อให้เกิดความสับสนว่าข้อมูลในแถวใดเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง)

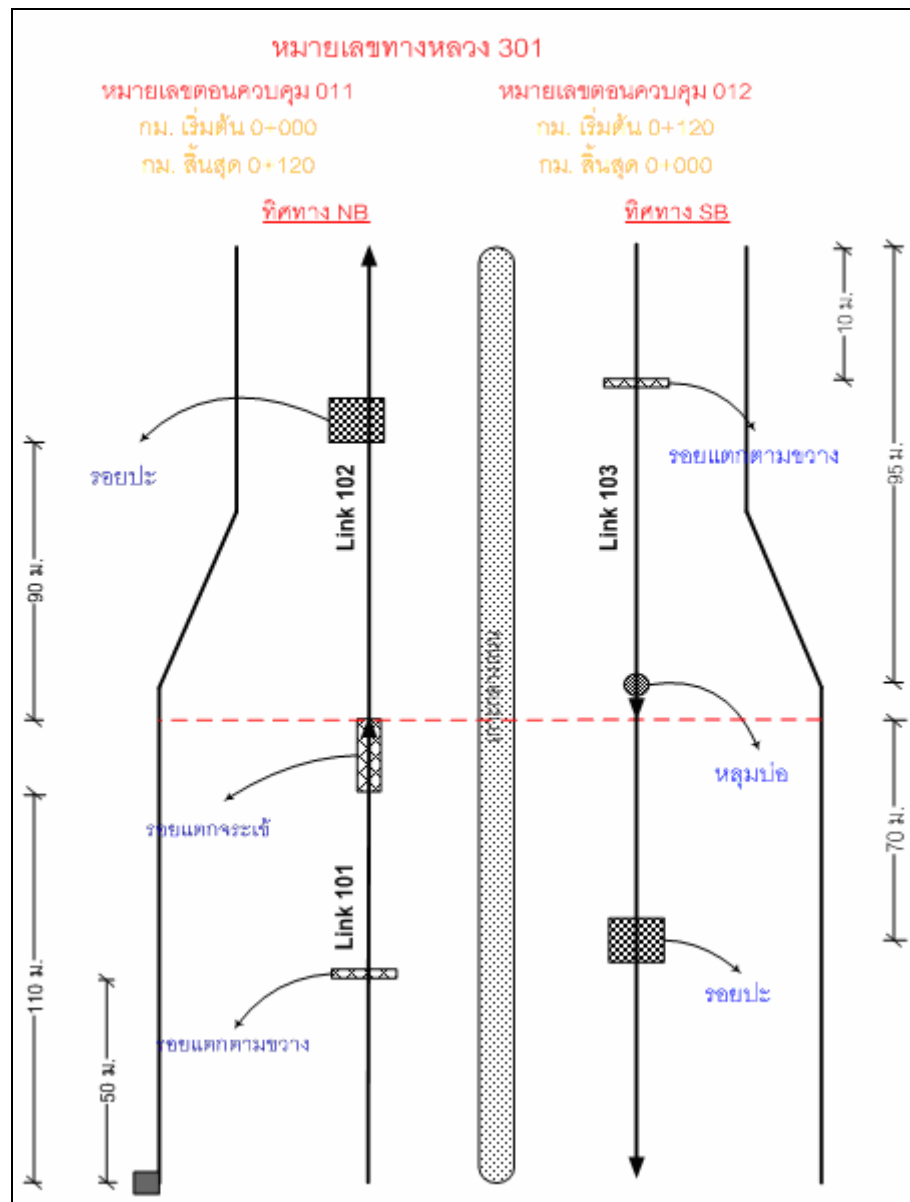
อนึ่งเงื่อนไขของ 2NF จะคล้ายคลึงกับเงื่อนไขของ 3NF แต่จะต่างกันตรงที่เงื่อนไขของ 2NF มักจะเกี่ยวข้องกับกรณีที่ตารางนั้นๆ มีจำนวน Primary Key(s) มากกว่าหนึ่งอัน

ฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบขึ้นจะทำการออกแบบให้สามารถสนับสนุนการบอกตำแหน่งในระบบ LRS ซึ่งเป็นระบบอ้างอิงที่ได้รับความนิยมในการใช้จัดเก็บข้อมูลถนนในต่างประเทศ จุดเด่นของระบบ LRS คือ 1) ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อนและมีราคาแพงเช่น Global Positioning System (GPS) และ 2) ข้อมูลตำแหน่งที่จัดเก็บโดยระบบ LRS มีความถูกต้องเชิงตรรกะ (Logical Consistency) สูงเนื่องจากระบบ LRS เป็นระบบการบอกตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ ซึ่งบอกตำแหน่งโดยการอ้างอิงกับจุดอ้างอิงในสนาม ตัวอย่างเช่น การบอกตำแหน่งของรอยแตกบนถนนในระบบ LRS จะประกอบด้วยข้อมูลตำแหน่ง 4 ส่วนคือ

- หมายเลขถนนและหมายเลขตอนควบคุมที่รอยแตกเกิดขึ้น
- จุดอ้างอิงในสนามซึ่งอาจเป็นจุดเริ่มต้นของตอนควบคุม
- ระยะทางตามแนวถนนที่วัดจากจุดอ้างอิงในสนามถึงตำแหน่งของรอยแตก
- ทิศทางในการวัดระยะทาง อาทิเช่น ตามแนวถนนมุ่งหน้าทางทิศเหนือ เป็นต้น



ภาพที่ 10 ตัวอย่างจากการสำรวจ



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล

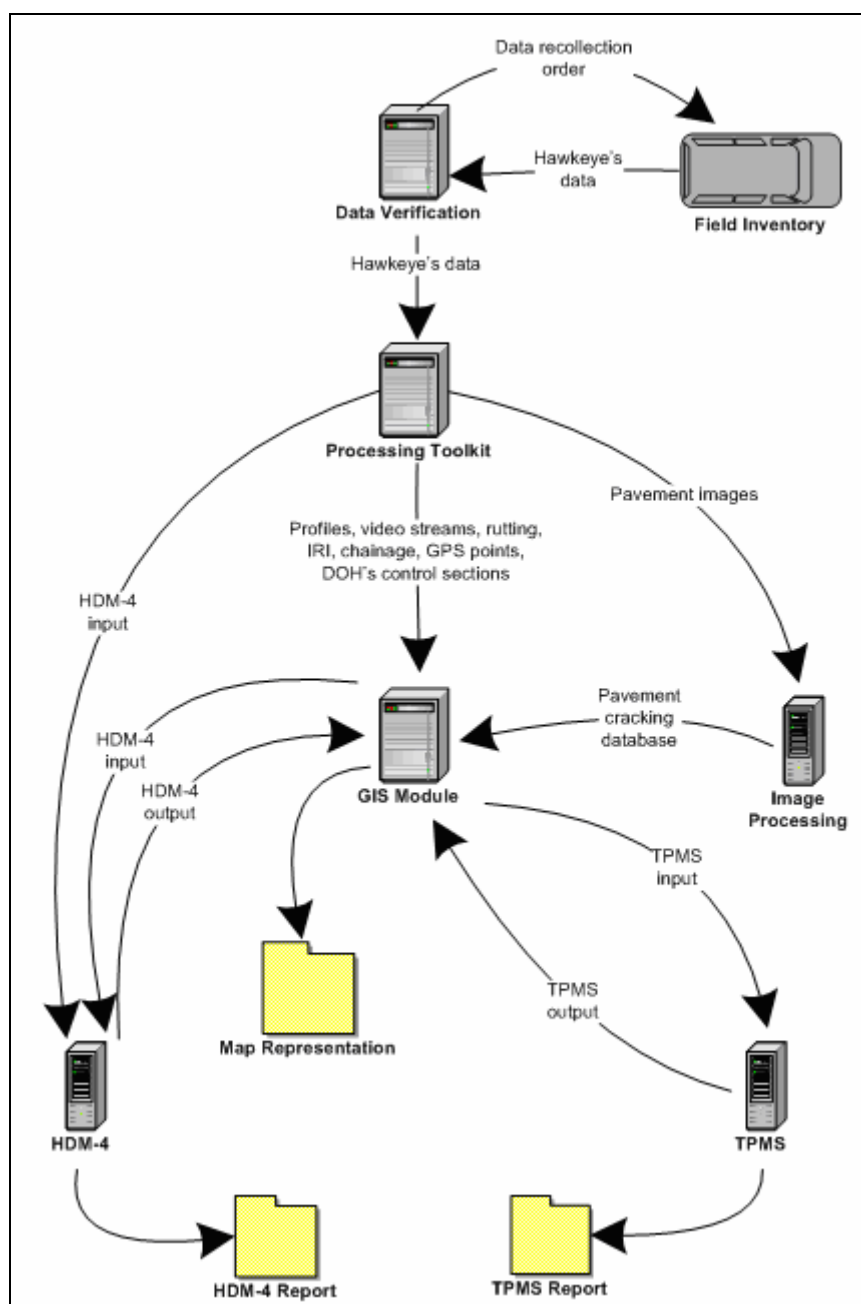
ทั้งนี้ตำแหน่งของข้อมูลความเร็วของผิวทาง ข้อมูลร่องล้อและข้อมูลความเสียหายของผิวทางประเภทต่างๆจะซ้อนทับพอดิบบนแนวเส้นถนน ซึ่งต่างจากการบอกตำแหน่งโดยใช้พิกัด GPS ที่มีความคลาดเคลื่อนซึ่งส่งผลให้ตำแหน่งข้อมูลความเร็วของผิวทาง ข้อมูลร่องล้อและข้อมูลความเสียหายของผิวทางไม่ซ้อนทับบนแนวเส้นถนนซึ่งขัดแย้งกับสภาพความเป็นจริง

3. การจัดทำแผนที่โครงข่ายทางหลวงของกรมทางหลวง

หลังจากที่ทำการออกแบบฐานข้อมูลแล้วจะทำการสร้างข้อมูล GIS โครงข่ายทางขึ้นวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลแผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์โครงข่ายทางมาใช้เป็นแผนที่ฐาน (Base Map) ในการจัดทำฐานข้อมูลและแผนที่สภาพความเสียหายของผิวทาง โดยในการสร้างข้อมูล GIS โครงข่ายทางจะใช้ข้อมูลพิกัด DGPS (ความถูกต้องในแนวราบ 1 เมตร) ที่จัดเก็บจากรถสำรวจมาใช้ในการสร้างแนวเส้นทางถนน (Road Cartographic Line) แล้วทำการเชื่อมโยงข้อมูลบัญชีสายทางกับแนวเส้นทางถนนที่สร้างขึ้นใหม่ ทั้งนี้จะทำให้ข้อมูล GIS โครงข่ายทางมีความถูกต้องตามความเป็นจริงในปัจจุบันและสามารถใช้งานได้ที่น่าเชื่อถือ

4. พัฒนาโปรแกรม (Source Code)

ภาพที่ 12 แสดงการไหลเข้าและออกของข้อมูลผ่านระบบ GIS จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่จะถูกนำเข้าสู่ฐานข้อมูลเป็นลำดับแรกคือข้อมูลที่ได้จากรถสำรวจ ซึ่งถูกวิเคราะห์และประมวลผลผ่านโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit แล้วส่งออก (Export Batch) ในรูปแบบของไฟล์ Comma Delimited (CSV) แต่ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit ไม่สามารถที่จะนำเข้าสู่ฐานข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาต้องการทำจัดรูปแบบของข้อมูลใหม่ ยกตัวอย่างเช่นการสร้างจุดเริ่มต้นของทุกๆตอนสำรวจใหม่ (สำหรับข้อมูล GIS โครงข่ายทาง) คัดข้อมูลช่วงที่เป็นการเก็บข้อมูลก่อนระยะเริ่มต้นของสายทางที่กำหนดไว้ (LEADIN) และ คัดข้อมูลช่วงที่เป็นการเก็บข้อมูลหลังจากระยะสิ้นสุดของสายทางที่กำหนดไว้ (LEADOUT) ออก แทนที่ข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บค่าได้ เนื่องจากความเร็วของรถสำรวจน้อยกว่าความเร็วที่กำหนดและไม่มีข้อมูลพิกัดละติจูด ลองจิจูด (สำหรับข้อมูล ความเรียบผิวทาง ,ร่องล้อ และรายละเอียดด้านเลขาคณิต)



ภาพที่ 12 การไหลเข้าและออกของข้อมูลผ่านระบบ GIS

จากสาเหตุข้างต้นและประกอบกับข้อมูลมีปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองระยะเวลาในการจัดการข้อมูลและอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ทางผู้วิจัยจึงจะทำการพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเข้าสู่ฐานข้อมูล โดยใช้ภาษาจาวา เพื่อลดระยะเวลาและทำให้กระบวนการหลายขั้นตอนเป็นไปอย่างอัตโนมัติ ทั้งยังลดข้อผิดพลาดอีกด้วย ในส่วนของข้อมูลความเสียหายของผิวทางนั้น ได้จากการวิเคราะห์รูปที่ถูกบันทึกโดยรถสำรวจ และใช้โปรแกรม

Hawkeye Processing Toolkit วัดความยาวหรือพื้นที่ของรอยร้าวที่ปรากฏบนผิวทาง รวมถึงการจำแนกประเภทของความเสียหาย หลังจากนั้นจะทำการนำข้อมูลความเสียหายเข้าสู่ฐานข้อมูล ซึ่งในส่วนนี้จะต้องทำการพัฒนาเครื่องมือ สำหรับนำเข้าข้อมูลเช่นเดียวกับข้อมูลอื่นที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องมาจากข้อมูลที่ได้มีทั้งข้อมูลความเสียหายของผิวทาง วัสดุและความกว้างของผิวทาง รวมทั้งวัสดุและความกว้างของไหล่ทาง ซึ่งต้องทำการแยกข้อมูลแต่ละประเภทออก แล้วจึงทำการจัดรูปแบบข้อมูลความเสียหายของผิวทางใหม่ เพื่อให้ตรงกับรูปแบบที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูล

ในส่วน of ข้อมูลอื่นในฐานข้อมูลที่เป็นข้อมูลสารสนเทศ (Management Information System: MIS) จะถูกนำเข้าโดยใช้แหล่งที่มาของข้อมูลจากข้อมูลบัญชีสายทางเดิมที่มีอยู่และข้อมูลบางส่วนจากกรมทางหลวง หลังจากได้ข้อมูลในฐานข้อมูลครบถ้วนแล้ว จะต้องทำการส่งออกข้อมูลให้กับฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 1 ปี (Thailand Pavement Management System: TPMS) และฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 3 - 5 ปี (Highway Development and Management Tool: HDM-4) แต่เนื่องจากข้อมูล that TPMS และ HDM-4 ต้องการ มีการแบ่งช่วงย่อยของสายทางแตกต่างจากการแบ่งช่วงย่อยในฐานข้อมูล คือ ฐานข้อมูลทำการเก็บข้อมูลทุกช่วงย่อย 25 เมตร ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง แต่ข้อมูล that TPMS ต้องการเป็นข้อมูลของทุกช่วงย่อย 200 เมตรและข้อมูล that HDM-4 ต้องการเป็นข้อมูลทุกช่วงย่อย 1 กิโลเมตร จึงจำเป็นต้องทำการพัฒนาเครื่องมือขึ้นเพื่อทำการประมวลผลให้ได้ทุกช่วงย่อยตามต้องการ

นอกจากจะทำการสร้างฐานข้อมูล นำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล และส่งออกข้อมูลแล้ว ทางผู้วิจัยจะทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับสร้างแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติโดยติดต่อกับผู้ใช้งาน มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางในพื้นที่ที่สนใจ เนื่องมาจากขั้นตอนในการค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางมีหลายขั้นตอนอีกทั้งข้อมูลมีปริมาณมาก การที่จะให้ผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยด้วยตัวเองจึงเป็นไปได้ยากและสิ้นเปลืองระยะเวลามาก

5. ทดสอบและปรับแก้โปรแกรม

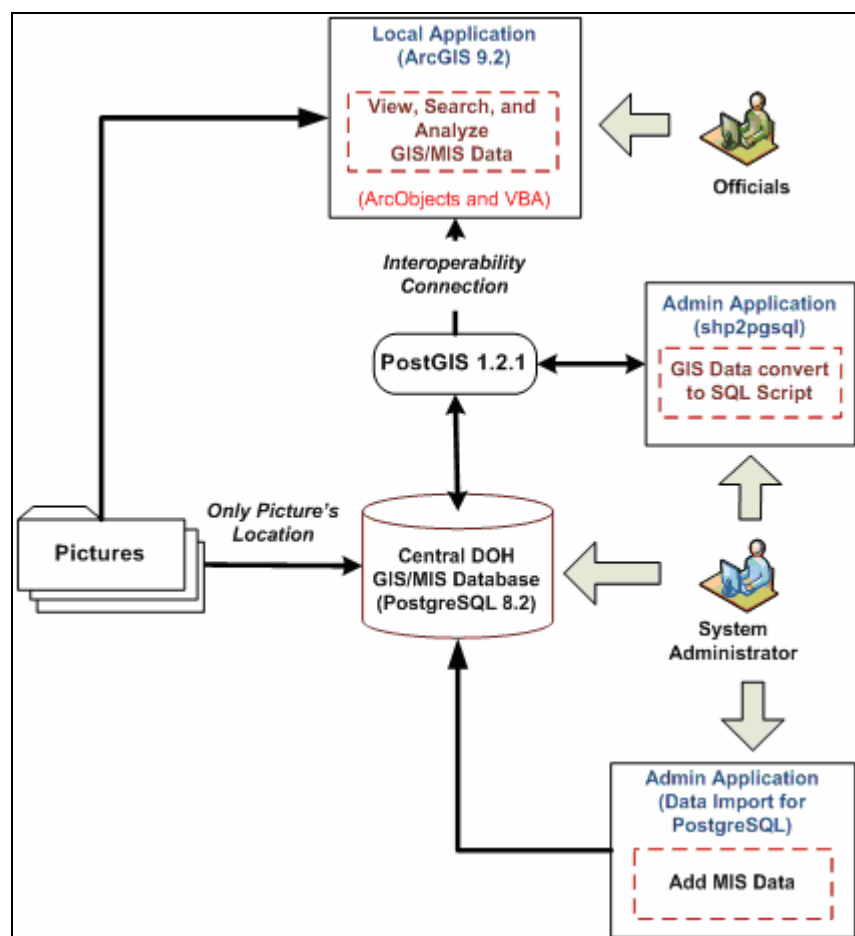
ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบและปรับแก้โปรแกรมเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบและเขียนโปรแกรม

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม

ภาพที่ 13 แสดงสถาปัตยกรรมระบบโปรแกรม (Software Integration Architecture) สำหรับฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ถูกออกแบบขึ้น โดยระบบได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 13 สถาปัตยกรรมระบบโปรแกรม (Software Integration Architecture)

- โปรแกรม PostgreSQL 8.2 สำหรับจัดทำฐานข้อมูลความเสียหายของทางพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด (Open Source Software) ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการจัดเก็บและบริหารจัดการฐานข้อมูลสารสนเทศ (MIS) และฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ขนาดใหญ่

- โปรแกรม PostGIS 1.2.1 เป็นโปรแกรมเสริมที่ช่วยเพิ่มความสามารถให้โปรแกรม PostgreSQL 8.2 ให้สามารถจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ภายในฐานข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์แบบ พร้อมทั้งทำหน้าที่เชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างฐานข้อมูลในโปรแกรม PostgreSQL 8.2 กับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้การค้นหาและเรียกใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่จากโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว

- โปรแกรม ArcGIS 9.2 สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป (General User) ในการสืบค้น วิเคราะห์ ประมวลผลและจัดทำรายงานและแผนที่ความเสียหาย เนื่องจากเป็นโปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้งานง่ายและมีฟังก์ชันการทำงานครบถ้วน ทั้งยังได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานทั่วไปที่มีความคุ้นเคยกับโปรแกรม ArcGIS 9.2 เป็นทุนเดิมอยู่แล้วให้การยอมรับและสามารถเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นได้อย่างรวดเร็วและง่ายดายส่งผลให้การใช้งานโปรแกรมประยุกต์ดังกล่าวเป็นไปอย่างยั่งยืน

- “shp2pgsql tool” เป็นเครื่องมือสำหรับแปลงข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นภาษา Structured Query Language (SQL) Script เพื่อนำเข้าข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้าสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL 8.2

- โปรแกรม Data Import for PostgreSQL เป็นโปรแกรมซึ่งสามารถสื่อสารกับฐานข้อมูล PostgreSQL 8.2 ทำให้การนำเข้าข้อมูลสารสนเทศเข้าสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL 8.2 เป็นไปอย่างรวดเร็วและง่ายดาย

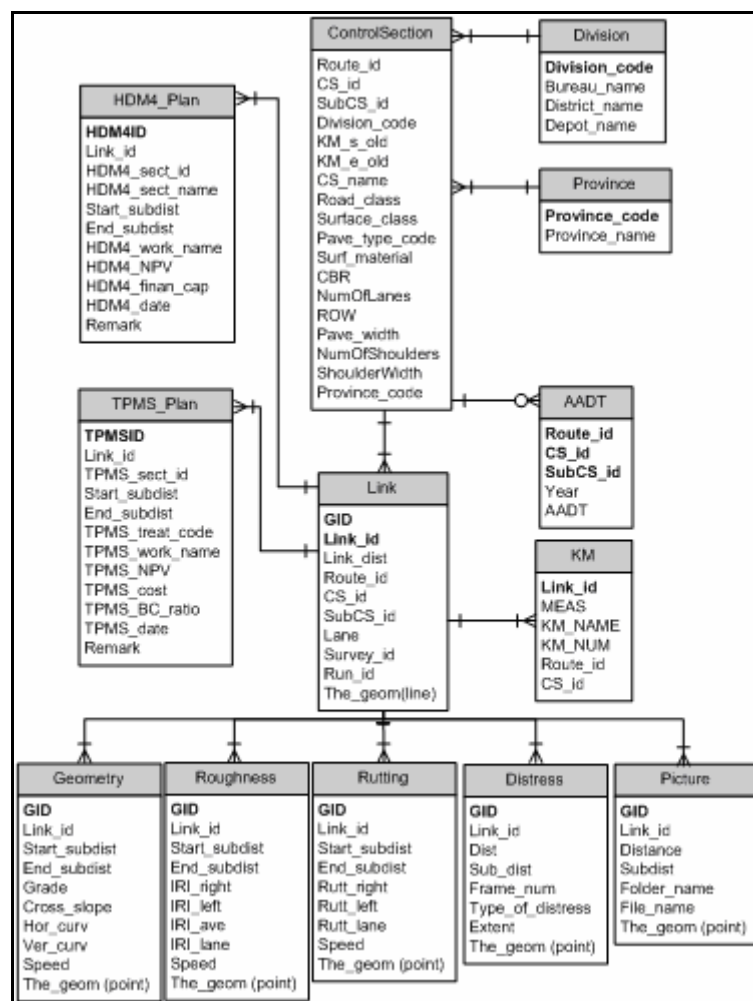
- การจัดเก็บแฟ้มภาพนิ่งของข้อมูลความเสียหายจะอยู่ภายนอกฐานข้อมูล เพื่อลดขนาด พร้อมทั้งเพิ่มความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการทำงานของฐานข้อมูล โดยสามารถเรียกดูภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวบนแผนที่จากการตรวจสอบชื่อแฟ้มของภาพจากฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบพิกัดของฐานข้อมูลได้เลือกใช้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์แบบ Geographic Coordinate ซึ่งระบุพิกัดโดยใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดโดยใช้พื้นผิวอ้างอิง (Geodetic

Datum) แบบ World Geodetic System (WGS) 1984 ซึ่งเป็นระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์มาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย

2. การออกแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ภาพที่ 14 แสดงฐานข้อมูลสภาพผิวทางพื้นที่ภาคกลางในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยใช้เป็นฐานข้อมูลของการวิจัย (รายละเอียดพจนานุกรมฐานข้อมูลแสดงในภาคผนวก ก) และฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบได้ผ่านการตรวจสอบ Normalization ทำให้มั่นใจว่าฐานข้อมูลที่จะพัฒนาขึ้นจะไม่จัดเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนและป้องกันการขัดแย้งระหว่างข้อมูลทั้งยังจะช่วยให้การปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเป็นไปอย่างสะดวกและถูกต้อง



ภาพที่ 14 ฐานข้อมูลสภาพผิวทาง

ฐานข้อมูลในภาพที่ 14 สามารถสนับสนุนการบอกตำแหน่งในระบบอ้างอิงเชิงเส้น (LRS) ซึ่งเป็นระบบอ้างอิงที่ได้รับความนิยมในการใช้จัดเก็บข้อมูลถนนในต่างประเทศ นอกจากการบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบ LRS แล้ว ฐานข้อมูลในภาพที่ 14 ยังสนับสนุนการบอกตำแหน่งในระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บโดยระบบ GPS ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการเก็บข้อมูลในประเทศไทยในปัจจุบัน ทั้งนี้จะทำให้ฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่นและสามารถรองรับการทำงานได้ทั้งสองระบบ

ฐานข้อมูลในภาพที่ 14 เก็บค่าความเรียบของผิวทาง ร่องล้อ ข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิตและข้อมูลความเสียหายของผิวทาง จะแยกเป็นอิสระออกจากกันเพื่อความสะดวกในการค้นหาและปรับแก้ข้อมูลซึ่งเป็นไปตามหลักการของ Normalization ของฐานข้อมูล ในการบอกตำแหน่งของความเสียหายจะบอกตำแหน่งผ่านระบบอ้างอิงเชิงเส้น กล่าวคือ ฐานข้อมูลจะบันทึกหมายเลขตอนสำรวจ (Link) ซึ่งอ้างอิงกับหมายเลขทางหลวง หมายเลขตอนควบคุม หมายเลขตอนควบคุมย่อย ทิศทางการจราจรและระยะทางที่วัดได้ตามแนวนนจากจุดเริ่มต้นของตอนสำรวจถึงช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดของค่าความเรียบของผิวทาง ร่องล้อ ข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิตและความเสียหายของผิวทาง

ฐานข้อมูลในภาพที่ 14 เชื่อมโยงผลการวิเคราะห์จากฝ่ายวิเคราะห์จัดทำแผนการซ่อมบำรุงทางระยะ 1 ปี (TPMS) และฝ่ายวิเคราะห์จัดทำแผนการซ่อมบำรุงทางระยะ 3 - 5 ปี (HDM-4) ผ่านทางหมายเลขตอนสำรวจ โดยตารางฐานข้อมูลที่จัดเก็บผลการวิเคราะห์จากฝ่าย TPMS และ HDM-4 สามารถขยายหรือเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสมของข้อมูลที่กรมทางหลวงต้องการจัดเก็บ

เนื่องจากเพิ่มข้อมูลภาพนิ่งที่จัดเก็บจากสนามมีขนาดใหญ่และมีปริมาณมาก เพื่อป้องกันไม่ให้อาณาข้อมูลมีขนาดใหญ่เกินไปซึ่งจะส่งผลให้อาณาข้อมูลทำงานช้าและขาดประสิทธิภาพ เพิ่มข้อมูลภาพนิ่งที่จัดเก็บจากสนามจะจัดเก็บอยู่ภายนอกฐานข้อมูล การเชื่อมโยงหรือเรียกดูภาพนิ่งสามารถทำได้โดยการบันทึกตำแหน่งที่อยู่และชื่อเพิ่มข้อมูลภาพนิ่งไว้ในฐานข้อมูล ตาราง “Pictures” แล้วจึงเรียกดูภาพนิ่งผ่านตำแหน่งที่อยู่และชื่อเพิ่มข้อมูลภาพนิ่งที่บันทึกไว้

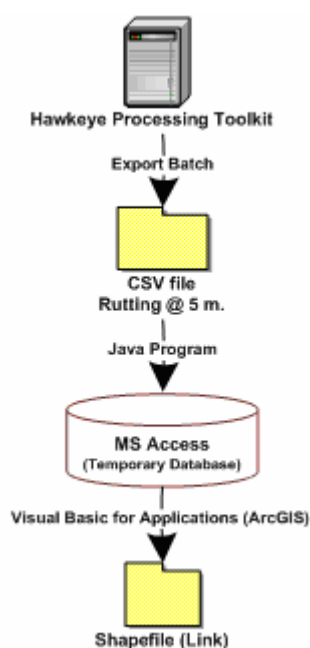
นอกจากนี้ฐานข้อมูลในภาพที่ 14 ยังจัดเก็บข้อมูล จังหวัด สำนักทางหลวงและแขวงทางทางที่รับผิดชอบดูแลถนนในแต่ละตอนควบคุมเพื่อให้ผู้ใช้งานฐานข้อมูลสามารถทราบสรุปความเสียหายของทางโดยแยกตามจังหวัด สำนักทางหลวงและแขวงทางทางได้

3. การจัดทำแผนที่โครงข่ายทางหลวงของกรมทางหลวง

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนที่โครงข่ายทางชุดใหม่จากข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์จากการสำรวจโดยใช้เทคนิค DGPS ที่มีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งในแนวราบไม่เกิน 1 เมตร มาใช้ในการสร้างแนวเส้นทาง แล้วทำการเชื่อมโยงข้อมูลบัญชีสายทางเข้ากับแนวเส้นทางที่สร้างขึ้นใหม่ ทั้งนี้จะทำให้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงข่ายทางที่จัดสร้างขึ้นใหม่มีความถูกต้องตามความเป็นจริงในปัจจุบันและสามารถนำมาใช้งานได้ที่น่าเชื่อถือ อีกทั้งเพื่อใช้เป็นแผนที่ฐานในการจัดทำฐานข้อมูลและแผนที่สภาพความเสียหายของผิวทาง

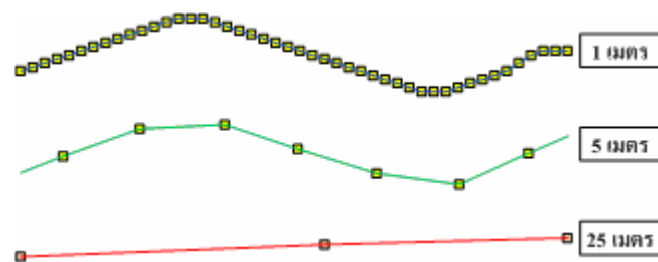
การสร้างแผนที่โครงข่ายทางหลวง

ภาพที่ 15 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนที่โครงข่ายทางหลวง โดยขั้นตอนผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลในสคริปต์ละติจูดและลองจิจูดของข้อมูลที่วิเคราะห์และส่งออกจากโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit (ข้อมูลร่องล้อ ความเรียบผิวทาง และรายละเอียดด้านเรขาคณิต) กับข้อมูลละติจูดและลองจิจูดจากสนามซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ถูกต้อง เพื่อเลือกใช้ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลพิกัดในสนามมากที่สุด ผลปรากฏว่าข้อมูลละติจูดและลองจิจูดร่องล้อมีค่าใกล้เคียงกับค่าละติจูดและลองจิจูดในสนามมากที่สุด



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการสร้างแผนที่โครงข่ายทางหลวง

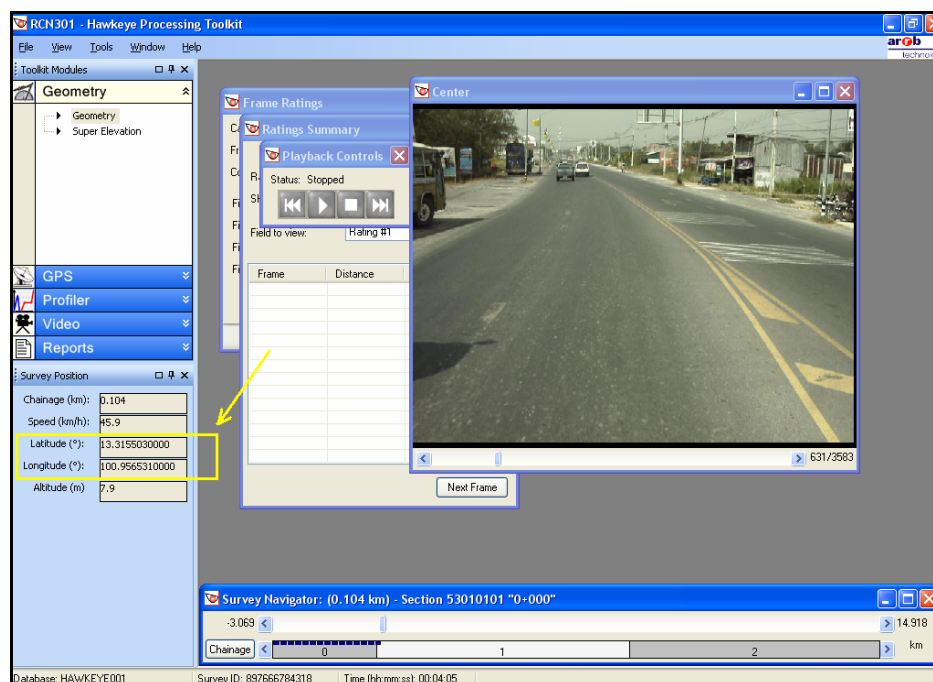
ในส่วนระยะห่างระหว่างพิกัดละติจูดและลองจิจูดผู้วิจัยเลือกใช้ทุกระยะ 5 เมตรเนื่องจากจะทำให้แนวสายทางใกล้เคียงกับความเป็นจริง ในขณะที่ไม่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณและประมวลผลมากเกินไป ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างการสร้างเส้นสายทางจากข้อมูลพิกัด ทุกระยะ 1 เมตร 5 เมตร และ 25 เมตรตามลำดับ จากรูปพบว่าถ้าใช้ข้อมูลพิกัดที่มีระยะห่างมากเกินไปจะทำให้แนวเส้นทางผิดเพี้ยนไปจากสภาพความเป็นจริง อนึ่งแนวเส้นทางถนนที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่จะมีข้อมูลความยาวของแต่ละตอนสำรวจ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สนับสนุนระบบอ้างอิงเชิงเส้นอีกด้วย



ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลพิกัดละติจูดและละติจูด

Microsoft Excel - RCN661-rut										
Section										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Section	Distance (l	Sub Distar	Rut Right	Rut Left	Rut Lane	Speed (km	Events	Latitude (d	Longitude (deg)
2	LEADIN	-0.232	0.005	0.54	11.29	11.29	27		15.7106	100.1235
3	LEADIN	-0.227	0.01	0.54	11.29	11.29	27		15.71061	100.1235
4	LEADIN	-0.222	0.015	0.8	20.24	20.24	27		15.71062	100.1234
5	LEADIN	-0.217	0.02	1.7	10.05	10.24	26		15.71062	100.1234
6	LEADIN	-0.212	0.025	2.13	2.11	2.63	26		15.71063	100.1233
7	LEADIN	-0.207	0.03	2.5	2.63	3.01	28		15.71064	100.1233
8	LEADIN	-0.202	0.035	2.55	2.67	3.11	29		15.71064	100.1232
9	LEADIN	-0.197	0.04	2.67	1.13	2.69	30		15.71065	100.1232
10	LEADIN	-0.192	0.045	3.18	0.25	3.18	32		15.71066	100.1232
11	LEADIN	-0.187	0.05	1.69	0.43	1.71	34		15.71066	100.1231
12	LEADIN	-0.182	0.055	2.09	3.24	3.27	35		15.71067	100.1231
13	LEADIN	-0.177	0.06	2.19	2.42	2.8	37		15.71068	100.123
14	LEADIN	-0.172	0.065	2.14	0.19	2.14	38		15.71069	100.123
15	LEADIN	-0.167	0.07	2.1	0.01	2.1	39		15.71069	100.1229
16	LEADIN	-0.162	0.075	2.3	0.02	2.3	40		15.7107	100.1229
17	LEADIN	-0.157	0.08	2.95	0.29	2.95	41		15.71071	100.1228
18	LEADIN	-0.152	0.085	2.42	0.09	2.42	41		15.71072	100.1228
19	LEADIN	-0.147	0.09	1.75	0.03	1.75	41		15.71072	100.1227
20	LEADIN	-0.142	0.095	1.07	0.02	1.07	41		15.71073	100.1227
21	LEADIN	-0.137	0.1	2.56	0.69	2.56	41		15.71074	100.1226
22	LEADIN	-0.132	0.105	2.13	0.97	2.19	41		15.71074	100.1226
23	LEADIN	-0.127	0.11	1.05	0.8	1.16	41		15.71075	100.1226
24	LEADIN	-0.122	0.115	1.57	0.12	1.57	41		15.71076	100.1225
25	LEADIN	-0.117	0.12	1.54	0.3	1.54	41		15.71076	100.1225
26	LEADIN	-0.112	0.125	1.83	0.49	1.84	41		15.71077	100.1224
27	LEADIN	-0.107	0.13	1.83	0	1.83	41		15.71078	100.1224
28	LEADIN	-0.102	0.135	0.76	0	0.76	40		15.71078	100.1223
29	LEADIN	-0.097	0.14	1.68	0.05	1.68	40		15.71079	100.1223
30	LEADIN	-0.091	0.145	1.88	0	1.88	39		15.7108	100.1222
31	LEADIN	-0.086	0.15	1.48	0.05	1.48	39		15.71081	100.1222
32	LEADIN	-0.081	0.155	1.94	2.7	2.98	39		15.71081	100.1221

ภาพที่ 17 ตัวอย่างข้อมูลละติจูดและลองจิจูดร่องล้อที่วิเคราะห์ทุก 5 เมตร



ภาพที่ 18 ข้อมูลละติจูดและลองจิจูดจากสนาม

ขั้นตอนต่อมาผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลชั่วคราว MS Access ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องทำการพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบและนำเข้าข้อมูลโดยใช้ภาษาจาวาโดยมีการปรับปรุงข้อมูลดังนี้

- ลบข้อมูลในช่วงที่เป็น LEADIN และ LEADOUT ออก
- กำหนดจุดเริ่มต้นของตอนสำรวจ (ปรับปรุงข้อมูล LEADIN บรรทัดสุดท้ายให้เป็นจุดเริ่มต้นของตอนสำรวจแรก)
- เพิ่มข้อมูลระยะทางซึ่งเป็นการวัดระยะทางจากจุดเริ่มของทุกๆตอนของการสำรวจ (Link) ถึงจุดพิกัดทุกจุดบนสายทาง
- เพิ่มข้อมูลหมายเลขทางหลวง (Route ID) และตอนควบคุม (Control Section ID)
- เพิ่มข้อมูลตอนควบคุมย่อย (Sub Control Section ID) และข้อมูลช่องจราจร (Lane)
- เพิ่มข้อมูลเส้นทางสำรวจ (Survey ID)
- เพิ่มข้อมูล Run ID
- ปรับปรุงค่า “X” ให้เป็น “9999” เนื่องจากรถสำรวจไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลความเสียหายบางระยะของการสำรวจได้

```

10 public static void main(String[] args) throws IOException, NoSuchElementException
11 {
12
13     String outtable = "RCN291_05";           // ----- Change name RCN Hear *****
14
15     // INPUT FILE
16     String inputFile = "RCN291-rut.csv";     // ----- Change name RCN Hear *****
17     File file = new File(inputFile);
18
19
20     // INPUT FILE Link
21     String inputFileLink = "Link.csv";
22     File filelink = new File(inputFileLink);
23
24
25     //OUTPUT FILE
26     String URL = "jdbc:odbc:DOH";
27
28
29     String SQL = "CREATE TABLE "+outtable+"( "+
30         "[id] AutoIncrement CONSTRAINT PKEY Primary Key,"+
31         "Link_id Char(10) Not null,"+
32         "Dist Double Not null,"+
33         "Link_dist Double Not Null,"+
34         "Route_id Char(10) Not Null,"+
35         "CS_id Char(10) Not Null,"+
36         "SubCS_id Char(10) Not Null,"+
37         "Lane Char(10) Not Null,"+
38         "Survey_id Char(10) Not Null,"+
39         "Run_id Char(10) Not Null,"+
40         "Latitude Double Not Null,"+
41         "Longitude Double Not Null )";
42

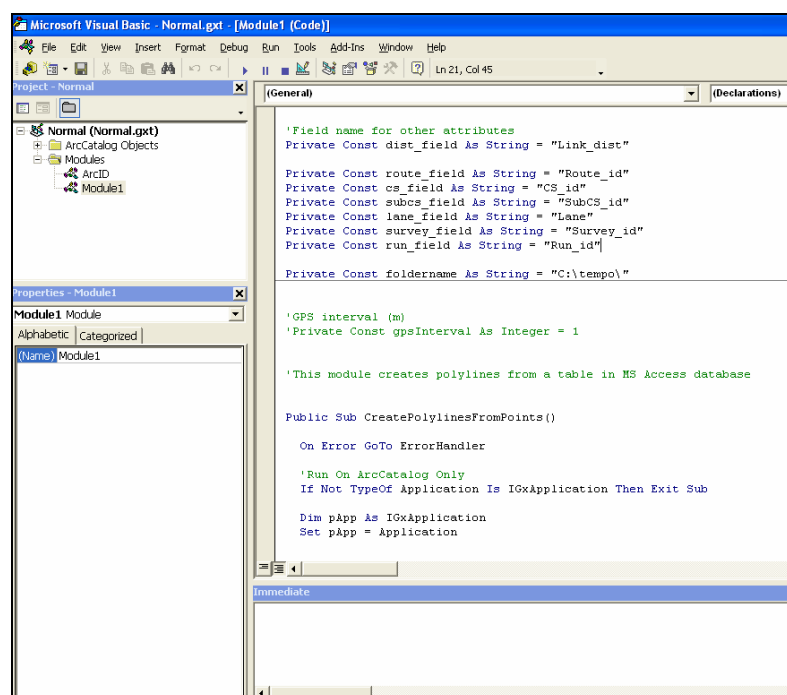
```

ภาพที่ 19 ภาษาจาวาที่พัฒนาขึ้นสำหรับปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนที่โครงข่ายทาง

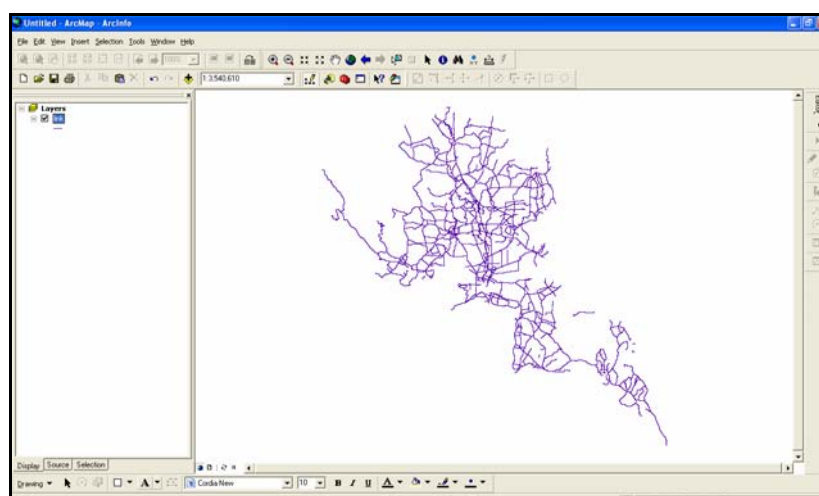
id	Link_id	Dist	Link_dist	Route_id	CS_id	SubCS_id	Lane	Survey_id	Run_id	Latitude	Longitude
1	53310101	0	0.0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7802690	101.820718
2	53310101	.005	.005 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7802554	101.8207621
3	53310101	.01	.01 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7802409	101.8208063
4	53310101	.015	.015 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7802268	101.8208503
5	53310101	.02	.02 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7802128	101.8208941
6	53310101	.025	.025 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7801995	101.8209373
7	53310101	.03	.03 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7801865	101.8209804
8	53310101	.035	.035 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.780173	101.8210238
9	53310101	.036	.037 0003	1100	01	F2	331	05	05	12.7801681	101.8210384
10	53310102	.041	.005 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7801531	101.8210831
11	53310102	.046	.01 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7801385	101.8211703
12	53310102	.051	.015 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7801252	101.8212132
13	53310102	.056	.02 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7801119	101.8212566
14	53310102	.061	.025 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800979	101.8213004
15	53310102	.066	.03 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800837	101.821344
16	53310102	.071	.035 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800695	101.8213879
17	53310102	.076	.04 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800554	101.8214319
18	53310102	.081	.045 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800426	101.8214767
19	53310102	.086	.05 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800274	101.8215218
20	53310102	.091	.055 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7800121	101.8215649
21	53310102	.096	.06 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799971	101.8216078
22	53310102	.101	.065 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799821	101.8216518
23	53310102	.106	.07 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799671	101.8216964
24	53310102	.111	.075 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799521	101.8217412
25	53310102	.116	.08 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799371	101.8217860
26	53310102	.121	.085 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799221	101.8218308
27	53310102	.126	.09 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7799071	101.8218756
28	53310102	.131	.095 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7798921	101.8219204
29	53310102	.136	.1 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7798771	101.8219652
30	53310102	.141	.105 0003	1100	02	F3	331	05	05	12.7798621	101.8220100

ภาพที่ 20 ตัวอย่างข้อมูลร่องลือวิเคราะห์ทุก 5 เมตรที่จัดเก็บในฐานข้อมูลชั่วคราว

ขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาภาษา Visual Basic for Applications (VBA) ในโปรแกรม ArcGIS 9.2 เพื่อทำการสร้างแผนที่ทางภูมิศาสตร์จากฐานข้อมูลชั่วคราวในแต่ละตอนของการสำรวจ ภาพที่ 21 แสดงภาษา VBA ที่ถูกพัฒนาขึ้นและภาพที่ 22 แสดงแผนที่โครงข่ายทางหลวงที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 21 ภาษา Visual Basic for Application ที่ถูกพัฒนาขึ้น



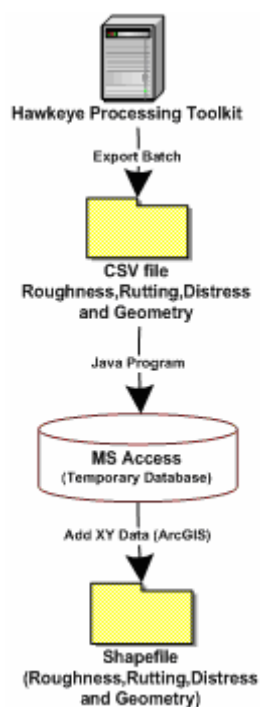
ภาพที่ 22 แผนที่โครงข่ายทางหลวงที่สร้างขึ้น

3. การสร้างแผนที่ทางภูมิศาสตร์ความเรียบผิวทาง (Roughness) ร่องล้อ (Rutting) รายละเอียดด้านเรขาคณิต (Geometry) และความเสียหายของผิวทาง (Pavement Distress)

ภาพที่ 23 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนที่ความเสียหายความเรียบผิวทาง ร่องล้อ รายละเอียดด้านเรขาคณิตและความเสียหายของผิวทาง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลทีวิเคราะห์และส่งออกทีวิเคราะห์ทุกกระยะทาง 25 เมตร นำเข้าสู่ฐานข้อมูลชั่วคราว MS Access ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องทำการพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบและนำเข้าข้อมูลโดยใช้ภาษาจาวาโดยมีการปรับปรุงข้อมูลจากข้อมูลทีวิเคราะห์และส่งออกจากโปรแกรม Hawkeye Processing Toolkit ดังนี้

ข้อมูลความเรียบผิวทาง

- ลบข้อมูลสคมภ์ Events ออก
- ลบข้อมูลในช่วงที่เป็น LEADIN และ LEADOUT ออก
- เพิ่มข้อมูลระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นจุดเริ่มของทุกช่วง 25 เมตรในตอนของการสำรวจ (Link)
- ปรับปรุงค่า “X” ให้เป็น “9999” เนื่องจากรถสำรวจไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลความเสียหายบางระยะของการสำรวจได้



ภาพที่ 23 ขั้นตอนการสร้างแผนที่ความเสียหาย

Section	Distance (Sub Distar	IRI Right	IRI Left	IRI Avg	IRI Lane	Speed (kmr	Events	Latitude (d	Longitude (deg)
31 LEADIN	-0.203	0.75	2.15	3.07	2.61	2.32	44	13.33268	100.9693
32 LEADIN	-0.178	0.775	3.53	3.94	3.74	3.37	39	13.33253	100.9692
33 LEADIN	-0.153	0.8	3.03	2.29	2.66	2.45	36	13.33236	100.969
34 LEADIN	-0.128	0.825	5.1	3.43	4.26	3.98	36	13.33219	100.9689
35 LEADIN	-0.103	0.85	2.87	1.91	2.39	2.01	37 km	13.33201	100.9687
36 LEADIN	-0.078	0.875	3.01	1.96	2.49	1.73	38	13.33182	100.9686
37 LEADIN	-0.053	0.9	2.05	2.17	2.11	1.65	37	13.33163	100.9685
38 LEADIN	-0.028	0.925	3.36	4.32	3.84	3.58	36	13.33144	100.9684
39 LEADIN	-0.003	0.95	3.23	3.66	3.44	3.09	35	13.33124	100.9682
40 LEADIN	0	0.953	2.32	4.97	3.64	3.28	34	13.33122	100.9682
41 52910101	0.025	0.025	3.34	3.73	3.54	3.09	35	13.33103	100.9681
42 52910101	0.05	0.05	3.26	4.04	3.65	3.36	39	13.33084	100.968
43 52910101	0.075	0.075	2.58	2.39	2.49	2.1	43	13.33064	100.9679
44 52910101	0.1	0.1	3.19	3.85	3.52	3.1	42	13.33045	100.9677
45 52910101	0.125	0.125	2.9	3.62	3.26	2.97	39	13.33026	100.9676
46 52910101	0.15	0.15	3.93	2.3	3.12	2.96	37	13.33007	100.9675
47 52910101	0.176	0.175	1.98	2.86	2.42	2.01	36	13.32988	100.9674
48 52910101	0.2	0.2	4.31	4.32	4.32	4.17	37	13.32969	100.9672
49 52910101	0.225	0.225	3.16	3.66	3.36	3.02	34	13.3295	100.9671
50 52910101	0.251	0.25	3.26	3.32	3.29	3	32	13.3293	100.967
51 52910101	0.276	0.275	3.49	3.68	3.54	3.15	33	13.32911	100.9669
52 52910101	0.301	0.3	3.32	3.73	3.52	3.27	33	13.32892	100.9667
53 52910101	0.326	0.325	2.36	2.84	2.6	2.36	35	13.32873	100.9666
54 52910101	0.351	0.35	3.47	2.72	3.1	2.92	35	13.32854	100.9665
55 52910101	0.376	0.375	4.54	5.38	4.96	4.65	36 Bridge star	13.32835	100.9664
56 52910101	0.401	0.4	5.2	5.71	5.45	4.97	35 Bridge end	13.32816	100.9663
57 52910101	0.426	0.425	1.97	1.89	1.93	1.36	34	13.32796	100.9661
58 52910101	0.451	0.45	3.22	2.43	2.83	1.85	34	13.32777	100.966
59 52910101	0.476	0.475	4.77	3.98	4.38	3.53	36	13.32758	100.9659
60 52910101	0.501	0.5	6.48	6.27	6.37	5.65	37	13.32739	100.9658
61 52910101	0.526	0.525	4.37	2.02	3.19	2.61	36	13.3272	100.9656

ภาพที่ 24 ตัวอย่างข้อมูลความเรียบผิวทางที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร

```

67
68
69
70     if ( file.exists() )
71     {
72         // Create a BufferedReader from the file
73         BufferedReader inFile = new BufferedReader(new FileReader( file ) );
74
75         line = inFile.readLine();
76         line = inFile.readLine();
77         //System.out.println(line);
78
79         while ( line != null )
80         {
81             curiri = new IRI(line);
82             link_id[i] = curiri.getlinkid();
83
84             if (link_id[i].equals("LEADIN") || link_id[i].equals("LEADOUT"))
85             {
86                 // DO NOTHING
87             }
88
89             else
90             {
91                 if (preiri.getlinkid().equals(curiri.getlinkid()))
92                 {
93                     s_subdist0[i] = preiri.getsubdist();
94
95                     String s = s_subdist0[i];
96                     double d = Double.parseDouble(s);
97                     s_subdist[i] = d;
98                 }
99

```

ภาพที่ 25 ภาษาจาวาที่พัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลความเรียบผิวทาง

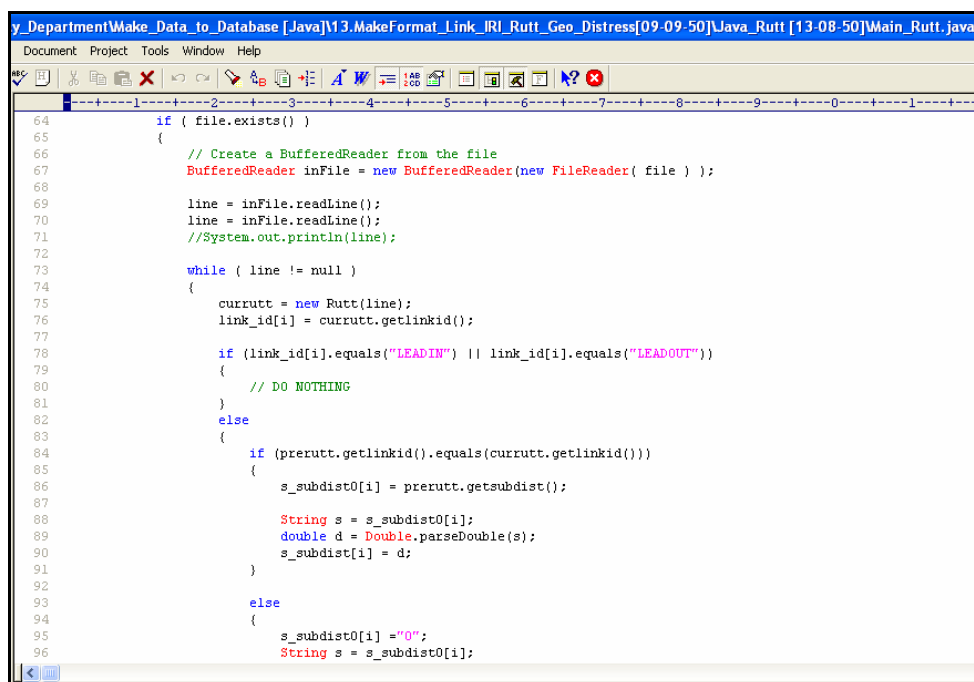
ข้อมูลร่องล้อ

- ลบข้อมูลสคัมภ์ Events ออก
- ลบข้อมูลในช่วงที่เป็น LEADIN และ LEADOUT ออก
- เพิ่มข้อมูลระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นจุดเริ่มของทุกช่วง 25 เมตรในตอนของการสำรวจ (Link)
- ปรับปรุงค่า “X” ให้เป็น “9999” เนื่องจากรถสำรวจไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลความ

เสียหายบางระยะของการสำรวจได้

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Section	Distance (Sub	Distar	Rut Right	Rut Left	Rut Lane	Speed (km	Events	Latitude (d	Longitude (deg)		
31	LEADIN	-0.203	0.75	1.65	1.44	2.03	44		13.33268	100.9693		
32	LEADIN	-0.178	0.775	2.39	2.85	3.4	39		13.33253	100.9692		
33	LEADIN	-0.153	0.8	1.18	0.58	1.36	36		13.33237	100.969		
34	LEADIN	-0.128	0.825	1.66	1.82	2.65	36		13.33219	100.9689		
35	LEADIN	-0.103	0.85	0.35	1.34	1.52	37	km	13.33201	100.9687		
36	LEADIN	-0.078	0.875	2.02	1.65	3.03	37		13.33182	100.9686		
37	LEADIN	-0.053	0.9	1.64	1.81	3.12	37		13.33163	100.9685		
38	LEADIN	-0.028	0.925	0.6	0.88	1.13	36		13.33144	100.9684		
39	LEADIN	-0.003	0.95	0.71	1.95	2.15	35		13.33124	100.9682		
40	LEADIN	0	0.953	0.05	2.62	2.62	34		13.33122	100.9682		
41	52910101	0.025	0.025	0.75	3.17	3.3	35		13.33103	100.9681		
42	52910101	0.05	0.05	1.86	3.39	3.98	39		13.33084	100.968		
43	52910101	0.075	0.075	1.27	3.42	3.6	43		13.33065	100.9679		
44	52910101	0.1	0.1	1.05	7.17	7.19	42		13.33045	100.9677		
45	52910101	0.125	0.125	1.02	4.85	4.85	39		13.33026	100.9676		
46	52910101	0.15	0.15	1.76	5.88	5.88	37		13.33007	100.9675		
47	52910101	0.175	0.175	2.88	5.15	5.18	36		13.32988	100.9674		
48	52910101	0.2	0.2	3.76	5.49	5.82	37		13.32969	100.9672		
49	52910101	0.225	0.225	1.39	3.71	3.93	34		13.3295	100.9671		
50	52910101	0.25	0.25	2.87	1.83	3.27	32		13.32931	100.967		
51	52910101	0.275	0.275	3.51	1.51	3.66	33		13.32912	100.9669		
52	52910101	0.3	0.3	2.19	1.43	2.44	33		13.32892	100.9667		
53	52910101	0.325	0.325	2.37	1.27	2.55	35		13.32873	100.9666		
54	52910101	0.35	0.35	3.52	1.76	3.53	35		13.32854	100.9665		
55	52910101	0.375	0.375	1.96	1.9	2.57	36	Bridge star	13.32835	100.9664		
56	52910101	0.4	0.4	2.05	5.86	6.42	35	Bridge end	13.32816	100.9663		
57	52910101	0.425	0.425	6	9.56	9.96	34		13.32797	100.9661		
58	52910101	0.45	0.45	3.68	9.72	9.84	34		13.32777	100.966		
59	52910101	0.475	0.475	2.13	9.37	9.44	36		13.32758	100.9659		
60	52910101	0.5	0.5	2.91	9.97	10.27	37		13.32739	100.9658		
61	52910101	0.525	0.525	2.82	11.48	11.6	36		13.3272	100.9656		

ภาพที่ 26 ตัวอย่างข้อมูลร่องล้อที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร



```

64         if ( file.exists() )
65         {
66             // Create a BufferedReader from the file
67             BufferedReader inFile = new BufferedReader(new FileReader( file ) );
68
69             line = inFile.readLine();
70             line = inFile.readLine();
71             //System.out.println(line);
72
73             while ( line != null )
74             {
75                 currutt = new Rutt(line);
76                 link_id[i] = currutt.getlinkid();
77
78                 if (link_id[i].equals("LEADIN") || link_id[i].equals("LEADOUT"))
79                 {
80                     // DO NOTHING
81                 }
82                 else
83                 {
84                     if (prerutt.getlinkid().equals(currutt.getlinkid()))
85                     {
86                         s_subdist0[i] = prerutt.getsubdist();
87
88                         String s = s_subdist0[i];
89                         double d = Double.parseDouble(s);
90                         s_subdist[i] = d;
91                     }
92                     else
93                     {
94                         s_subdist0[i] = "0";
95                         String s = s_subdist0[i];
96

```

ภาพที่ 27 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลร่องล้อ

ข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิต

- ลบข้อมูลสดมภ์ Events ออก
- ลบข้อมูลในช่วงที่เป็น LEADIN และ LEADOUT ออก
- เพิ่มข้อมูลระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นจุดเริ่มของทุกช่วง 25 เมตรในตอนของการสำรวจ (Link)
- ปรับปรุงค่า “X” ให้เป็น “9999” เนื่องจากรถสำรวจไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลความ

เสียหายบางระยะของการสำรวจได้

Section	Distance	(Sub Distar	Grade	Cross Slope	Horizontal	Vertical Curve	Calculated Speed	(km Events	Latitude (d	Longitude (deg)
32 LEADIN	-0.265	0.775	0.2	-3.1	-3.4	0.12	FALSE	53	13.33305	100.97
33 LEADIN	-0.265	0.8	-0.3	-3.5	-3.4	0.11	FALSE	52	13.33298	100.9698
34 LEADIN	-0.235	0.825	-0.2	-3.7	-3.5	-0.04	FALSE	51	13.33285	100.9696
35 LEADIN	-0.215	0.85	-0.4	-3.9	-3.7	0.19	FALSE	47	13.33275	100.9694
36 LEADIN	-0.185	0.875	-0.7	-3.8	-2.8	-0.03	FALSE	41	13.33257	100.9692
37 LEADIN	-0.165	0.9	-0.3	-3.2	-1.8	-0.21	FALSE	37	13.33244	100.9691
38 LEADIN	-0.135	0.925	0.4	-1.7	-2	-0.32	FALSE	36	13.33224	100.9689
39 LEADIN	-0.115	0.95	1.2	-1.3	-0.8	-0.05	FALSE	38	13.33209	100.9688
40 LEADIN	-0.084	0.975	0.8	-1.2	-0.3	0.14	FALSE	38 km	13.33187	100.9686
41 LEADIN	-0.064	1	0.5	-1.2	0.5	0.06	FALSE	36	13.33171	100.9685
42 LEADIN	-0.034	1.025	0.5	-0.8	1	-0.02	FALSE	37	13.33148	100.9684
43 LEADIN	-0.014	1.05	0.6	-0.9	1.1	0.03	FALSE	36	13.33133	100.9683
44 LEADIN	0.006	1.067	0.4	-1.3	1.1	0.02	FALSE	35	13.33118	100.9682
45 52910101	0.036	0.025	0.5	-1.1	1.2	-0.07	FALSE	37	13.33095	100.968
46 52910101	0.056	0.05	0.7	-0.6	0.7	-0.03	FALSE	42	13.33079	100.9679
47 52910101	0.086	0.075	0.6	-0.5	0.8	0.04	FALSE	43	13.33056	100.9678
48 52910101	0.106	0.1	0.6	-0.5	1.1	-0.04	FALSE	41	13.33041	100.9677
49 52910101	0.136	0.125	0.6	-0.4	1.2	0.08	FALSE	39	13.33018	100.9676
50 52910101	0.156	0.15	0.3	0	1.1	0.05	FALSE	38	13.33003	100.9675
51 52910101	0.186	0.175	0.4	0.5	1	-0.07	FALSE	38	13.3298	100.9673
52 52910101	0.206	0.2	0.5	0.5	1.1	0.03	FALSE	37	13.32964	100.9672
53 52910101	0.236	0.225	0.4	0.3	1.4	0	FALSE	34	13.32941	100.9671
54 52910101	0.256	0.25	0.6	-0.2	1.2	-0.16	FALSE	33	13.32926	100.967
55 52910101	0.287	0.275	1	-0.6	1.2	-0.09	FALSE	33	13.32903	100.9668
56 52910101	0.307	0.3	1	-0.5	1.2	0.11	FALSE	35	13.32888	100.9667
57 52910101	0.337	0.325	0.6	0.2	1	0.1	FALSE	36	13.32865	100.9666
58 52910101	0.357	0.35	0.5	0.6	1	0.01	FALSE	36	13.32849	100.9665
59 52910101	0.387	0.375	0.5	0.5	1.2	0.01	FALSE	36 Bridge stai	13.32826	100.9663
60 52910101	0.407	0.4	0.5	0.2	1.3	-0.03	FALSE	35 Bridge end	13.32811	100.9662
61 52910101	0.437	0.425	0.6	-0.2	1.1	-0.07	FALSE	34	13.32788	100.9661
62 52910101	0.457	0.45	0.9	0.7	1.3	0.15	FALSE	36	13.32772	100.966

ภาพที่ 28 ตัวอย่างข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิตที่วิเคราะห์ทุก 25 เมตร

```

58         if ( filelink.exists() )
59         {
60             // Create a BufferedReader from the file
61             BufferedReader inFileLink = new BufferedReader(new FileReader( filelink ) );
62
63             line_link = inFileLink.readLine();
64             line_link = inFileLink.readLine();
65             //System.out.println(line);
66
67             while ( line_link != null )
68             {
69                 curdis_link = new Link(line_link);
70
71                 link_id_mix[pp] = curdis_link.getlinkid();
72                 dist_mix[pp] = Double.parseDouble(curdis_link.getdist());
73                 link_dist_mix[pp] = Double.parseDouble(curdis_link.getlink_dist());
74
75                 pp++;
76                 line_link = inFileLink.readLine();
77             }
78
79             for (ee = 1 ; ee < pp ; ee++)
80             {
81                 if (pp == 1 || dist_mix[ee] < dist_mix[ee-1])
82                 {
83                     cum_dist_before[ee] = 0;
84                 }
85                 else
86                 {
87                     cum_dist_before[ee] = dist_mix[ee-1];
88                 }
89                 System.out.println(link_id_mix[ee]+" "+dist_mix[ee]+" "+link_dist_mix[ee]+" "+cum_dist_before[ee]);
90             }
91         }

```

ภาพที่ 29 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิต

ข้อมูลความเสียหายของผิวทาง

- แยกข้อมูลความเสียหายของผิวทางกับข้อมูลไหล่ทางและผิวทาง
- เพิ่มข้อมูลระยะทางซึ่งเป็นการวัดระยะทางจากจุดเริ่มของทุกตอนของการสำรวจ (Link) ถึงตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย
- รวมความเสียหายผิวทางในแต่ละช่วง 25 เมตรทุกตอนของการสำรวจ (Link)
- ปรับปรุงค่า “X” ให้เป็น “9999” เนื่องจากรถสำรวจไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลความเสียหายบางระยะของการสำรวจได้

1	Section	Distance	Rating Form	Rating Field	Rating Val	Latitude	Longitude	GPS position is calculated
8414	52910102	6.332	2475 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26281	100.9371	FALSE
8415	52910102	6.332	2475 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.26281	100.9371	FALSE
8416	52910102	6.332	2475 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.26281	100.9371	FALSE
8417	52910102	6.332	2475 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.26281	100.9371	FALSE
8418	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26278	100.937	FALSE
8419	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.26278	100.937	FALSE
8420	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.26278	100.937	FALSE
8421	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.26278	100.937	FALSE
8422	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Width	11	13.26278	100.937	FALSE
8423	52910102	6.335	2476 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Length	2.306	13.26278	100.937	FALSE
8424	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26275	100.937	FALSE
8425	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.26275	100.937	FALSE
8426	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.26275	100.937	FALSE
8427	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.26275	100.937	FALSE
8428	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Width	11	13.26275	100.937	FALSE
8429	52910102	6.338	2477 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Length	2.272	13.26275	100.937	FALSE
8430	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26273	100.937	FALSE
8431	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.26273	100.937	FALSE
8432	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.26273	100.937	FALSE
8433	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.26273	100.937	FALSE
8434	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Width	11	13.26273	100.937	FALSE
8435	52910102	6.341	2478 KU-DOH Project Final Rating	Non Interconnected Crack Length	1.658	13.26273	100.937	FALSE
8436	52910102	6.344	2479 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.2627	100.937	FALSE
8437	52910102	6.344	2479 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.2627	100.937	FALSE
8438	52910102	6.344	2479 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.2627	100.937	FALSE
8439	52910102	6.344	2479 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.2627	100.937	FALSE
8440	52910102	6.347	2480 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26267	100.937	FALSE
8441	52910102	6.347	2480 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Width	2	13.26267	100.937	FALSE
8442	52910102	6.347	2480 KU-DOH Project Final Rating	Shoulder Material	A.C.	13.26267	100.937	FALSE
8443	52910102	6.347	2480 KU-DOH Project Final Rating	Surface Width	3.5	13.26267	100.937	FALSE
8444	52910102	6.35	2481 KU-DOH Project Final Rating	Surface Material	A.C.	13.26265	100.937	FALSE

ภาพที่ 30 ตัวอย่างข้อมูลความเสียหายของผิวทางด้านคนขับ (Driver)

Microsoft Excel - Passenger

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

100%

Arial 10 B I U

M6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Section	Distance (l	Frame	Nur	Rating	For	Rating	Field	Rating Val	Latitude (d	Longitude	GPS position is calculated
56	52910101	1.036	715	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.499	13.3233	100.9631	FALSE			
57	52910101	1.039	716	KU-DOH F	Surface Deformation Area	4.422	13.32327	100.9631	FALSE			
58	52910101	1.042	717	KU-DOH F	Surface Deformation Area	4.168	13.32325	100.9631	FALSE			
59	52910101	1.045	718	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.514	13.32323	100.9631	FALSE			
60	52910101	1.048	719	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.095	13.3232	100.9631	FALSE			
61	52910101	1.054	721	KU-DOH F	Loss of Aggregate Area	0.082	13.32316	100.963	FALSE			
62	52910101	1.057	722	KU-DOH F	Surface Deformation Area	1.801	13.32314	100.963	FALSE			
63	52910101	1.06	723	KU-DOH F	Surface Deformation Area	2.517	13.32311	100.963	FALSE			
64	52910101	1.063	724	KU-DOH F	Surface Deformation Area	2.576	13.32309	100.963	FALSE			
65	52910101	1.066	725	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.025	13.32307	100.963	FALSE			
66	52910101	1.069	726	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.457	13.32304	100.963	FALSE			
67	52910101	1.072	727	KU-DOH F	Surface Deformation Area	2.96	13.32302	100.9629	FALSE			
68	52910101	1.075	728	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.233	13.323	100.9629	FALSE			
69	52910101	1.078	729	KU-DOH F	Surface Deformation Area	3.335	13.32297	100.9629	FALSE			
70	52910101	1.081	730	KU-DOH F	Loss of Aggregate Area	0.209	13.32295	100.9629	FALSE			
71	52910101	1.084	731	KU-DOH F	Loss of Aggregate Area	0.87	13.32293	100.9629	FALSE			
72	52910101	1.382	830	KU-DOH F	Alligator Crack Area	0.935	13.32065	100.9614	FALSE			
73	52910101	1.382	830	KU-DOH F	Alligator Crack Width	15	13.32065	100.9614	FALSE			
74	52910101	1.415	841	KU-DOH F	Alligator Crack Area	0.751	13.32039	100.9613	FALSE			
75	52910101	1.415	841	KU-DOH F	Alligator Crack Width	12	13.32039	100.9613	FALSE			
76	52910101	1.418	842	KU-DOH F	Alligator Crack Area	0.506	13.32037	100.9613	FALSE			
77	52910101	1.418	842	KU-DOH F	Alligator Crack Width	12	13.32037	100.9613	FALSE			
78	52910101	1.421	843	KU-DOH F	Alligator Crack Area	1.473	13.32035	100.9612	FALSE			
79	52910101	1.421	843	KU-DOH F	Alligator Crack Width	14	13.32035	100.9612	FALSE			
80	52910101	1.424	844	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Width	13	13.32033	100.9612	FALSE			
81	52910101	1.424	844	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Length	0.947	13.32033	100.9612	FALSE			
82	52910101	1.52	876	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Width	13	13.31959	100.9607	FALSE			
83	52910101	1.52	876	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Length	0.929	13.31959	100.9607	FALSE			
84	52910101	1.568	892	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Width	14	13.31922	100.9605	FALSE			
85	52910101	1.568	892	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Length	0.895	13.31922	100.9605	FALSE			
86	52910101	1.571	893	KU-DOH F	Non Interconnected Crack Width	13	13.3192	100.9605	FALSE			

Passenger

รูปถ่ายหน้าจอ

ภาพที่ 31 ตัวอย่างข้อมูลความเสียหายของผิวทางด้านผู้โดยสาร (Passenger)

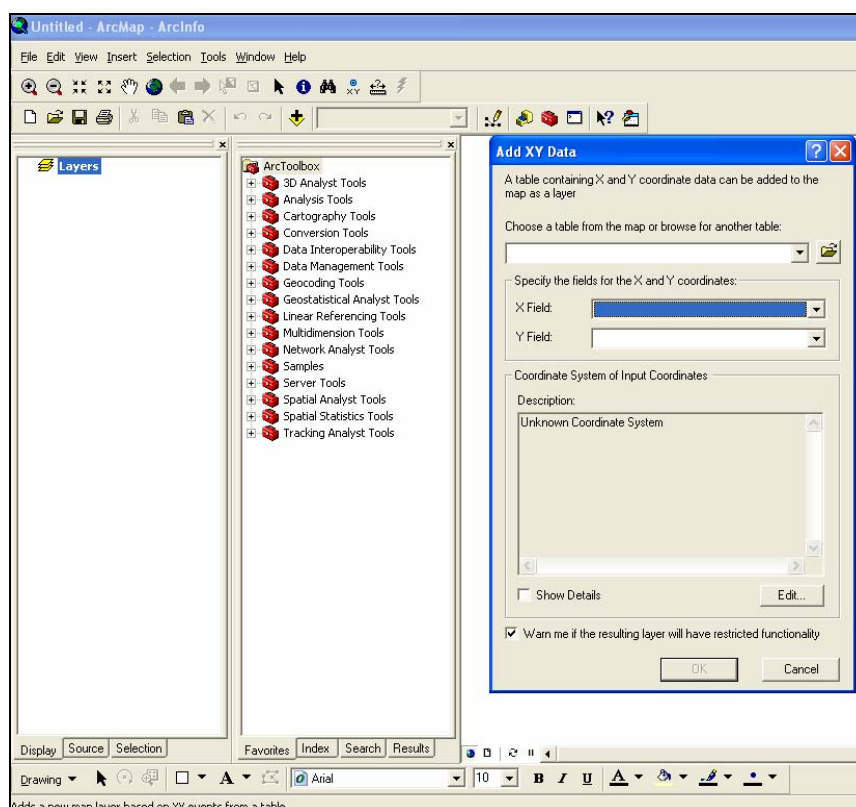
```

y_Department\Make_Data_to_Database [Java]V13.MakeFormat_Link_IRI_Rutt_Geo_Distress[09-09-50]Java_Geo [13-08-50]Main_Geo.java
Document Project Tools Window Help
67
68
69     if ( file.exists() )
70     {
71         // Create a BufferedReader from the file
72         BufferedReader inFile = new BufferedReader(new FileReader( file ) );
73
74         line = inFile.readLine();
75         line = inFile.readLine();
76         //System.out.println(line);
77
78         while ( line != null )
79         {
80
81             curgeo = new Geo(line);
82             link_id[i] = curgeo.getlinkid();
83
84             if (link_id[i].equals("LEADIN") || link_id[i].equals("LEADOUT"))
85             {
86                 // DO NOTHING
87             }
88             else
89             {
90                 if (pregeo.getlinkid().equals(curgeo.getlinkid()))
91                 {
92                     s_subdist0[i] = pregeo.getsubdist();
93
94                     String s = s_subdist0[i];
95                     double d = Double.parseDouble(s);
96                     s_subdist[i] = d;
97                 }
98             }
99

```

ภาพที่ 32 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนำเข้าข้อมูลความเสียหายของผิวทาง

หลังจากนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเข้าสู่ฐานข้อมูลชั่วคราวแล้วขั้นตอนต่อมา ผู้วิจัยได้ใช้ฟังก์ชัน “Add XY Data” ในโปรแกรม ArcGIS 9.2 ดังแสดงในภาพที่ 33 ในสร้างแผนที่ทางภูมิศาสตร์จากจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ละติจูดและลองจิจูดจากฐานข้อมูลชั่วคราวความเรียบผิวทางร่องล้อ รายละเอียดด้านเรขาคณิต และความเสียหายของผิวทางตามลำดับ



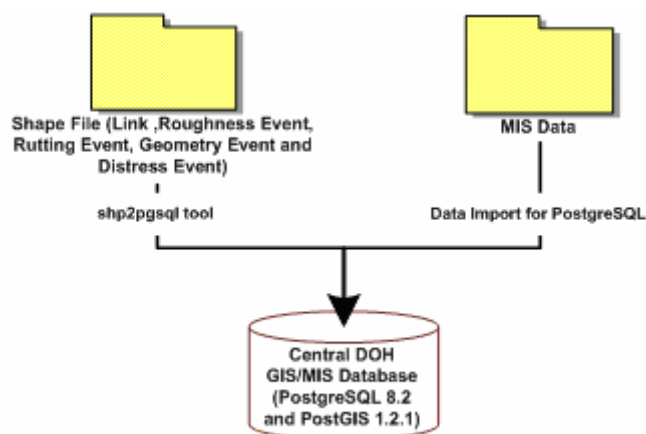
ภาพที่ 33 การใช้งานฟังก์ชัน “Add XY Data”

4. การนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูลและการจัดรูปแบบข้อมูลอัตโนมัติสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบในส่วนอื่น

4.1 การนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล

ภาพที่ 34 แสดงขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล ในการนำเข้าแผนที่ทางภูมิศาสตร์ (Shapefile) เข้าสู่ฐานข้อมูล ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ “shp2pgsql tool” ดังแสดงในภาพที่ 35 ในการนำเข้าข้อมูลโดยเครื่องมือ “shp2pgsql tool” จะทำการแปลงแผนที่ทางภูมิศาสตร์ให้เป็นภาษา

SQL ก่อนแล้วจึงนำข้อมูลแผนที่ทางภูมิศาสตร์เข้าสู่ฐานข้อมูลซึ่งแผนที่ทางภูมิศาสตร์ที่ถูกนำเข้า ได้แก่ แผนที่โครงข่ายทางหลวงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ซึ่งเป็นแผนที่ฐาน แผนที่ทางภูมิศาสตร์ความเรียบผิวทาง ร่องล้อ รายละเอียดด้านเรขาคณิตและความเสียหายของผิวทาง



ภาพที่ 34 ขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล

```

C:\Program Files\PostgreSQL\8.2\bin>shp2pgsql -c C:\tempo\RCN331_05.shp RCN331_05 > c:\tempo\RCN331_05.sql
Shapefile type: Arc
Postgis type: MULTILINESTRING[2]
C:\Program Files\PostgreSQL\8.2\bin>
  
```

The screenshot shows a Windows Command Prompt window with a blue title bar. The text inside the window shows the execution of the 'shp2pgsql' command to convert a shapefile to SQL. The command is: 'C:\Program Files\PostgreSQL\8.2\bin>shp2pgsql -c C:\tempo\RCN331_05.shp RCN331_05 > c:\tempo\RCN331_05.sql'. The output shows 'Shapefile type: Arc' and 'Postgis type: MULTILINESTRING[2]'. The prompt returns to 'C:\Program Files\PostgreSQL\8.2\bin>'.

ภาพที่ 35 การใช้งานเครื่องมือ “shp2pgsql”

4.2 การส่งออกข้อมูลและรับข้อมูลกับฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทาง

ในส่วนของการส่งออกข้อมูลจากฐานข้อมูลให้กับฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 1 ปี (Thailand Pavement Management System) และฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 3 - 5 ปี (Highway Development and Management Tool) ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมประยุกต์ที่จัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาจาวา ในการจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของทั้งสองฝ่าย โดยข้อมูลที่ส่งออกให้กับ HDM-4 ประกอบรายละเอียดดังนี้

- ตาราง SECTIONS จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ MS Access format ซึ่งแสดงรายละเอียดของสายทางตัดช่วงย่อยทุก 1 กิโลเมตร เช่น ความกว้างของไหล่ทาง ค่าเฉลี่ยความโค้งของไหล่ทาง เป็นต้น โครงสร้างของตารางแสดงดังตารางที่ 10
- ตาราง DISTRESS จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ MS Access format ซึ่งแสดงรายละเอียดความเสียหายของผิวทางตัดช่วงย่อยทุก 1 กิโลเมตร โครงสร้างของตารางแสดงดังตารางที่ 11
- ตาราง MAP_TABLE จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ MS Access format ซึ่งแสดงการเชื่อมโยงเขตข้อมูล SECT_ID และ SECT_NAME ของ HDM-4 และเขตข้อมูล Route_id (หมายเลขทางหลวง) และ CS_id (หมายเลขตอนควบคุม) ของสายทาง โครงสร้างของตารางแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 โครงสร้างของตาราง SECTION

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	SECT_ID	Unique ID ของแต่ละ Section	52910101_01
2	SECT_NAME	ชื่อ Unique Name ของแต่ละ Section	00320100_0+000to23+544_km01_F2
3	LINK_ID	หมายเลขตอนสำรวจ	52910101
4	SPEED_FLOW	รูปแบบความเร็วของยานพาหนะ	DOH_Two Lane Standard
5	TRAF_FLOW	รูปแบบการไหลของการจราจร	DOH_Inter-urban
6	ACC_CLASS	ลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุ	DOH_Accident

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
7	ROAD_CLASS	มาตรฐานชั้นทาง	Tertiary or local
8	CLIM_ZONE	สภาพภูมิอากาศ	Central Region
9	SURF_CLASS	ประเภทผิวทาง	0 (Bituminous), 2 (Concrete)
10	LENGTH	ความยาวช่วงสายทางที่นำมาวิเคราะห์	1
11	CWAY_WIDTH	ความกว้างช่องทางสำหรับจราจร	3.5
12	SHLD_WIDTH	ความกว้างของไหล่ทาง	2.5
13	MT_AADT	ปริมาณจราจรของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์	0
14	NM_AADT	ปริมาณจราจรของยานพาหนะที่ไม่ใช่เครื่องยนต์	0
15	AADT_YEAR	ปีที่สำรวจปริมาณจราจร	2006
16	DIRECTION	ทิศทางการจราจร	Two-way
17	RF	ระยะ Rise+Fall (เมตรต่อกิโลเมตร)	0
18	NUM_RFS	จำนวนการเคลื่อนที่ขึ้นและลงในสายทาง	2
19	SUPERELEV	การยกโค้งของสายทาง	2.5
20	CURVATURE	ค่าเฉลี่ยความโค้งของสายทาง (deg/km)	0.5
21	SIGM_ADRAL	อัตราเร่งธรรมชาติเนื่องจากพฤติกรรมของคนขับและถนน	0.1
22	SPEED_LIM	การจำกัดความเร็ว	100
23	ENFORCEMNT	แฟกเตอร์ของการจำกัดความเร็ว	1.1
24	XNMT	แฟกเตอร์ปรับลดความเร็วเนื่องจากยานพาหนะที่ไม่ใช่เครื่องยนต์	1
25	XMT	แฟกเตอร์ปรับลดความเร็วเนื่องจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์	1

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
26	XFRI	แฟกเตอร์ปรับลดความเร็ว เนื่องจากผลกระทบของกิจกรรม สองข้างทาง	1
27	HSNEW	ความหนาผิวทางชั้นสุดท้าย (มิลลิเมตร)	50
28	HSOLD	ความหนาผิวทางชั้นก่อนสุดท้าย (มิลลิเมตร)	0
29	HBASE	ความหนาของผิวทางชั้นแรก (มิลลิเมตร)	0
30	RES_MODULU	ค่าเรซีเลี่ยน โมดูลัสของ Soil- Cement (0-30 GPa)	15
31	REL_COMPCT	ค่าการบดอัดสัมพัทธ์ (Relative Compaction)	95
32	SNP_DERIVE	วิธีการคำนวณค่า SNP ขึ้นกับวิธีการสำรวจ	0
33	SN	ค่า SNP ขึ้นกับวิธีการคำนวณ	0
34	CBR	ค่า CBR ของชั้น Subgrade	0
35	SNP_DRY	ฤดูที่สำรวจความแข็งแรงของชั้น ทาง	0
36	D0	ค่าการแอ่นตัวที่ได้จาก FWD ที่ 700 kPa	0
37	BENKEL_DEF	ค่าการแอ่นตัวที่ได้จาก Benkelman Beam	0
38	SURF_STREN	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้คำนวณ SN กรณีที่ไม่ได้สำรวจจริง	0
39	BASE_STREN	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้คำนวณ SN กรณีที่ไม่ได้สำรวจจริง	0
40	SUBB_STREN	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้คำนวณ SN กรณีที่ไม่ได้สำรวจจริง	0

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
41	HSUBBASE	ความสูงของชั้น Subbase กรณีที่ไม่ได้สำรวจจริง	0
42	SURF_THICK	ผิวทางคอนกรีต	0
43	SLAB_LENTH	ผิวทางคอนกรีต	0
44	BASE_THICK	ผิวทางคอนกรีต	0
45	BASE_MODUL	ผิวทางคอนกรีต	0
46	CNSTR_YEAR	ผิวทางคอนกรีต	0
47	SUBG_MATRL	ผิวทางลูกรัง	0
48	COMPMETHOD	ผิวทางลูกรัง	0
49	COND_YEAR	ปีที่ทำการสำรวจภาคสนาม	2007
50	ROUGHNESS	ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI, m/km)	2.18
51	CRACKS_ACA	พื้นที่ความเสียหายรอยแตกร้าวแบบโครงสร้างทั้งหมด (%)	0
52	CRACKS_ACT	พื้นที่ความเสียหายรอยแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ (%)	0
53	RUT_DEPTH	ความลึกร่องล้อ (มม.)	0
54	RUTDEPTH_SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกร่องล้อ	0
55	TEXT_DEPTH	Texture Depth (มม.)	0.87
56	SKIDRESIST	ค่า Skid Resistance	0.5
57	DRAIN_COND	สภาพการระบายน้ำ	Good
58	FAULTING	ผิวทางคอนกรีต	0
59	SPALL_JNTS	ผิวทางคอนกรีต	0
60	CRACKSLABS	ผิวทางคอนกรีต	0
61	DETERCRACK	ผิวทางคอนกรีต	0
62	FAILURES KM	ผิวทางคอนกรีต	0
63	GRAV_THICK	ผิวทางลูกรัง	0
64	LASTGRAVEL	ผิวทางลูกรัง	0
65	DRAIN_TYPE	ประเภทของการระบายน้ำ	7

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
66	ALTITUDE	ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (m)	34.2
67	SHOULDTYPE	ผิวคอนกรีต	0
68	WIDN_WIDTH	ผิวคอนกรีต	0
69	EDGEDRAINS	ผิวคอนกรีต	0
70	CALIB_ITEM	ชื่อของชุดการปรับแก้แบบจำลอง สำหรับแต่ละช่วงสายทาง	AM (= AC,Mod.AC,Cold Mix) or ST(=Micro Seal,Slurry Seal,Cape Seal, DST,SST,PM,un.Std.PM)
71	RDFOSBGR_PPRECO	Subgrade Replacement Cost (%)	0
72	RDPVLA_PPRECO	Road Pavement Layers Replacement Cost (%)	100
73	FTCYCLE_PPRECO	Footways, Footpaths and Cycles Ways (NMT Lane, %)	0
74	BRDGSTR_PPRECO	Bridges and Structures Replacement Cost (%)	0
75	TRFSGN_PPRECO	Traffic Facilities, Signs and Road Furniture Cost (%)	0
76	RDFOSBGR_RESVAL	Residual Value of Road Formation and Subgrade (%)	0
77	RDPVLA_RESVAL	Residual Value of Road Pavement Layer (%)	0
78	FTCYCLE_RESVAL	Residual Value of Footways, Footpaths and Cycles Ways (%)	0
79	BRDGSTR_RESVAL	Residual Value of Bridges and Structures (%)	0
80	TRFSGN_RESVAL	Residual Value of Traffic Facilities, Signs (%)	0
81	RDFOSBGR_USELFE	Useful Life of Road Formation and Subgrade (ปี)	10000
82	RDPVLA_USELFE	Useful Life of Road Pavement Layer (ปี)	0

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
83	FTCYCLE_USELFE	Useful Life of Footways, Footpaths and Cycles Ways (ปี)	0
84	BRDGSTR_USELFE	Useful Life of Bridges and Structures (ปี)	0
85	TRFSGN_USELFE	Useful Life of Traffic Facilities, Signs and Road Furniture (ปี)	0
86	RDFOSBGR_AGE	อายุของ Road Formation and Subgrade ณ ปีที่พิจารณา	0
87	RDPVLA_AGE	อายุของ Road Pavement Layer ณ ปีที่พิจารณา	0
88	FTCYCLE_AGE	อายุของ Footways, Footpaths and Cycles Ways ณ ปีที่พิจารณา	0
89	BRDGSTR_AGE	อายุของ Bridges and Structures ณ ปีที่พิจารณา	0
90	TRFSGN_AGE	อายุของ Traffic Facilities, Signs and Road Furniture ณ ปีที่พิจารณา	0
91	COMPAGEYEAR	จำนวนปีใช้งานเพื่อใช้คำนวณมูลค่าของสินทรัพย์	100
92	USFLFEUNIT	พารามิเตอร์สำหรับคำนวณมูลค่าสินทรัพย์ในสายทาง	0

ตารางที่ 11 โครงสร้างของตาราง DISTRESS

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	SECT_ID	Unique ID ของแต่ละ Section	52910101_01
2	SECT_NAME	ชื่อ Unique ID ของแต่ละ Section	00320100_0+000to23+544_km01_F2
3	LINK_ID	หมายเลขตอนสำรวจ	52910101
4	LENGTH	ความยาวช่วงสายทาง	1
5	CWAY_WIDTH	ความกว้างช่องทางสำรวจ	3.5

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
6	Non Interconnected Crack Area	พื้นที่รอยแตกไม่ต่อเนื่อง	0
7	Loss of Aggregate Area	พื้นที่การหลุดร่อนของวัสดุมวลรวม	0
8	Alligator Crack Area	พื้นที่รอยแตกแบบหนังจระเข้	0
9	Pot Hole Area	พื้นที่ของหลุมบ่อ	0

ตารางที่ 12 โครงสร้างของตาราง MAP_TABLE

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	SECT_ID	Unique ID ของแต่ละ Section	52910101_01
2	SECT_NAME	ชื่อ Unique ID ของแต่ละ Section	0032010_0+000to23+544_km01_F2
3	Route_id	หมายเลขทางหลวง	0003
4	CS_id	หมายเลขตอนควบคุม	0100

เนื่องจากข้อมูลที่ฝ่าย HDM-4 ต้องการจะพิจารณาจากการตัดช่วงย่อยทุก 1 กิโลเมตร ภายในตอนสำรวจ (Link) ดังนั้นข้อมูลจะต้องมีการประมวลผลทุก 1 กิโลเมตรก่อน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมประยุกต์ที่จัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาจาวา ใช้ในการจัดรูปแบบและประมวลผลข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ เนื่องจากข้อมูลความเสียหายประเภทต่างๆที่ถูกเก็บในฐานข้อมูลหลัก ทำการเก็บข้อมูลทุกช่วงย่อย 25 เมตร ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงภาพที่ 38 และภาพที่ 39 แสดงภาษาจาวาที่ใช้สำหรับส่งออกข้อมูลให้กับฝ่าย HDM-4

```

16 //OUTPUT FILE
17 FileWriter outputFile = new FileWriter( "HDM-4_from Distress.txt", false );
18 PrintWriter pw = new PrintWriter( outputFile, true );
19
20 pw.println("Link_id,Sect_ID,Length,Non_Interconnected_Crack_Width,Non_Interconnected_Crack_Length,Non_Interconnected_Crack_Dist");
21 //OUTPUT FILE
22
23
24 String[] link_id = new String [100000];
25 double[] dist = new double [100000];
26 double[] link_dist = new double [100000];
27 String[] type = new String [100000];
28 double[] extent = new double [100000];
29 double[] latitude = new double [100000];
30 double[] longitude = new double [100000];
31
32 double[] cumlink_dist_bf = new double [100000];
33
34 String[] link_id_l = new String [100000];
35 double[] link_dist_l = new double [100000];
36 double[] cumlink_dist_bf_l = new double [100000];
37
38
39 String dbUrl = "jdbc:postgresql://localhost:5432/doh";
40 String user = "postgres";
41 String password = "1234";
42
43 String sqlCmd = "SELECT link_id, dist, type_of_di, extent, latitude, longitude FROM distress Order by link_id, dist" ;
44
45 String sqlCmd1 = "SELECT link_id, dist , link_dist FROM link Order by link_id, dist" ;
46
47 try{

```

ภาพที่ 38 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเสียหายของผิวทางให้กับ HDM-4

```

13 {
14
15
16 //OUTPUT FILE
17 FileWriter outputFile = new FileWriter( "HDM-4_from Ruttt.txt", false );
18 PrintWriter pw = new PrintWriter( outputFile, true );
19
20 pw.println("Link_id,Sect_ID,Length,Rutt,Amount,Mean,Sum,SD");
21 //OUTPUT FILE
22
23
24 String[] link_id = new String [100000];
25
26 double[] start_subd = new double [100000];
27 double[] end_subdis = new double [100000];
28 double[] rutt_lane = new double [100000];
29
30
31
32
33 String dbUrl = "jdbc:postgresql://localhost:5432/doh";
34 String user = "postgres";
35 String password = "1234";
36
37 String sqlCmd = "SELECT link_id, start_subd, end_subdis, rutt_lane FROM rutting Order by link_id, start_subd" ;
38
39 try{
40 Class.forName("org.postgresql.Driver");
41 Connection con = DriverManager.getConnection(dbUrl,user,password);
42 Statement stmt = con.createStatement(ResultSet.TYPE_SCROLL_INSENSITIVE,ResultSet.CONCUR_READ_ONLY);
43
44 ResultSet rec = stmt.executeQuery(sqlCmd);

```

ภาพที่ 39 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเรียบผิวทางให้กับ HDM-4

ข้อมูลที่ส่งออกให้กับ TPMS ประกอบรายละเอียดดังนี้

- ตาราง RdInput ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ MS Access format ซึ่งแสดงรายละเอียดของสายทางรวมถึงความเสียหายของผิวทางตัดช่วงย่อยทุก 200 เมตร โครงสร้างของตารางแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 โครงสร้างของตาราง RdInput

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	Link_id	หมายเลขตอนสำรวจ (ตัด Section ทุก 200 m.)	51700102
2	Sect_id	Unique ID ของแต่ละ Section	51700102_01
3	Control_Section	หมายเลขทางหลวง+หมายเลขควบคุม	30430102i
4	Start_Kilometer	กิโลเมตรเริ่มต้นของทุกช่วงย่อย 1 กิโลเมตร	18
5	Sub_Section	ช่วงย่อย	01
6	Start_Kilometer_Meter	กิโลเมตรเริ่มต้นของทุกช่วงย่อย 200 เมตร	18000
7	End_Kilometer_Meter	กิโลเมตรสิ้นสุดของทุกช่วงย่อย 200 เมตร	18200
8	Notice	ข้อสังเกต	-
9	Function	ประเภททาง	-
10	Depot_Number	หมายเลขแขวงทาง	432
11	Traffic_Group	ระดับปริมาณจราจร	-
12	Operation	ทิศทางการจราจร+จำนวนผิว+ จำนวนช่อง	-
13	Survey_Date	วันที่สำรวจ	04/20
14	Length	ความยาวช่วงย่อย	200
15	Right_Shoulder_Width	ความกว้างไหล่ทางด้านขวา	-
16	Right_Shoulder_Construction_Material	ชนิดวัสดุไหล่ทางด้านขวา	-
17	Carriage_width	ความกว้างผิวจราจร	-
18	Carriage_Construction_Material	ชนิดวัสดุผิวจราจร(พื้นทาง+ผิวทาง)	78
19	Left_Shoulder_Width	ความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย	-
20	Left_Shoulder_Construction_Material	ชนิดวัสดุไหล่ทางด้านซ้าย	-

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
21	Field_Evaluation_Unit_FEU	หน่วยประมวลผล	N
22	Condition_Date	วันที่ป้อนข้อมูล	04/20
23	Right_Drainage	รางระบายน้ำด้านขวาตีนเงิน+ การกัดเซาะ	NN
24	Right_Shoulder_Edge_Step	ไหล่ทางด้านขวาดำเกิน 50 มม.	0
25	Right_Shoulder_Deterioration	ไหล่ทางด้านขวาเสียหาย	0
26	Left_Drainage	รางระบายน้ำด้านซ้าย ตีนเงิน + การกัดเซาะ	NN
27	Left_Shoulder_Edge_Step	ไหล่ทางด้านซ้ายดำเกิน 50 มม.	0
28	Left_Shoulder_Deterioration	ไหล่ทางด้านซ้ายเสียหาย	0
29	Right_Edge_Deterioration	ขอบผิวจราจรด้านขวา	0
30	Right_Wheel_Track_Rutting	ร่องล้อด้านขวาเกิน 25 มม.	0
31	Minor_Carriage_Deterioration	ความเสียหายเบา	0
32	Major_Carriage_Deterioration	ความเสียหายหนัก	0
33	Left_Edge_Deterioration	ขอบผิวจราจรด้านซ้าย	0
34	Left_Wheel_Track_Rutting	ร่องล้อด้านซ้ายเกิน 25 มม.	0
35	IRI	ความเรียบของผิวทาง	0
36	Strength	ความแข็งแรงของทาง	2

เนื่องจากข้อมูลที่ฝ่าย TPMS ต้องการจะพิจารณาจากการตัดช่วงย่อยทุก 200 เมตร ภายในตอนสำรวจ (Link) ดังนั้นข้อมูลที่ส่งให้กับฝ่าย TPMS จะต้องมีการประมวลผลทุก 200 เมตร ก่อน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมประยุกต์ที่จัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาจาวา ใช้ในการจัดรูปแบบและประมวลผลข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ เนื่องจากข้อมูลความเสียหายประเภทต่างๆ ที่ถูกเก็บในฐานข้อมูลหลักทำการเก็บข้อมูลทุกช่วงย่อย 25 เมตร ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ภาพที่ 40 และภาพที่ 41 แสดงภาษาจาวาที่ใช้สำหรับส่งออกข้อมูลให้กับฝ่าย TPMS

```

7
8 class Main_TPMS_CarrDeter
9
10 {
11
12     public static void main(String[] args) throws IOException, NoSuchElementException
13     {
14
15         //OUTPUT FILE
16         FileWriter outputFile = new FileWriter( "TPMS_from_CarrDeter.txt", false );
17         PrintWriter pw = new PrintWriter( outputFile, true );
18
19         pw.println("Link_id,Sect_ID,Length,Non Interconnected Crack Length,Bleeding Area,Loss of Aggregate Area,++Minor_Det++",
20         //OUTPUT FILE
21
22         String[] link_id = new String [100000];
23         double[] dist = new double [100000];
24         double[] link_dist = new double [100000];
25         String[] type = new String [100000];
26         double[] extent = new double [100000];
27         double[] cumlink_dist_bf = new double [100000];
28
29         String[] link_id_l = new String [100000];
30         double[] link_dist_l = new double [100000];
31         double[] cumlink_dist_bf_l = new double [100000];
32
33         String dbUrl = "jdbc:postgresql://localhost:5432/doh";
34
35
36
37
38

```

ภาพที่ 40 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลความเสียหายของผิวให้กับ TPMS

```

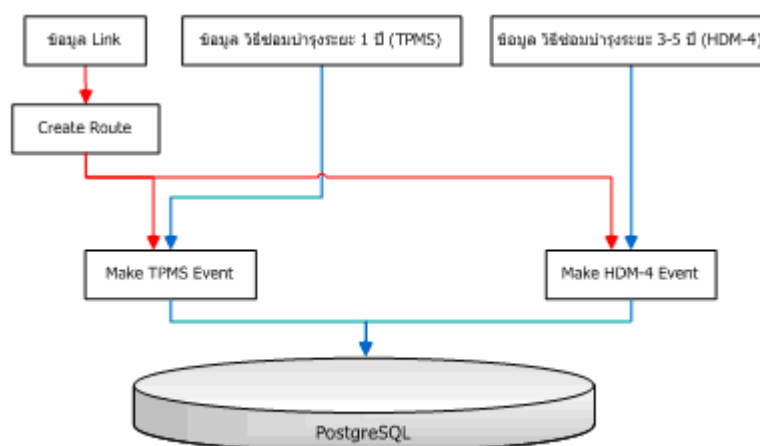
10
11 {
12
13     public static void main(String[] args) throws IOException, NoSuchElementException
14     {
15
16         //OUTPUT FILE
17         FileWriter outputFile = new FileWriter( "TPMS_from_Kilo.txt", false );
18         PrintWriter pw = new PrintWriter( outputFile, true );
19
20         pw.println("Link_id,Sect_ID,Route_CS_id,KmStart,Subsection,Length,Km_m_Start,Km_m_End");
21         //OUTPUT FILE
22
23         String[] link_id = new String [100000];
24         String[] sect_id = new String [100000];
25         double[] km_start_link_id = new double [100000];
26         double[] length = new double [100000];
27         String[] route_id = new String [100000];
28         String[] cs_id = new String [100000];
29
30         double[] km_m_start = new double [100000];
31         double[] km_m_end = new double [100000];
32
33         String[] route_cs = new String [100000];
34
35         int[] kmstart = new int [100000];
36
37         String subsec = "";
38         int n = 1;
39
40
41

```

ภาพที่ 41 ภาษาจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับส่งออกข้อมูลรายละเอียดสายทางให้กับ TPMS

การนำเข้าข้อมูลผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม HDM-4 และ TPMS สู่ฐานข้อมูล

ข้อมูลวิธีซ่อมบำรุงที่นำเข้าจากการวิเคราะห์ของฝ่าย HDM-4 และ TPMS จะถูกนำไปสร้าง Event เพื่อแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ที่กีดทางภูมิศาสตร์โดยใช้หลักการของระบบอ้างอิงเชิงเส้นแล้วจึงจัดเก็บข้อมูลเหล่านั้นลงสู่ฐานข้อมูลต่อไปดังแสดงในภาพที่ 42



ภาพที่ 42 ขั้นตอนจัดเก็บข้อมูลวิถีเชื่อมบำรุงทาง

โดยกระบวนการสร้าง Event นั้นจะต้องมีการจัดรูปแบบของข้อมูลที่น่าเข้าจากการวิเคราะห์ให้ตรงตามหลักการของระบบอ้างอิงเชิงเส้นตารางที่ 14 และตารางที่ 15 แสดงข้อมูลที่ต้องทำการผนวกเข้ากับข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อให้ตรงตามหลักการของระบบอ้างอิงเส้น

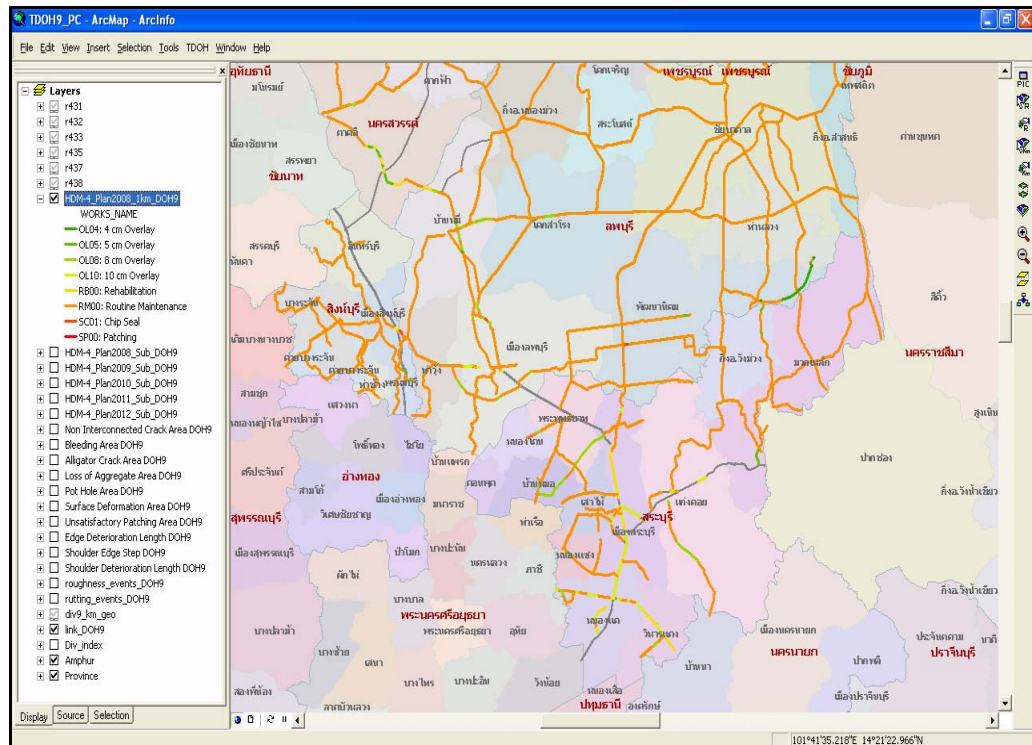
ตารางที่ 14 โครงสร้างของตาราง Link_HDM-4

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	Link_id	หมายเลขตอนสำรวจ	51011011
2	Sect_id_HDM4	Unique ID ของแต่ละ Section ทุก 1 กิโลเมตร	51011011_01
3	Start_subdist	จุดเริ่มต้นทุก 1 กิโลเมตร	1
4	End_subdist	จุดสิ้นสุดทุก 1 กิโลเมตร	2

ตารางที่ 15 โครงสร้างของตาราง Link_TPMS

ลำดับ	เขตข้อมูล	รายละเอียด	ตัวอย่างข้อมูล
1	Link_id	หมายเลขตอนสำรวจ	52311034
2	Sect_id_TPMS	Unique ID ของแต่ละ Section ทุก 200 เมตร	52311034_02
3	Start_subdist	จุดเริ่มต้นทุก 200 เมตร	3.4
4	End_subdist	จุดสิ้นสุดทุก 200 เมตร	3.6

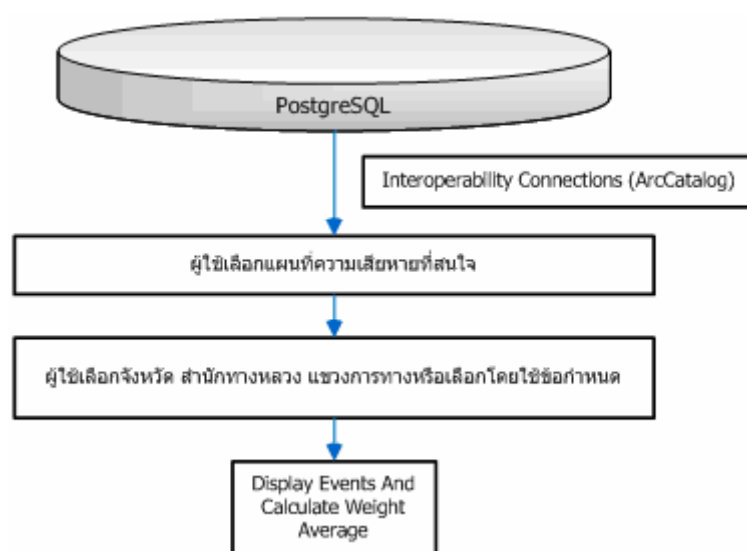
ภาพที่ 43 ตัวอย่างของแผนที่ทางภูมิศาสตร์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากฝ่าย HDM-4 ที่สร้างขึ้นโดยแสดงรายละเอียดวิธีซ่อมบำรุงทางทุก 1 กิโลเมตรซึ่งเป็นวิธีการซ่อมในปี 2008



ภาพที่ 43 รายละเอียดวิธีซ่อมบำรุงทางที่วิเคราะห์โดยฝ่าย HDM-4 ในปี 2008

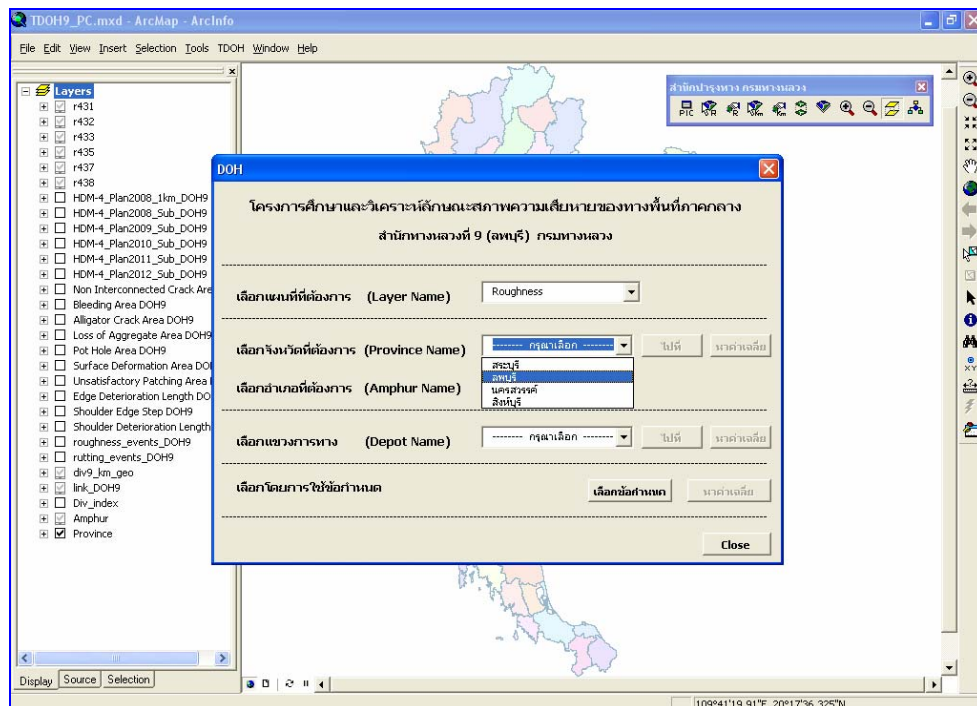
5. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน

นอกจากจะทำการสร้างฐานข้อมูล นำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล และส่งออกข้อมูล ทางผู้วิจัยทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับค้นหาและหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายตามพื้นที่ที่ต้องการเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications (VBA) ร่วมกับ ArcObjects Library มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางในพื้นที่ที่ต้องการ เนื่องจากขั้นตอนในการค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางมีหลายขั้นตอนอีกทั้งข้อมูลมีปริมาณมาก การที่จะให้ผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยด้วยตัวเองจึงเป็นไปได้ยากและสิ้นเปลืองระยะเวลา



ภาพที่ 44 ขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมประยุกต์

ภาพที่ 44 แสดงขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมประยุกต์สำหรับค้นหาและหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหาย โดยทำการติดต่อ โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นกับฐานข้อมูลโดยใช้ Interoperability Connection ซึ่งใช้ในการติดต่อกับฐานข้อมูลโดยตรงแล้วจึงใช้แถบเครื่องมือ (Toolbar) ที่พัฒนาขึ้นติดต่อกับผู้ใช้งาน



ภาพที่ 45 โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

ในการใช้งานโปรแกรมโดยผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกค้นหา หาค่าเฉลี่ยความเสียหายประเภทต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยต้องเลือกพื้นที่ที่สนใจ เช่น เลือกจังหวัดและอำเภอ หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง เลือกสำนักทางหลวงและแขวงทาง หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเลือกพื้นที่ตามที่ผู้ใช้งานใจ (การใช้โปรแกรมในการค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข)

วิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นโครงการนำร่องในการศึกษา ออกแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง ซึ่งผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการศึกษาและจัดทำเป็นระยะเวลาช่วงสั้นๆ ส่งผลให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทางที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนั้นอาจยังไม่สมบูรณ์นัก แต่งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ จัดทำระบบฐานข้อมูล และพัฒนาเครื่องมือการนำเข้าและส่งออกข้อมูลโดยใช้ภาษาจาวา ไว้สำหรับนักวิจัยที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น รายละเอียดของข้อวิจารณ์มีดังนี้

1. การติดต่อระหว่างฐานข้อมูลหลัก PostgreSQL กับโปรแกรม ArcGIS 9.2 โดยวิธีการเชื่อมต่อโดยใช้ Interoperability Connection ถ้าผู้ใช้เลือกพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น เลือกพื้นที่สำนักงานหลวงเพียงอย่างเดียว แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของความเสียหายจะทำให้การค้นหาข้อมูลมีความเร็วต่ำและใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก
2. แผนที่โครงข่ายทางหลวงใหม่ที่จัดทำขึ้น บางส่วนยังมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data Discrepancies) อยู่โดยเฉพาะในบริเวณรอยต่อระหว่างตอนสำรวจ (Link) เนื่องจากบริเวณรอยต่อของตอนสำรวจตอนหนึ่งมีจำนวนช่องจราจร 2 ช่องจราจรแต่อีกตอนสำรวจหนึ่งมีจำนวนช่องจราจร 3 หรือ 4 ช่องจราจร การเชื่อมต่อของตอนสำรวจทั้งสองจึงทำได้ยาก
3. เครื่องมือที่ในการจัดรูปแบบและนำเข้าข้อมูลโดยใช้ภาษาจาวานั้นยังมีข้อบกพร่องคือ ก่อนการ Run โปรแกรม ต้องทำการเปลี่ยนชื่อตามแต่ละหมายเลขเส้นทางสำรวจ (RCN Number) และ หมายเลขการวิ่ง (Run Number) ทุกครั้งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ในการเชื่อมโยงข้อมูลได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และฐานข้อมูลสภาพผิวทาง สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลความเสียหายของผิวทาง งานจัดทำแผนที่โครงข่ายทางหลวงของกรมทางหลวง งานพัฒนาเครื่องมือการจัดรูปแบบข้อมูลอัตโนมัติ สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบในส่วนอื่นด้วยภาษาจาวาและงานพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ทำการออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลจากรถสำรวจให้เป็นระเบียบ สามารถสืบค้น ประมวลผลและแสดงผลข้อมูลตามพื้นที่ทางหลวงได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว
2. ทำการพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเข้าสู่ฐานข้อมูล โดยใช้ภาษาจาวาซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แก่ข้อมูลร่องล้อ ความเรียบของผิวทาง รายละเอียดด้านเรขาคณิต และความเสียหายของผิวทาง
3. ทำการพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบของข้อมูลสำหรับส่งออกข้อมูลให้กับฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 1 ปี และฝ่ายที่ทำการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงและจัดทำแผนงานบำรุงทางระยะ 3 - 5 ปี โดยใช้ภาษาจาวา
4. ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับสืบค้นหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายประเภทต่างๆอัตโนมัติ โดยติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลและคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางในพื้นที่ที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MS Access เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลชั่วคราวและใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป (General User) ในการสืบค้น วิเคราะห์ ประมวลผล จัดทำรายงานและสร้างแผนที่ความเสียหาย ซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น เรื่องลิขสิทธิ์ของโปรแกรม ในส่วนของโปรแกรม MS Access ที่ใช้เป็นฐานข้อมูลชั่วคราวอาจทำการพัฒนาภาษาจาวาให้ทำการจัดรูปแบบข้อมูลจากไฟล์ CSV เข้าสู่ฐานข้อมูลหลักโดยไม่ผ่านการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลชั่วคราว
2. การพัฒนาเครื่องมือในการจัดรูปแบบของข้อมูลเป็นการพัฒนาเครื่องมือขึ้นมาใหม่ตั้งแต่ต้น โดยใช้โปรแกรมภาษาจาวาซึ่งเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ในการนำไปพัฒนาต่อยอด ดังนั้นจึงสามารถนำ ระบบฐานข้อมูลชุดคำสั่งและ Source Code ภาษาจาวา ของโปรแกรมไปพัฒนาต่อยอดได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ เช่น การทำ User Interface เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน หรือการทำ Installation
3. ข้อจำกัดประการหนึ่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม ArcGIS 9.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์กับโปรแกรม PostgreSQL ซึ่งเป็นโปรแกรมฐานข้อมูลผ่านทางวิธีเชื่อมต่อแบบอินเตอร์ออฟเปอร์บิลิตี (Interoperability Connection) ซึ่งมีความเร็วในการอ่านและการสืบค้นข้อมูลต่ำ ประกอบกับฐานข้อมูลโครงการที่มีขนาดใหญ่มากทำให้การอ่านและการสืบค้นข้อมูลผ่านทางโปรแกรม ArcGIS มีความเร็วต่ำและใช้ระยะเวลานานขึ้นในการประมวลผลข้อมูล
4. ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือการออกแบบและจัดเก็บข้อมูลของแต่ละตอนควบคุมที่ค่อนข้างเป็นอิสระจากกันทำให้ขาดความต่อเนื่องระหว่างตอนควบคุม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จรัส บุญขรรพมา. ไจโรทำงานอย่างไร. แหล่งที่มา:

<http://www.rmutphysics.com/CHARUD/howstuffwork/gyro/gyroscopethai.htm>, 2551.

สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง. 2550. รายงานขั้นสุดท้าย โครงการศึกษาและวิเคราะห์
ลักษณะสภาพความเสียหายของทางพื้นที่ภาคกลาง.

สมภพ ภูริวิทย์พงศ์. **Differential Geographic Information System คืออะไร**. สำนักวิจัยกิจการ
อวกาศแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีและการสื่อสาร. แหล่งที่มา:

<http://www.space.mict.go.th/knowledge/dgps.php>, 2550

Adams, T. M, S. Malaikrisanachalee, C. Blazquez, S. Lueck and A. P. Vonderohe. 2002.

Enterprise-Wide Data Integration and Analysis for OS/OW Permitting. ASCE

Journal of Computing in Civil Engineering, Vol.16, No.1

ARRB Group. 2006. **User Manual Hawkeye Processing Toolkit and Hawkeye Data Viewer.**

Hawkeye Scaleable Survey Solutions.

Indra Alfitri MAIZIR. 2007. **A Purposed Method of GIS-Base Road Maintenance**

Management. Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.

Vol.6, 2007.

Pierre-Yves Gillieron, J. Skaloud, D. Brugger and B. Merminod. 2000. **Development of A Low**

Cost Mobile Mapping System for Road Database Management. 3rd International

Symposium on Mobile Mapping Technology, Swiss Federal Institute of Technology.

Ries and T. 1993. **Design requirement for location as a foundation for transportation information systems.** Proceeding, Geographic Information Systems for Transportation Symposium, Albuquerque, NM, 48-66

Stephen T. Muench. **International Roughness Index (IRI).** WSDOT Pavement Guide. Pavement Evaluation. Available Source:
http://training.ce.washington.edu/wsdot/Modules/09_pavement_evaluation/09-2_body.htm, 2008.

Sayer and M.W. **Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements.** World Bank Technical Paper Number 46, 1986.

Turner-Fairbank Highway Research Center. **DISTRESSES FOR PAVEMENTS WITH ASPHALT CONCRETE SURFACES.** Available Source:
<http://www.tfhrc.gov/pavement/ltpa/reports/03031/01.htm>, 2008.

Vonderohe, A.P., Chou, C.L., Sun, F., T.M. and Adums. 1997. **A Generic Data Model for Linear Referencing Systems.** Research Results Digest 218, National Cooperative Highway Research Program, Transport Research Board, Washington DC.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)

ตารางผนวกที่ ก1 รายละเอียดของตาราง AADT

Table Name	AADT
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลปริมาณจราจรของถนนที่ทำการสำรวจ

Codes	Description
Route_id	หมายเลขทางหลวง
CS_id	หมายเลขตอนควบคุม
SubCS_id	หมายเลขตอนควบคุมย่อย
Year	ปีที่ทำการสำรวจปริมาณการจราจร
AADT	ปริมาณจราจรของถนน

ตารางผนวกที่ ก2 รายละเอียดของตาราง ControlSection

Table Name	ControlSection
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลตอนควบคุมของกรมทางหลวง

Codes	Description
Route_id	หมายเลขทางหลวง
CS_id	หมายเลขตอนควบคุม
SubCS_id	หมายเลขตอนควบคุมย่อย
Division_code	รหัสเขตความรับผิดชอบของสำนักทางหลวง
KM_s_old	กิโลเมตรเริ่มต้นของตอนควบคุม (อ้างอิงตามฐานข้อมูลปัจจุบัน)
KM_e_old	กิโลเมตรสิ้นสุดของตอนควบคุม (อ้างอิงตามฐานข้อมูลปัจจุบัน)
CS_name	ชื่อตอนควบคุม
Road_class	มาตรฐานชั้นทางในตอนควบคุมย่อย
Surface_class	ประเภทของผิวทางในตอนควบคุมย่อย
Pave_type_code	รหัสประเภทของผิวทาง

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

Codes	Description
Surf_material	ชนิดผิวทางในตอนควบคุมย่อย
CBR	ค่า CBR ของชั้น Subgrade
NumOfLanes	จำนวนช่องทางจราจรในตอนควบคุมย่อย
ROW	Right of way
Pave_width	ความกว้างของช่องจราจรที่ทำการสำรวจ
NumOfShoulders	จำนวนของไหล่ทางในตอนควบคุมย่อย
ShoulderWidth	ความกว้างไหล่ทางในตอนควบคุมย่อย
Province_code	รหัสจังหวัด

ตารางผนวกที่ ก3 รายละเอียดของตาราง Distress

Table Name	Distress
Feature Class	Point Feature
Description	ข้อมูลความเสียหายของผิวทางที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Sub_dist	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของตอนของการสำรวจถึงความเสียหาย
Frame_num	หมายเลข Frame
Type_of_distress	ชนิดของความเสียหาย
Extent	ปริมาณความเสียหาย
The_geom (point)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก4 รายละเอียดของตาราง Division

Table Name	Division
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลเขตความรับผิดชอบของสำนักงานหลวง

Codes	Description
Division_code	รหัสเขตความรับผิดชอบของสำนักงานหลวง
Bureau_name	ชื่อสำนักงานหลวง
District_name	ชื่อเขตการทาง
Depot_name	ชื่อแขวงการทาง

ตารางผนวกที่ ก5 รายละเอียดของตาราง Geometry

Table Name	Geometry
Feature Class	Point Feature
Description	ข้อมูลรายละเอียดด้านเรขาคณิต (Geometry) ของถนนที่ทำการสำรวจ

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Start_subdist	จุดเริ่มต้นของรายละเอียดด้านเรขาคณิตทุก 25 เมตร
End_subdist	จุดสิ้นสุดของรายละเอียดด้านเรขาคณิตทุก 25 เมตร
Grade	ความลาดชัน
Cross_slope	ความลาดชันแนวนราบ
Hor_curv	โค้งราบ
Ver_curv	โค้งตั้ง
Speed	ความเร็วของรถสำรวจ
The_geom (point)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก6 รายละเอียดของตาราง HDM4_Plan

Table Name	HDM4_Plan
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม HDM-4

Codes	Description
HDM4ID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
HDM4_sect_id	หมายเลขของรายละเอียดการบำรุงรักษาจากโปรแกรม HDM-4
Start_subdist	จุดเริ่มต้นของรายละเอียดการซ่อมบำรุงทางทุก 1 กิโลเมตร
End_subdist	จุดสิ้นสุดของรายละเอียดการซ่อมบำรุงทางทุก 1 กิโลเมตร
HDM4_work_name	วิธีที่ใช้ในการซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์โปรแกรม HDM-4
HDM4_NPV	Net Present Value
HDM4_finan_cap	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์โปรแกรม HDM-4
HDM4_date	วันที่ทำการวิเคราะห์
Remark	หมายเหตุ

ตารางผนวกที่ ก7 รายละเอียดของตาราง KM

Table Name	KM
Table Type	MIS
Description	ข้อมูลของหลักกิโลเมตร

Codes	Description
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
MEAS	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของตอนของการสำรวจถึงหลักกิโลเมตร
KM_NAME	ชื่อหลักกิโลเมตร
KM_NUM	ระยะหลักกิโลเมตร
Route_id	หมายเลขทางหลวง
CS_id	หมายเลขตอนควบคุม

ตารางผนวกที่ ก8 รายละเอียดของตาราง Link

Table Name	Link
Feature Class	Line Feature
Description	ข้อมูลตอนของการสำรวจ

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Route_id	หมายเลขทางหลวง
CS_id	หมายเลขตอนควบคุม
SubCS_id	หมายเลขตอนควบคุมย่อย
Lane	หมายเลขช่องทางจราจร
Survey_id	หมายเลขเส้นทางสำรวจ (RCN)
Run_id	หมายเลข Run
The geom (line)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก9 รายละเอียดของตาราง Picture

Table Name	Picture
Feature Class	Point Feature
Description	ข้อมูลชื่อแฟ้มข้อมูลของรูปที่ได้จากการสำรวจ

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Sub_dist	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของตอนของการสำรวจถึงตำแหน่งของภาพ
Folder_name	ชื่อแฟ้มข้อมูลที่เก็บภาพ
File_name	ชื่อของภาพ
The geom (point)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก10 รายละเอียดของตาราง Province

Table Name	Province
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลชื่อจังหวัด

Codes	Description
Province_code	รหัสจังหวัด
Province_name	ชื่อจังหวัด

ตารางผนวกที่ ก11 รายละเอียดของตาราง Roughness

Table Name	Roughness
Feature Class	Point Feature
Description	ข้อมูลความเรียบของผิวทาง (IRI) ที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Start_subdist	จุดเริ่มต้นของความเรียบของผิวทางทุก 25 เมตร
End_subdist	จุดสิ้นสุดของความเรียบของผิวทางทุก 25 เมตร
IRI_right	ความเรียบของผิวทางด้านขวา
IRI_left	ความเรียบของผิวทางด้านซ้าย
IRI_ave	ความเรียบของผิวทางเฉลี่ย
IRI_lane	ความเรียบของผิวทางในช่องจราจร
Speed	ความเร็วของรถสำรวจ
The geom (point)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก12 รายละเอียดของตาราง Rutting

Table Name	Rutting
Feature Class	Point Feature
Description	ข้อมูลร่องล้อ (Rutting) ที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์

Codes	Description
GID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
Start_subdist	จุดเริ่มต้นของร่องล้อทุก 25 เมตร
End_subdist	จุดสิ้นสุดของร่องล้อทุก 25 เมตร
Rutt_right	ร่องล้อด้านขวา
Rutt_left	ร่องล้อด้านซ้าย
Rutt_lane	ร่องล้อในช่องจราจร
Speed	ความเร็วของรถสำรวจ
The geom (point)	ข้อมูล GIS

ตารางผนวกที่ ก13 รายละเอียดของตาราง TPMS_Plan

Table Name	TPMS_Plan
Table Type	Data Table
Description	ข้อมูลผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม TPMS

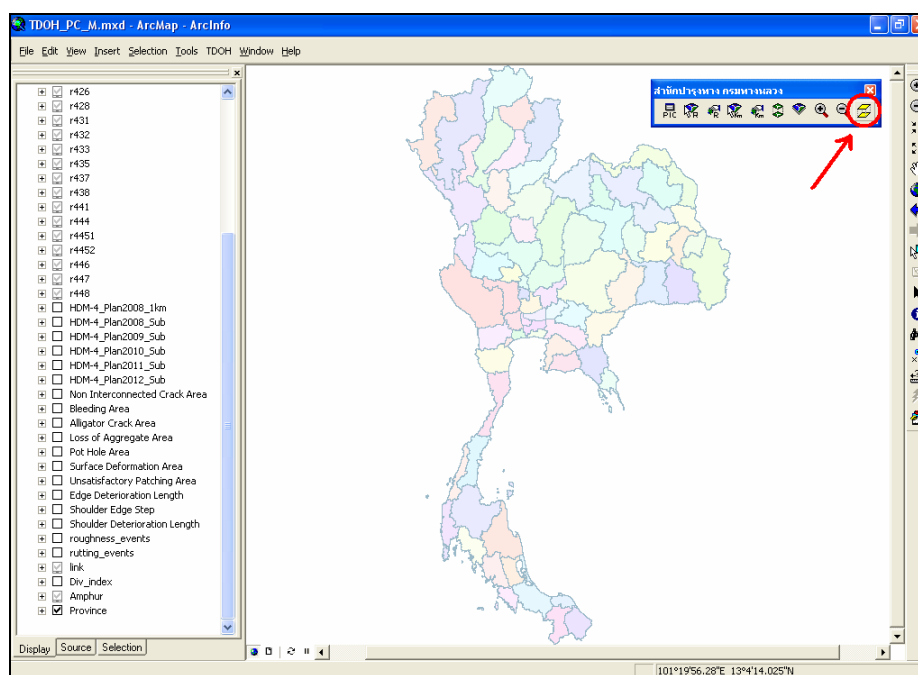
Codes	Description
ID	Primary Key ของตาราง
Link_id	หมายเลขตอนของการสำรวจ
TPMS_sect_id	หมายเลขของรายละเอียดการบำรุงรักษาจากโปรแกรม TPMS
Start_subdist	จุดเริ่มต้นของรายละเอียดการซ่อมบำรุงทางทุก 200 เมตร
End_subdist	จุดสิ้นสุดของรายละเอียดการซ่อมบำรุงทางทุก 200 เมตร
TPMS_treat_code	รหัสวิธีที่ใช้ในการซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์โปรแกรม TPMS

ตารางผนวกที่ ก13 (ต่อ)

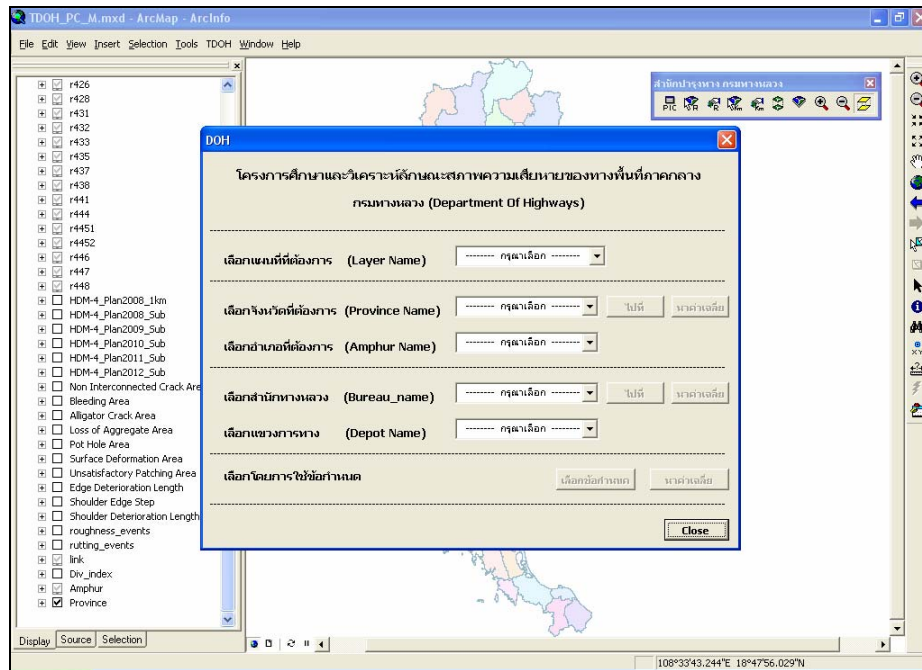
Codes	Description
TPMS_work_name	วิธีที่ใช้ในการซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์โปรแกรม TPMS
TPMS_NPV	Net Present Value
TPMS_cost	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซ่อมบำรุงจากการวิเคราะห์จากโปรแกรม TPMS
TPMS_BC_ratio	B/C Ratio
TPMS_date	วันที่ทำการวิเคราะห์
Remark	หมายเหตุ

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานโปรแกรม

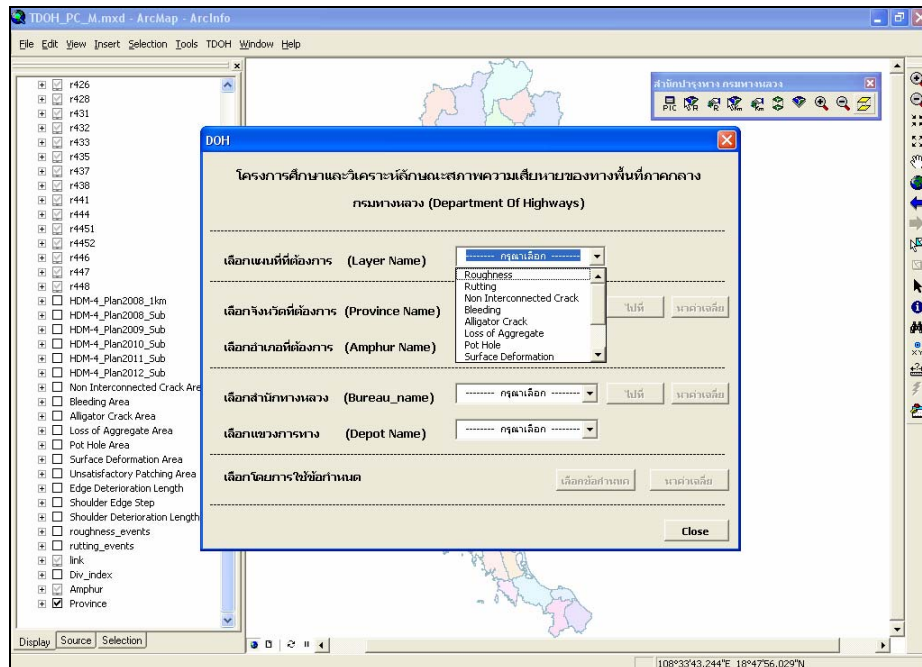
การใช้งานโปรแกรมโดยผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกค้นหา หาค่าเฉลี่ยความเสียหายประเภทต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยต้องเลือกพื้นที่ที่สนใจ เช่น เลือกจังหวัดและอำเภอ หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง เลือกเส้นทางหลวงและแขวงทาง หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเลือกพื้นที่ตามที่คุณสนใจ การใช้โปรแกรมในการค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ



ภาพผนวกที่ ข1 ปุ่มเรียกใช้โปรแกรมค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ

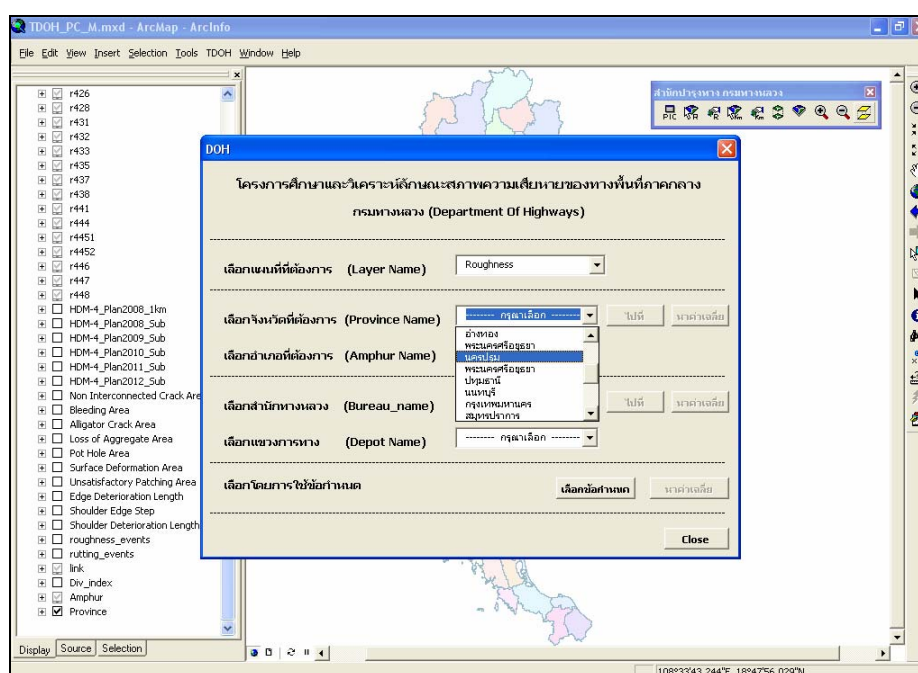


ภาพผนวกที่ ข2 หน้าต่างของโปรแกรมค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายอัตโนมัติ

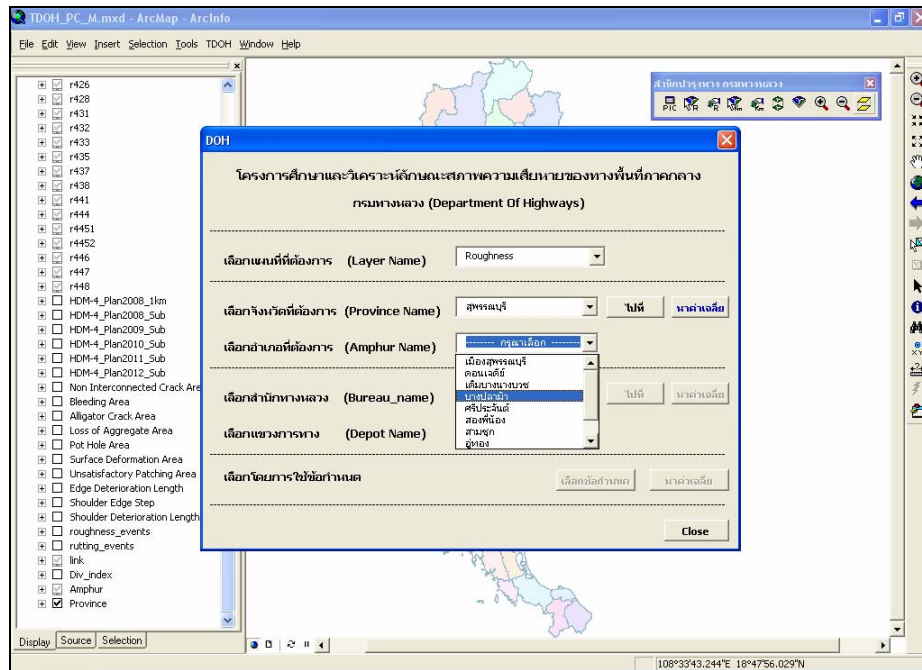


ภาพผนวกที่ ข3 ผู้ใช้เลือกประเภทของแผนที่ความเสียหายที่ต้องการ

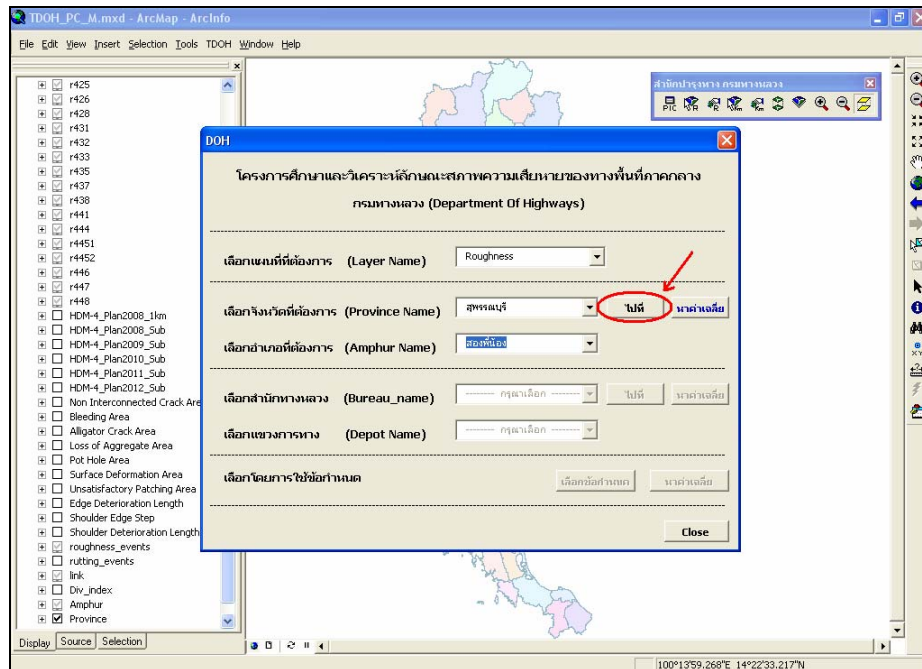
การค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายตามพื้นที่ของอำเภอหรือจังหวัดสามารถค้นหาหรือหาค่าเฉลี่ยได้ทั้งการเลือกจังหวัดและอำเภอหรือจังหวัดเพียงอย่างเดียว หลังจากการเลือกพื้นที่แล้วขั้นตอนต่อไปจึงทำการเลือกปุ่ม “ไปที่” หรือ “หาค่าเฉลี่ย” ถ้าผู้ใช้เลือกปุ่ม “ไปที่” โปรแกรมจะทำการแสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก หรือถ้าผู้ใช้เลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย” โปรแกรมจะทำการหาค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางและแสดงขยายไปยังพื้นที่ที่สนใจ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข4 ถึงภาพผนวกที่ ข16



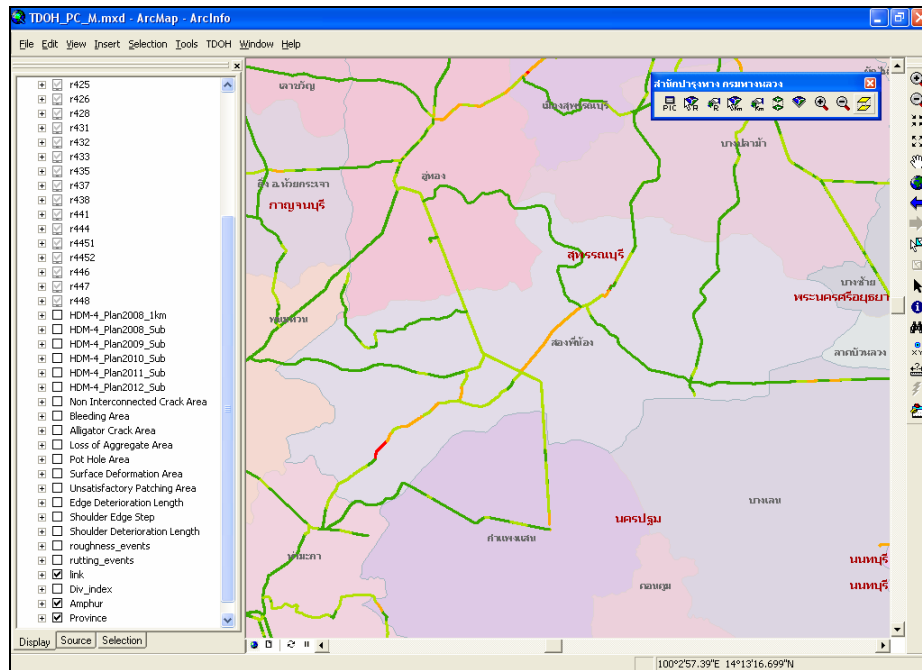
ภาพผนวกที่ ข4 ผู้ใช้เลือกจังหวัดที่ต้องการ



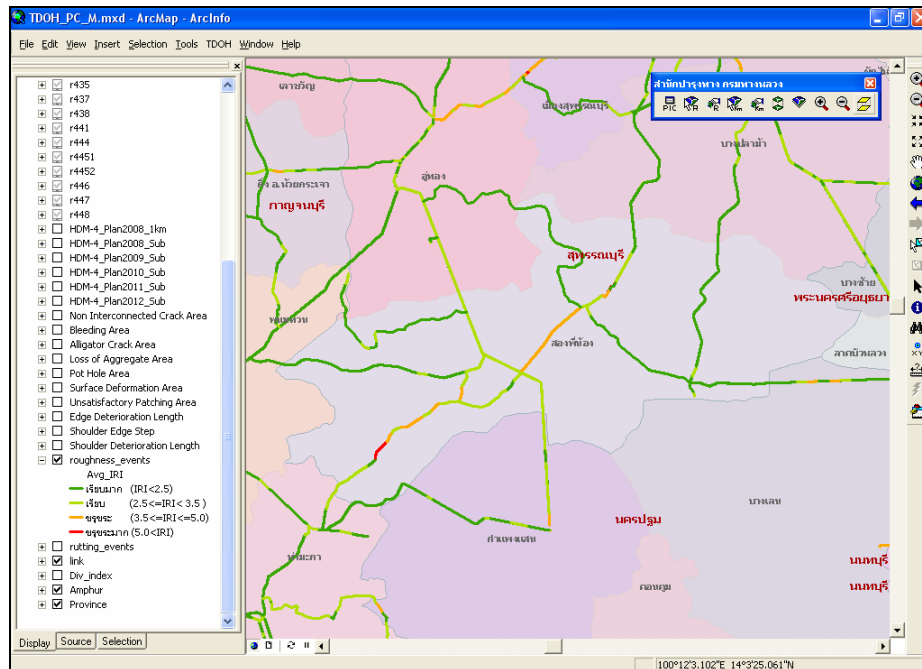
ภาพผนวกที่ ข5 ผู้ใช้เลือกอำเภอที่ต้องการ



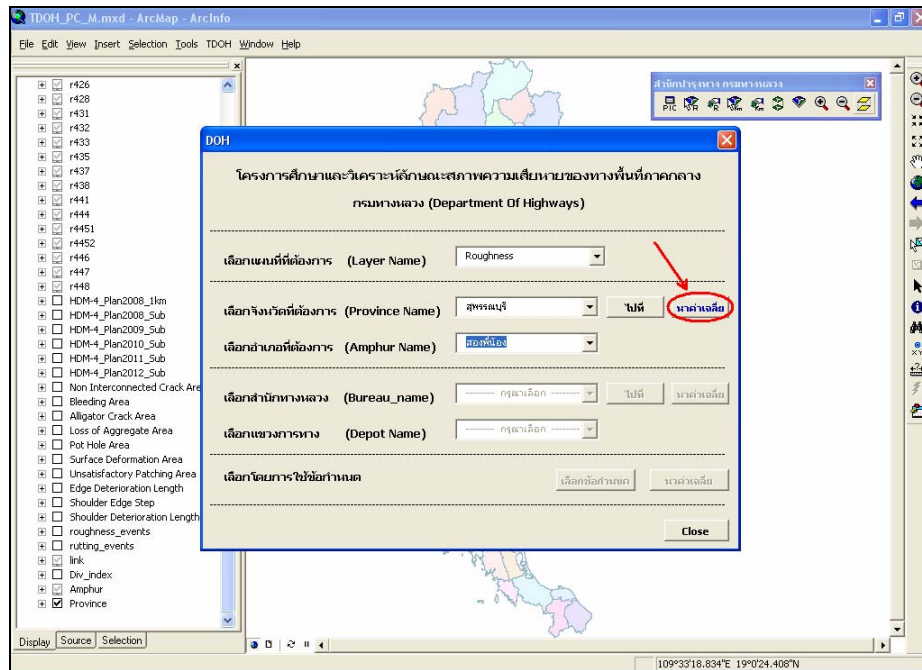
ภาพผนวกที่ ข6 ผู้ใช้เลือกจังหวัด อำเภอที่ต้องการและเลือกปุ่ม “ไปที”



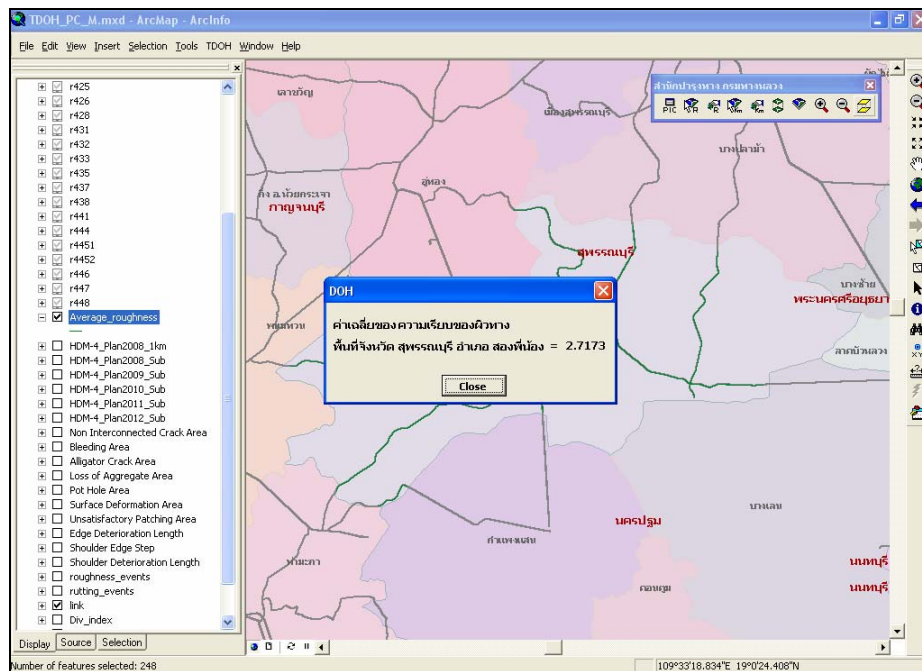
ภาพผนวกที่ ๗ แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามจังหวัดและอำเภอ



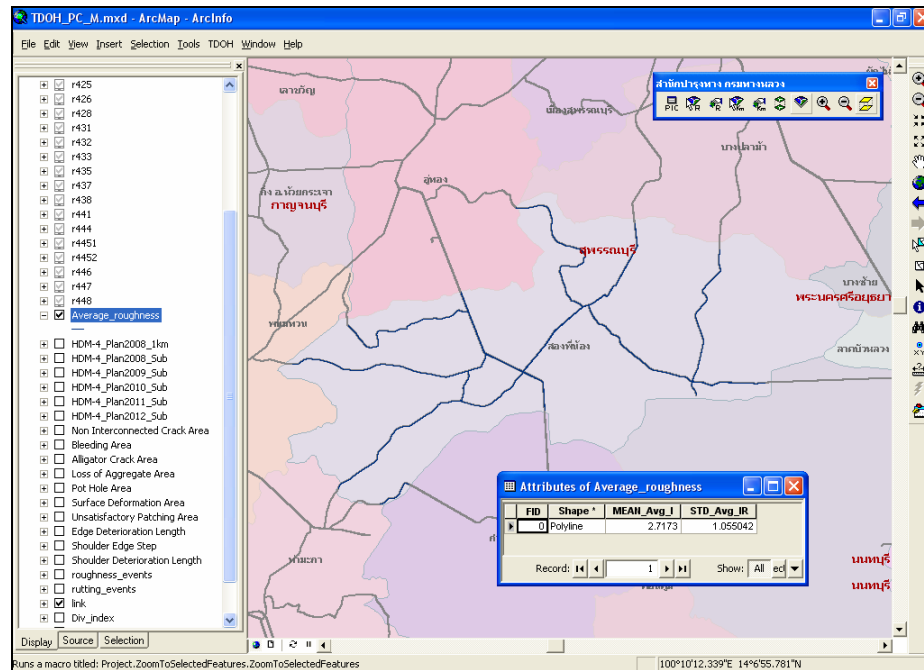
ภาพผนวกที่ ๘ สัญลักษณ์แสดงตามประเภทความเสียหาย



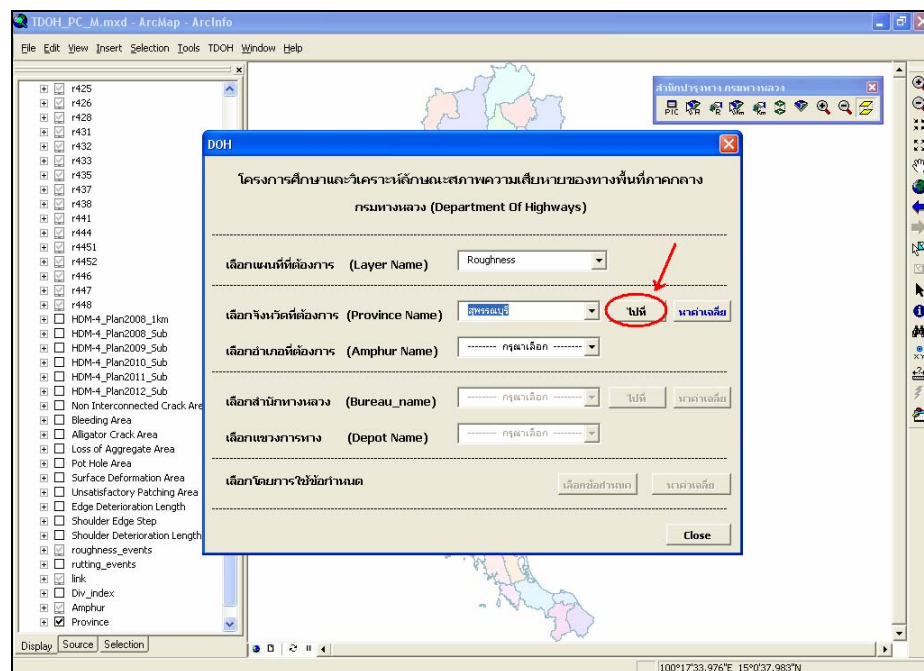
ภาพผนวกที่ ข9 ผู้ใช้เลือกจังหวัด อำเภอที่ต้องการและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”



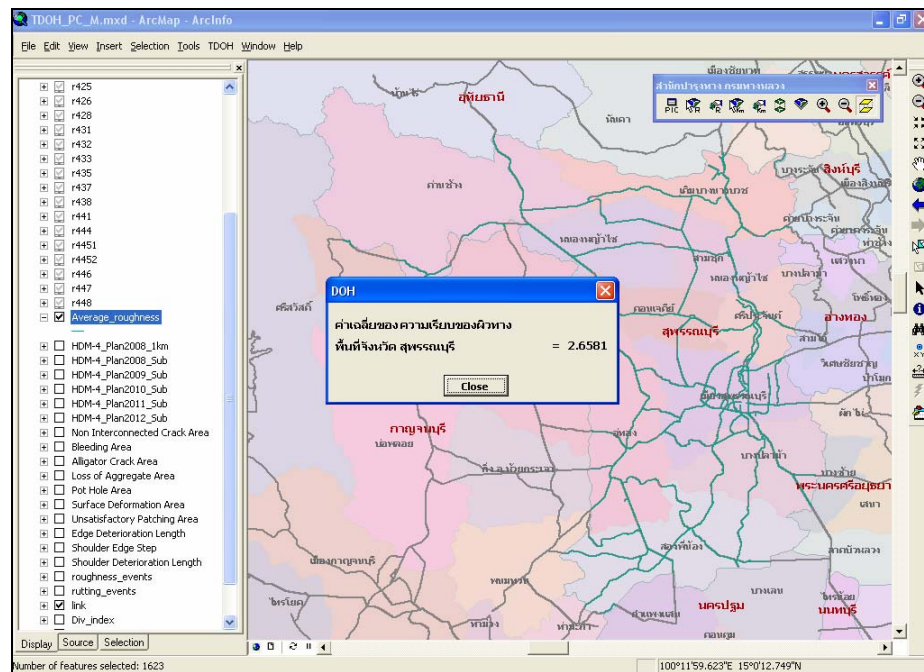
ภาพผนวกที่ ข10 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามจังหวัดและอำเภอที่ผู้ใช้เลือก



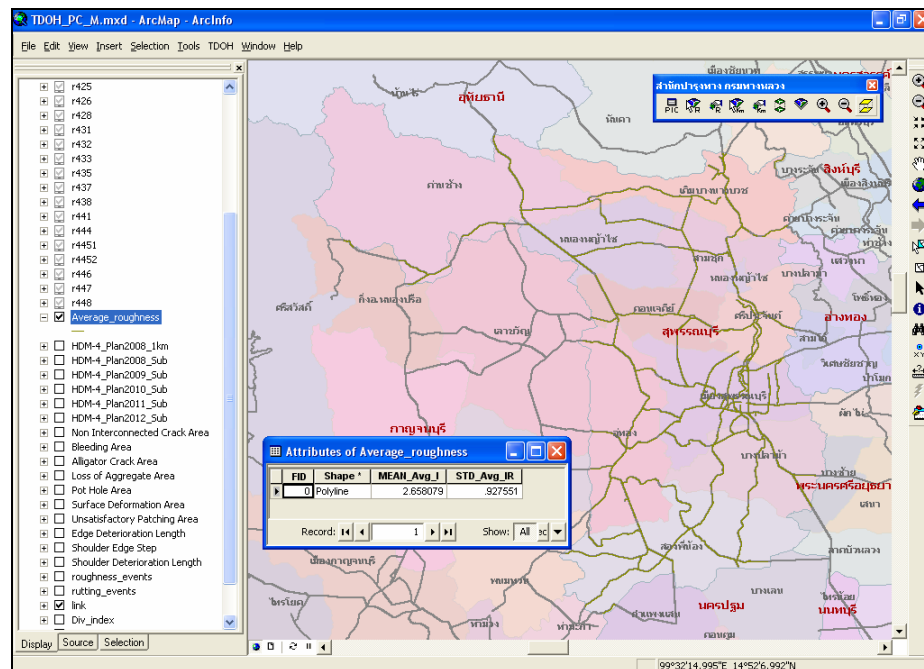
ภาพผนวกที่ ข11 ตารางแสดงค่าต่างๆในพื้นที่ที่ผู้เลือกใช้



ภาพผนวกที่ ข12 ผู้ใช้เลือกเฉพาะจังหวัดและเลือกปุ่ม “ไปที”

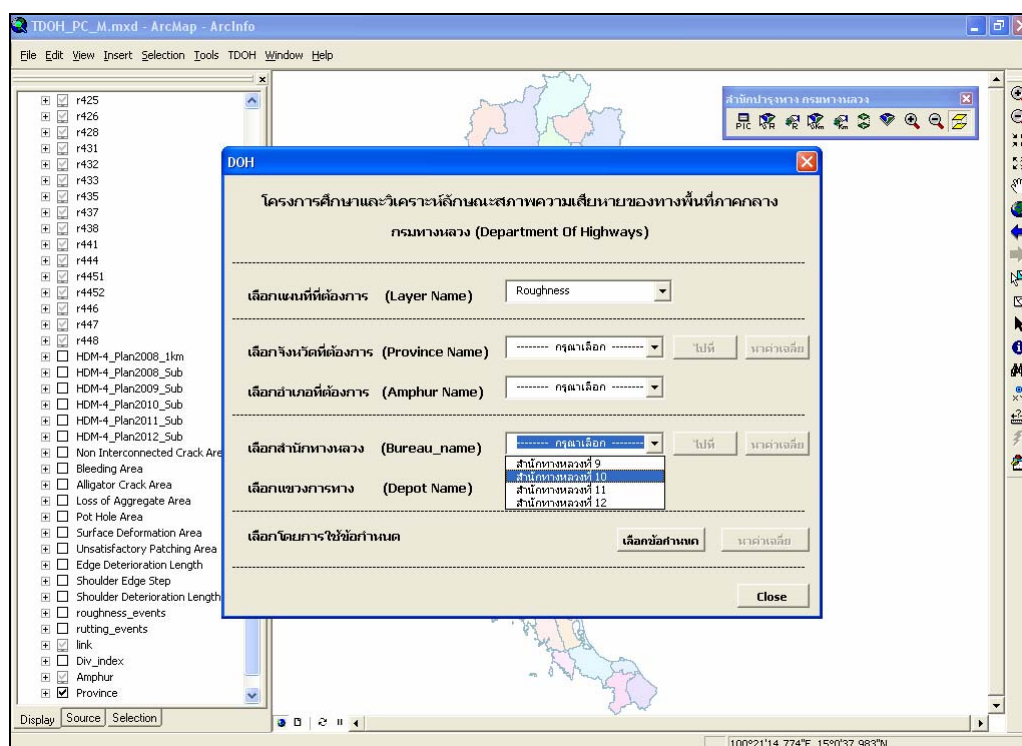


ภาพผนวกที่ ข15 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามจังหวัดที่ผู้เลือกใช้

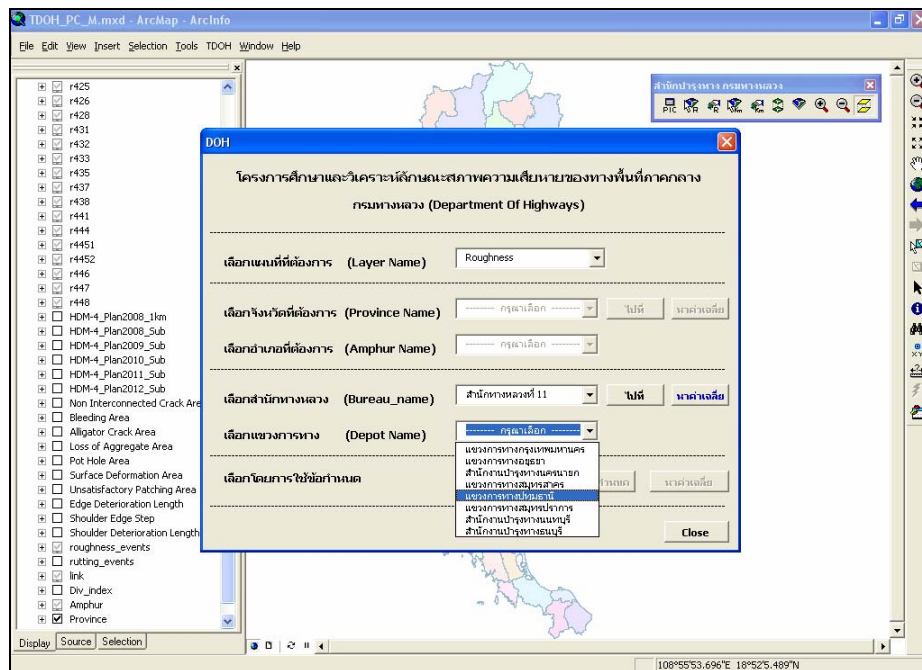


ภาพผนวกที่ ข16 ตารางแสดงค่าต่างๆในพื้นที่ตามจังหวัดที่ผู้เลือกใช้

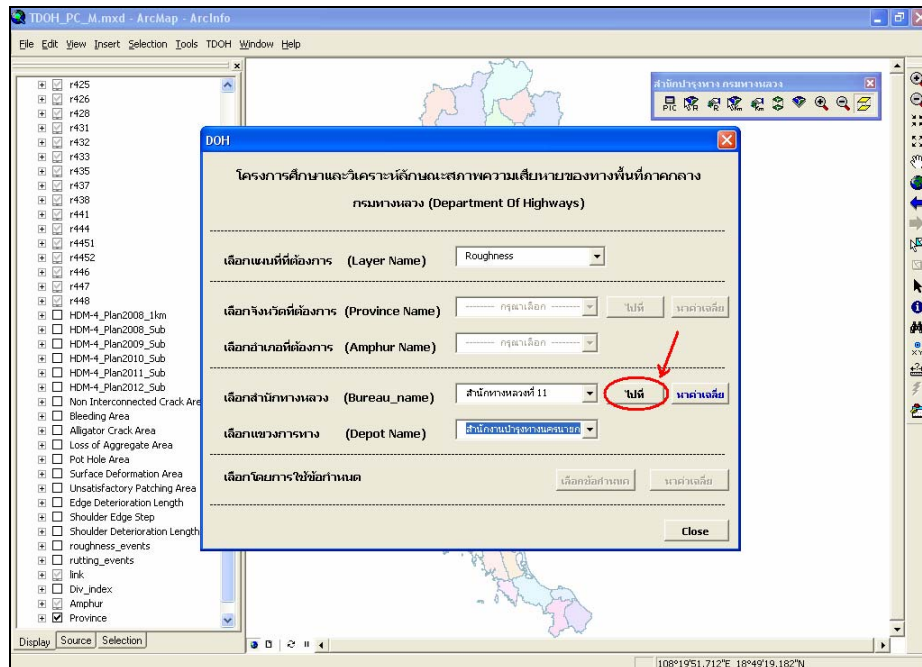
การค้นหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายตามพื้นที่ของสำนักงานหลวงหรือแขวง
การทางสามารถค้นหาค่าเฉลี่ยได้ทั้งการเลือกสำนักงานหลวงและแขวงการทางหรือสำนัก
ทางหลวงเพียงอย่างเดียว หลังจากการเลือกพื้นที่ที่สนใจแล้วขั้นตอนต่อไปจึงทำการเลือกปุ่ม “ไป
ที่” หรือ “หาค่าเฉลี่ย” ถ้าผู้ใช้เลือกปุ่ม “ไปที่” โปรแกรมจะทำการแสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก
หรือถ้าผู้ใช้เลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย” โปรแกรมจะทำการหาค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางและแสดง
ขยายไปยังพื้นที่นั้นๆ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข17 ถึงภาพผนวกที่ ข28



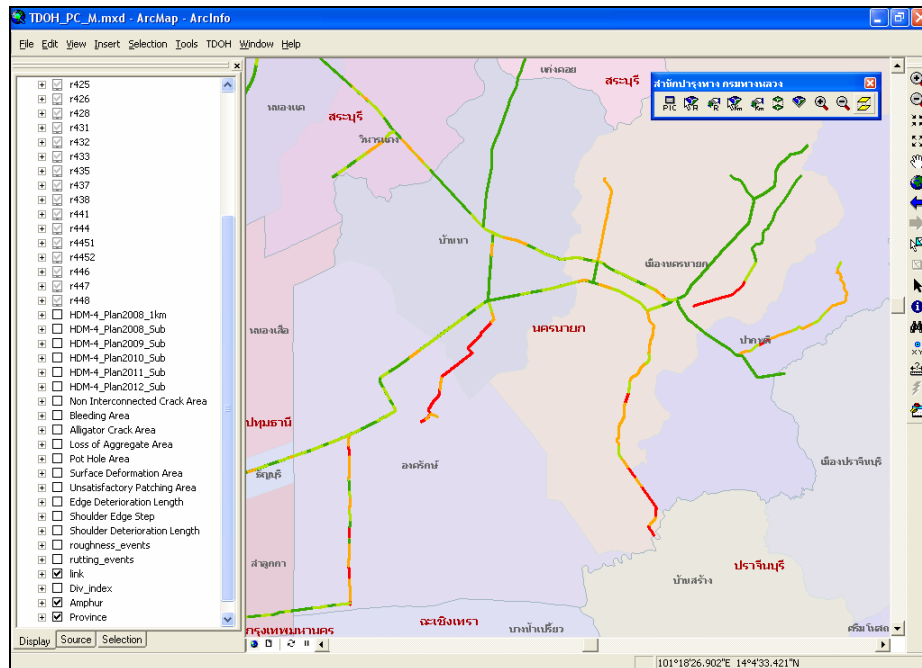
ภาพผนวกที่ ข17 ผู้ใช้เลือกสำนักงานหลวงที่ต้องการ



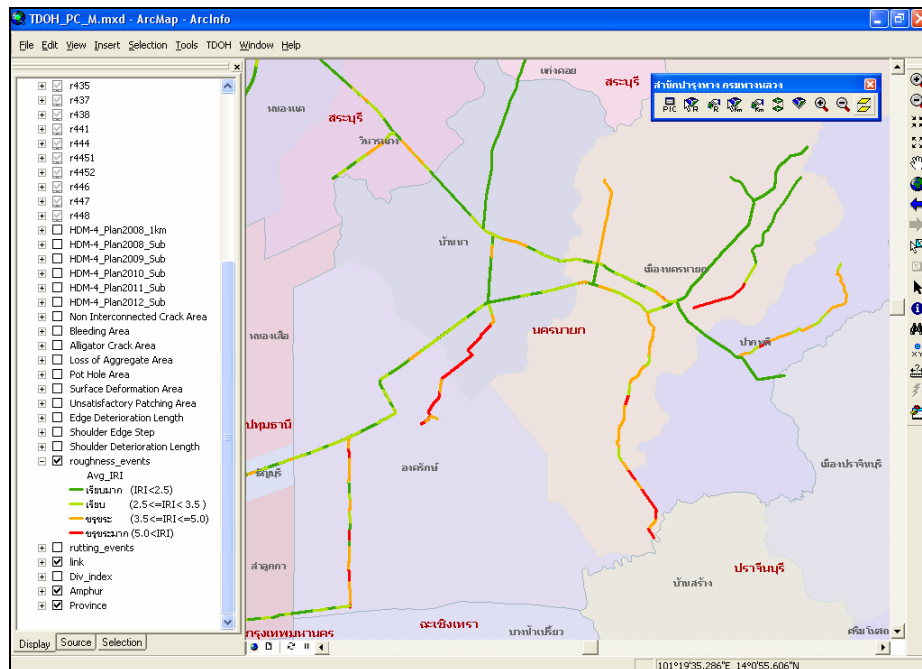
ภาพผนวกที่ ข18 ผู้ใช้เลือกแขวงการทางที่ต้องการ



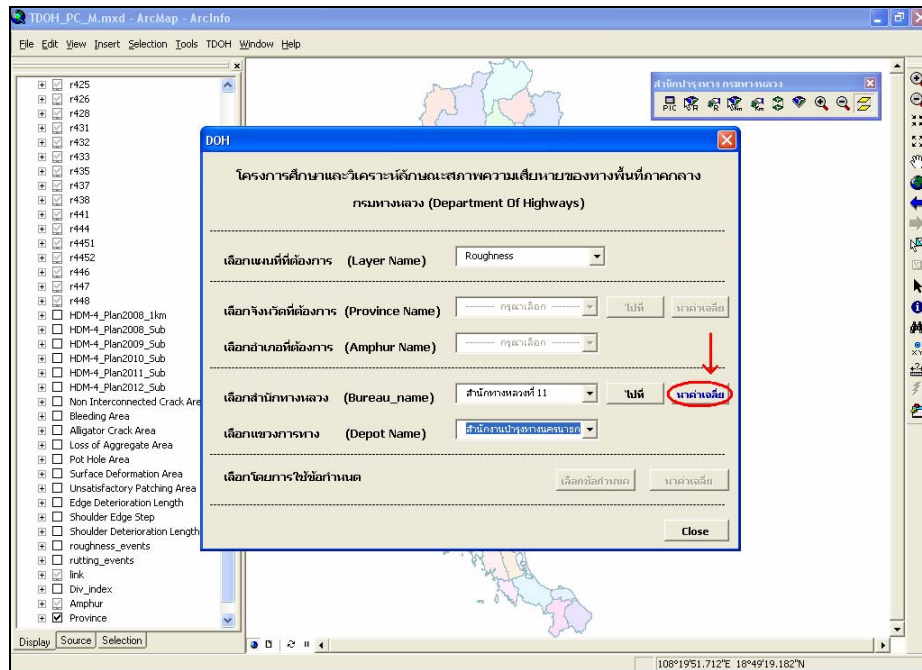
ภาพผนวกที่ ข19 ผู้ใช้เลือกแขวงการทางที่ต้องการและเลือกปุ่ม “ไปที”



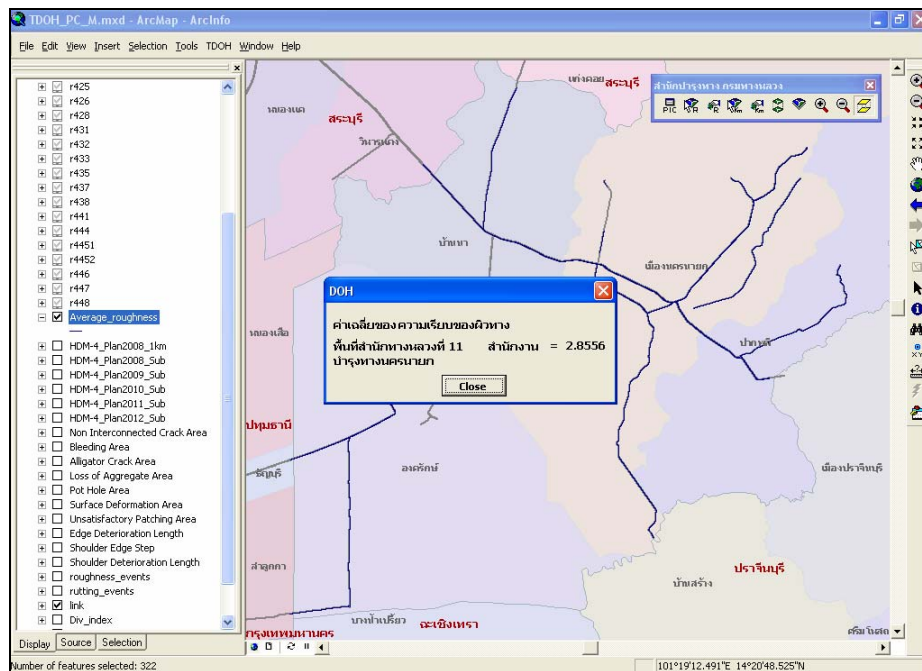
ภาพผนวกที่ ข20 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามสำนักทางหลวงและแขวงทาง



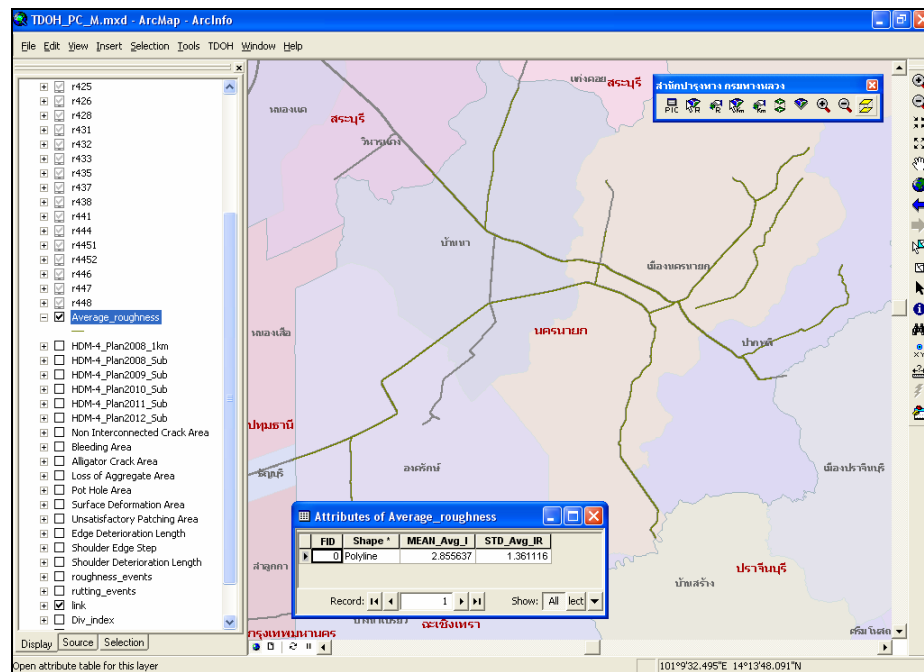
ภาพผนวกที่ ข21 สัญลักษณ์แสดงตามประเภทความเสียหายของผิวทาง



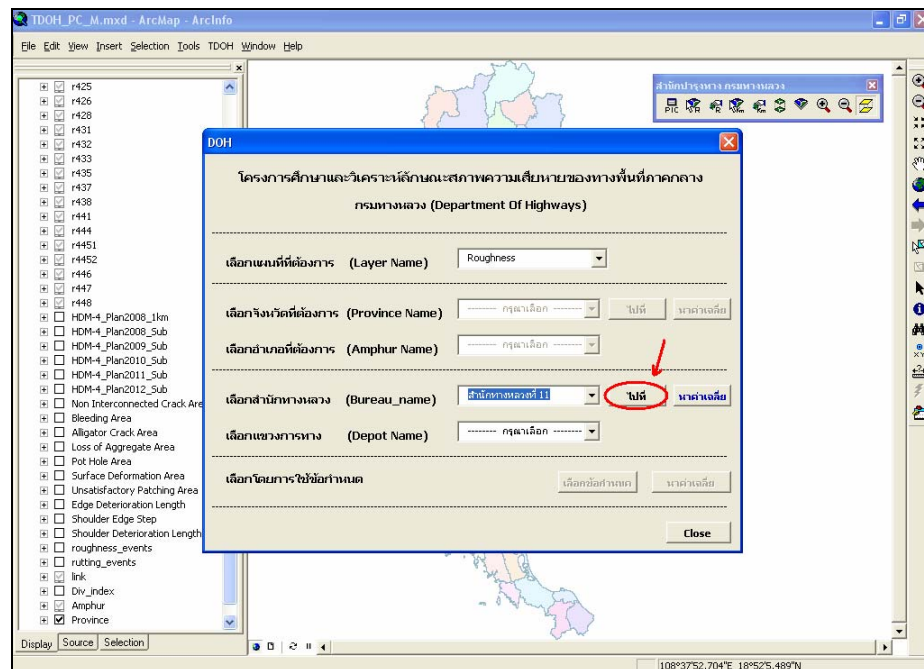
ภาพผนวกที่ ข22 ผู้ใช้เลือกสำนักงานหลวง แขวงทางหลวงที่ต้องการและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”



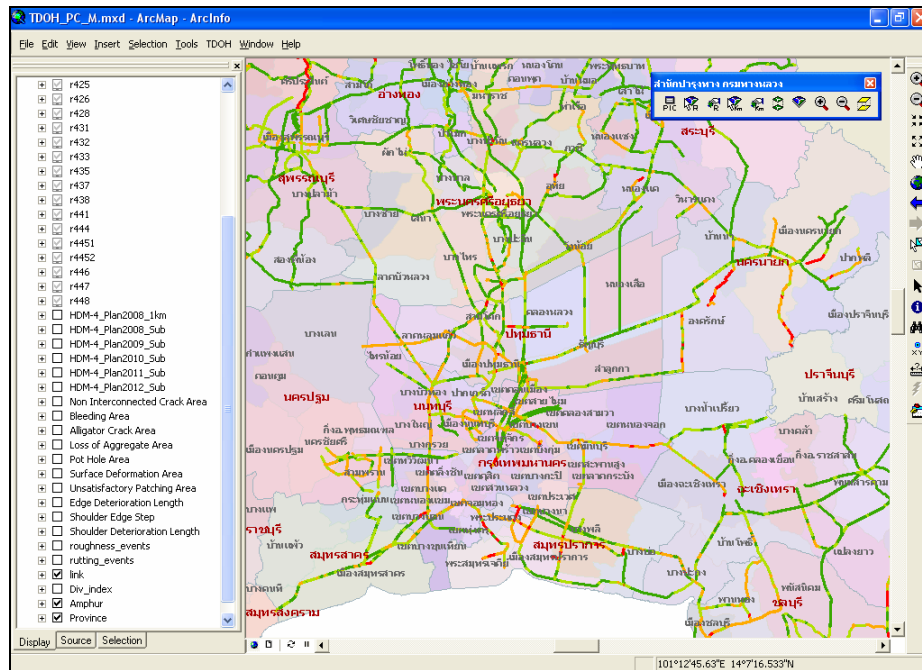
ภาพผนวกที่ ข23 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามสำนักงานหลวงและแขวงทางหลวงที่ผู้ใช้เลือก



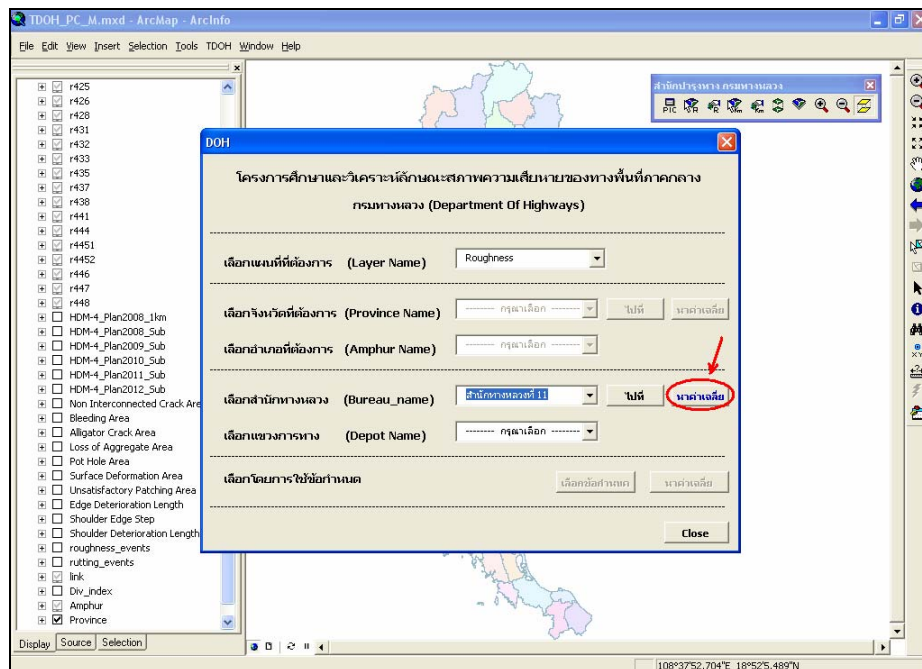
ภาพผนวกที่ ข24 ตารางแสดงค่าต่างๆในพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก



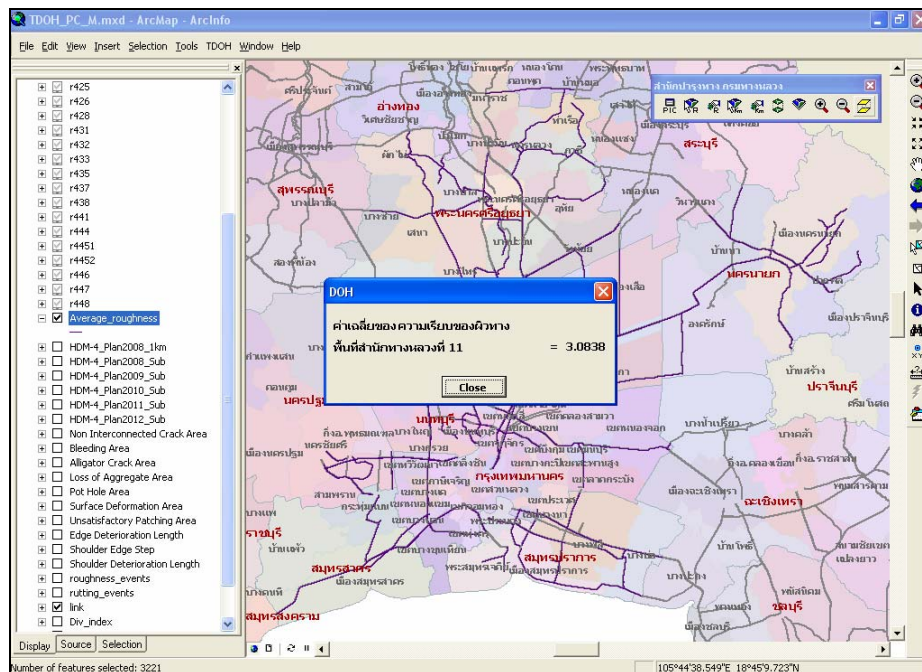
ภาพผนวกที่ ข25 ผู้ใช้เลือกเฉพาะสำนักงานหลวงและเลือกปุ่ม “ไปที”



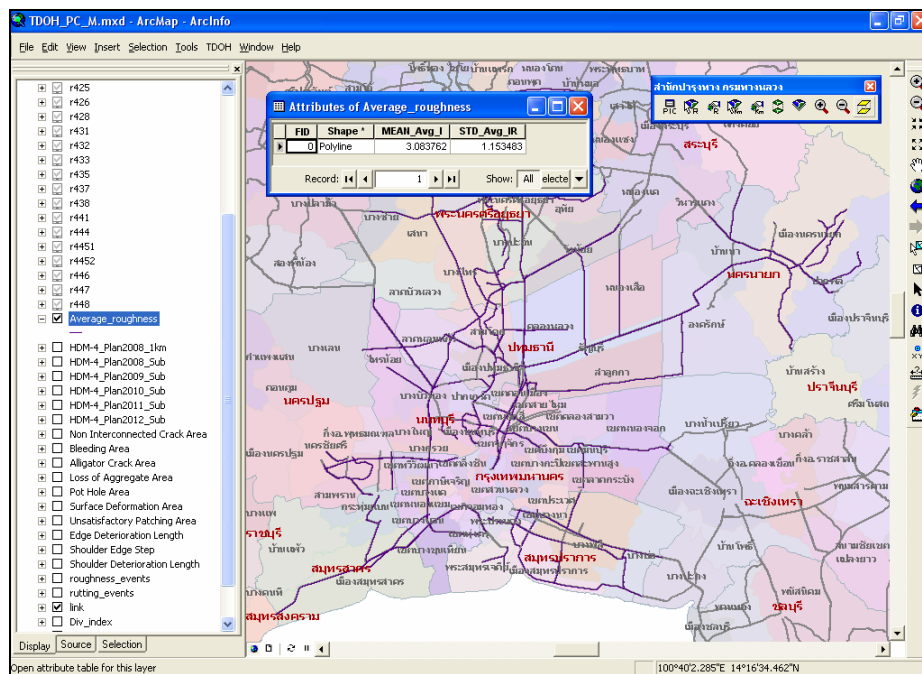
ภาพผนวกที่ ข26 แสดงขยายไปยังพื้นที่ที่ต้องการตามสำนักทางหลวง



ภาพผนวกที่ ข27 ผู้ใช้เลือกเฉพาะสำนักทางหลวงและเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”



ภาพผนวกที่ ข28 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามสำนักทางหลวงที่ผู้ใช้เลือก

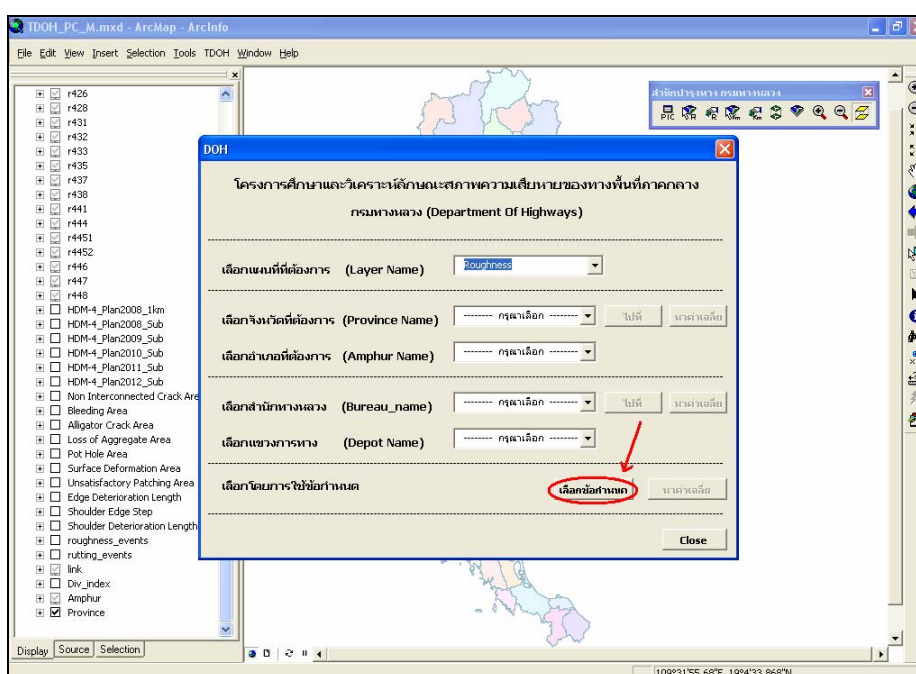


ภาพผนวกที่ ข29 ตารางแสดงค่าต่างๆในพื้นที่ตามสำนักทางหลวงที่ผู้ใช้เลือก

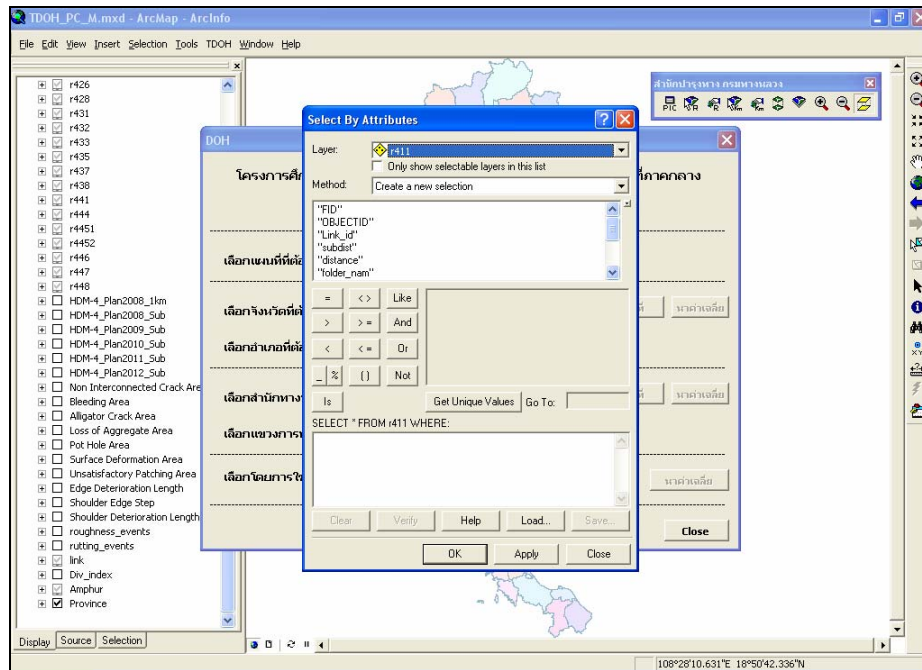
การหาค่าเฉลี่ยของแผนที่ความเสียหายตามข้อกำหนดของผู้ใช้ต้องการการเลือกประเภทของความเสียหายก่อน ดังภาพผนวกที่ ข30 ขั้นตอนต่อไปจึงทำการเลือกปุ่ม “เลือกข้อกำหนด” โปรแกรมจะทำการเรียกหน้าต่าง “Select By Attributes” ขึ้นมาในช่องต่างๆ ให้เลือกดังนี้

- Combo box Layer ให้เลือก ประเภทของความเสียหายอีกครั้งหนึ่ง
- Combo box Method ให้เลือก “Create a new Selection”
- ในช่องด้านล่างสุดให้ใส่ข้อกำหนดที่ผู้ต้องการ (ใช้ภาษา SQL) แล้วกดปุ่ม “ok”

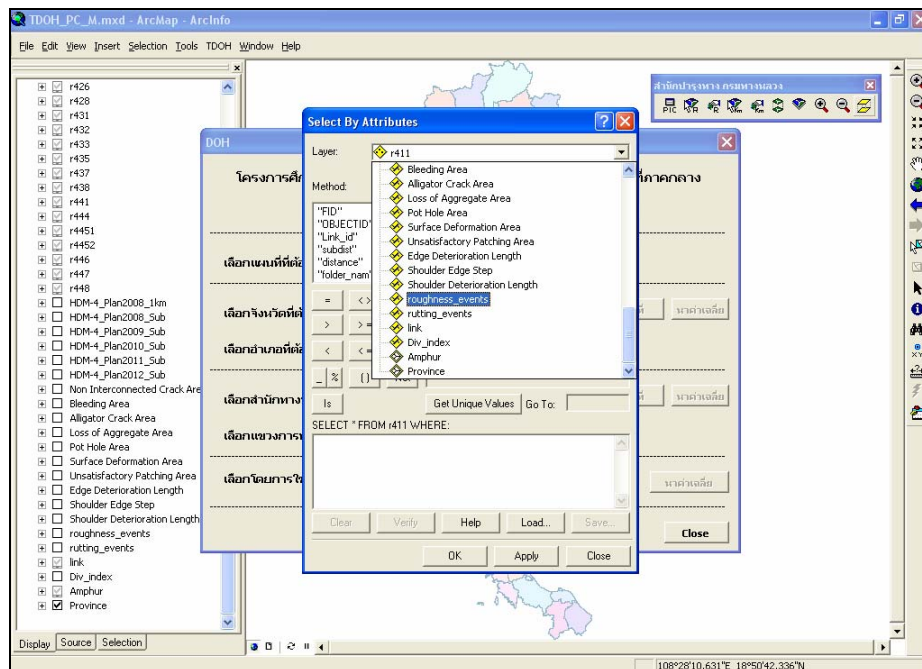
หาค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวทางโดยการกดปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย” โปรแกรมจะทำการหาค่าเฉลี่ยและแสดงขยายไปยังพื้นที่นั้นๆ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข31 ถึงภาพผนวกที่ ข37



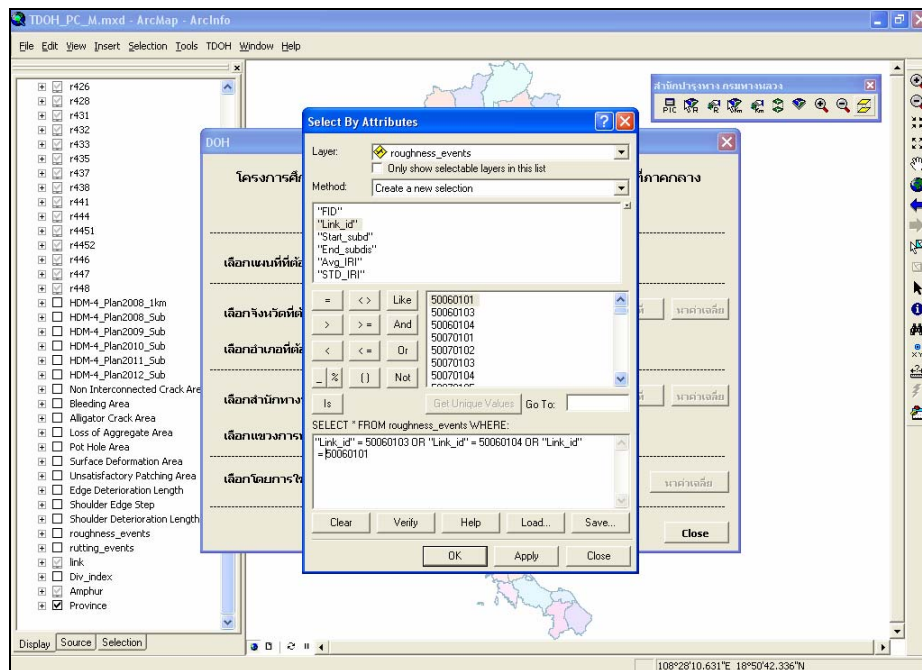
ภาพผนวกที่ ข30 ผู้ใช้เลือกประเภทความเสียหายของผิวทางและเลือกปุ่ม “เลือกข้อกำหนด”



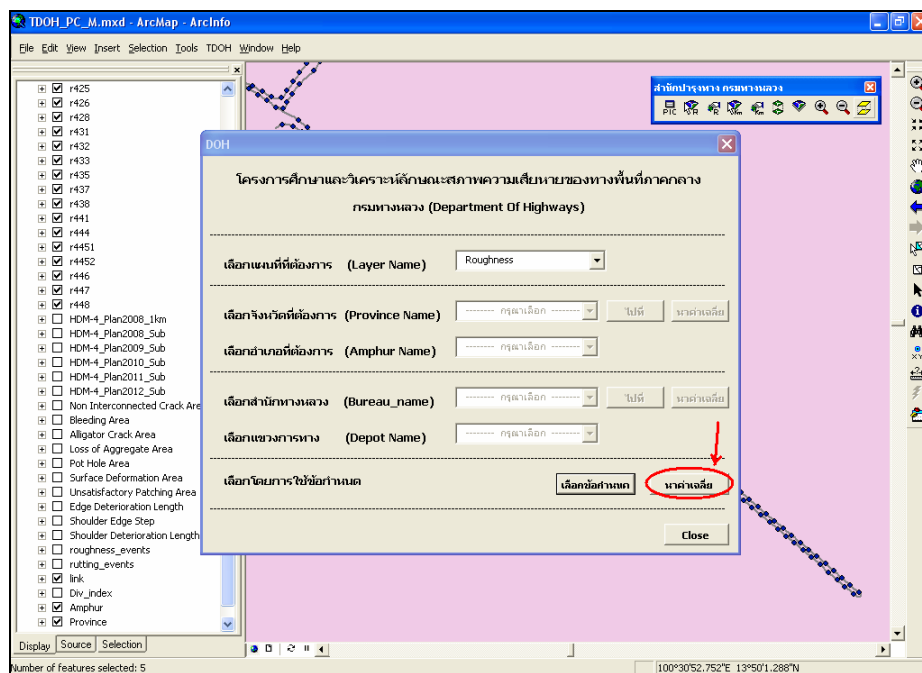
ภาพผนวกที่ ข31 หน้าต่าง “Select By Attributes”



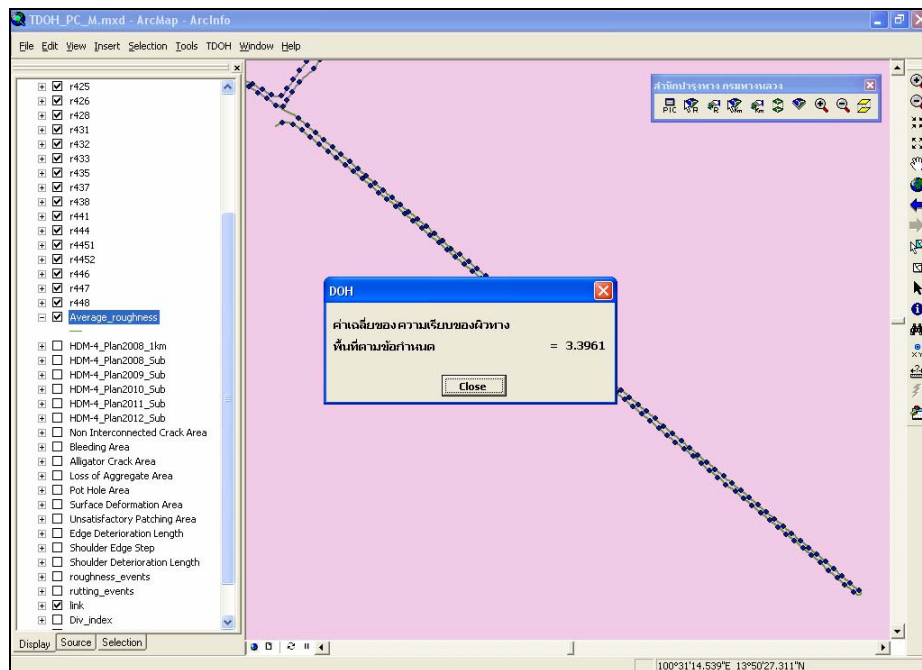
ภาพผนวกที่ ข32 ผู้ใช้เลือกประเภทของความเสียหายอีกครั้ง



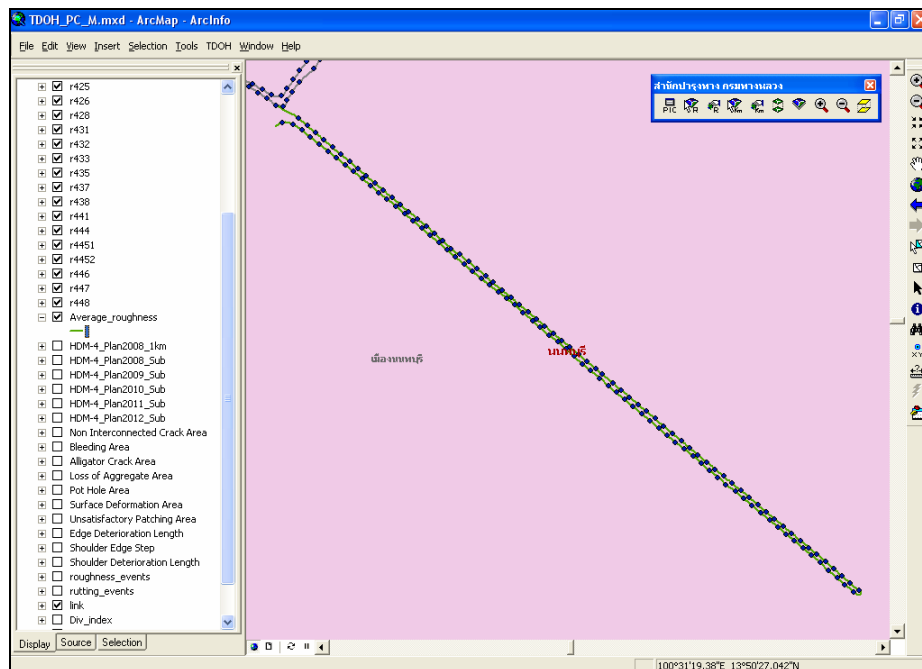
ภาพผนวกที่ ข33 ผู้ใช้ได้ข้อกำหนดโดยใช้ภาษา SQL



ภาพผนวกที่ ข34 หาค่าเฉลี่ยโดยเลือกปุ่ม “หาค่าเฉลี่ย”



ภาพผนวกที่ ข35 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก



ภาพผนวกที่ ข36 พื้นที่ตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายอรรถพันธ์ อภัยฤทธิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 15 พฤศจิกายน 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-