การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์

นางสาวนลินี พรหมสาขา ณ สกลนคร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

STUDY AND DEVELOPMENT OF PROGRAM TOOL FOR MEASURING POSITIONAL ACCURACY OF LINEAR GEOGRAPHIC DATA

Miss Nalinee Promsakha Na Skonnakorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

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

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์
โดย	นางสาวนลินี พรหมสาขา ณ สกลนคร
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ ทินนโชติ)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ธราวุธ ทิพย์เดโช)

นลินี พรหมสาขา ณ สกลนคร : การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์. (STUDY AND DEVELOPMENT OF PROGRAM TOOL FOR MEASURING POSITIONAL ACCURACY OF LINEAR GEOGRAPHIC DATA) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร ชนินทร์ ทินนโชติ 81 หน้า.

สืบเนื่องจากการขยายตัวของการพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบ GIS ที่กว้างขวางและเข้มข้นขึ้นอย่างมากในประเทศไทย จึงได้มีการให้ความสำคัญกับคุณภาพข้อมูลภูมิสารสนเทศมากขึ้น โดยเฉพาะความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูล อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานข้อมูล GIS เริ่มพบว่าแนวทางการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลโดยวัดเฉพาะจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน ซึ่งใช้กันอยู่โดยทั่วไปนั้นอาจไม่ละเอียดเพียงพออีกต่อไป จึงเกิดความต้องการโปรแกรมเครื่องมือช่วยในการวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นทางภูมิศาสตร์ ที่มีการวัดความคลาดเคลื่อนของทุก ๆ ส่วนของเส้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นทางภูมิศาสตร์แนวทางต่าง ๆ ได้แก่ การวัดระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก การวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งด้วยวิธีบัฟเฟอร์อย่างง่าย และการวัดค่าเฉลี่ยรากที่สองของระยะระหว่างคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งเชิงเส้นที่เท่ากัน และได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือขึ้นช่วยวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นตาม 3 แนวทางดังกล่าวได้แบบอัตโนมัติ นอกจากนั้น ยังได้ทำการพัฒนาปรับปรุงโปรแกรมเครื่องมือวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเฉลี่ยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ ซึ่งได้ถูกพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเปลี่ยนมาใช้การประมวลผลข้อมูลแบบราสเตอร์ด้วย โปรแกรมเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นทั้งหมด ได้ถูกตรวจสอบความถูกต้องของค่าผลลัพธ์ที่ได้ รวมทั้งประสิทธิภาพในการทำงานว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริงกับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศทั่วไปได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือยังไม่สามารถจับคู่เส้นในชุดข้อมูลทดสอบและชุดข้อมูลอ้างอิงได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งหากได้มีการพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมขึ้นในอนาคต ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้ที่เกี่ยวข้องที่จะนำไปเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2554..... .....

5170349021 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING
KEYWORDS : BUFFER-OVERLAY-STATISTICS (BOS)/ POSITIONAL ACCURACY/ WELL-DEFINED POINT

NALINEE PROMSAKHA NA SKONNAKORN : STUDY AND DEVELOPMENT OF PROGRAM TOOL FOR MEASURING POSITIONAL ACCURACY OF LINEAR GEOGRAPHIC DATA. ADVISOR : ASSOC.PROF CHANIN TINNACHOTE PH.D. , 81 pp.

As the advance and intensiveness of the GIS applications being developed and used in Thailand, the quality of those geo-spatial data is coming into spot light. Among other data quality components, positional accuracy is the primary concerns for most of the GIS users. However, increasing number of those users has found that the conventional positional accuracy based only on the positional error of well-defined points is not sufficient anymore. There are the needs for program tools which can help measuring positional errors of line type geographic datasets which reflect the error of all portion of the line. This thesis has then aimed at studying various approaches on measuring positional accuracy of line dataset. This includes: positional error based on the Hausdorff distance with weight; positional accuracy based on simple buffering; and the measurement of the RMSE of the point-pairs with equal linear referencing positions on the compared lines. In addition, the existing program tools for measuring average positional error distances based on the Buffer-Overlay-Statistics methods has been enhanced by replacing vector buffering and overlay processes with raster processing. All the program tools which were developed had been tested for their correct results and also their efficiency which ensure they can be used with real datasets. To make them even more useful, the program tools should, however, be anhanced with the capability of automated corresponded line matching.

Department : Survey Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยนี้แก่ข้าพเจ้า รวมถึงคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล และดร.ธราวุธ ทิพย์เดโช ที่ได้เสียสละเวลาในการเข้าร่วมอภิปรายผลงานศึกษาวิจัยและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณสุคณิศร์ สกาวรัตนานนท์ และคุณพชร เจริญวัฒนะตระกูล สำหรับความช่วยเหลือด้านการเขียนโปรแกรม

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และให้กำลังใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอมอบความดีของวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแด่บิดา มารดา ญาติพี่น้องและคณาจารย์ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จ พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมในภายภาคหน้าสืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 หลักการและองค์ประกอบคุณภาพข้อมูลภูมิศาสตร์ตามมาตรฐาน ISO19113..... 4

2.1.1 Data Quality Elements..... 4

2.1.2 Data Quality Overview Elements..... 5

2.2 ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positional Accuracy)..... 5

2.3 การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุด..... 5

2.4 การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้น..... 7

2.4.1 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยวัดจากจุดปลายของเส้น..... 7

2.4.2 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยใช้คู่จุด vertex..... 7

2.4.3 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน..... 8

หน้า

2.4.4 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยการจับคู่จุดที่อยู่บนเส้นอย่างมีเงื่อนไข..... 9
2.4.5 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟ (Hausdorff distance : HD)..... 9
2.4.6 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก (Hausdorff with weight : HDW)..... 11
2.4.7 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะบัฟเฟอร์..... 12
2.4.8 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (Buffer-overlay-statistics : BOS)..... 13
2.5 โปรแกรมเครื่องมือ GIS Data Reviewer ของซอฟต์แวร์ ArcGIS..... 18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 20
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 20
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้..... 20
3.3 การพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือ..... 21
3.3.1 โปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์..... 22
3.3.2 โปรแกรมเครื่องมือระยะบัฟเฟอร์และระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก..... 27
3.3.3 โปรแกรมเครื่องมือวัดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน..... 28
บทที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของโปรแกรม..... 30
4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ..... 30
4.2 การทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือ..... 32
4.2.1 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์..... 32
4.2.2 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟ..... 35
4.2.3 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีบัฟเฟอร์..... 36
4.2.4 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน..... 37

หน้า

4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากโปรแกรมเครื่องมือทั้งหมด..... 37
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 41
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 41
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 43
รายการอ้างอิง..... 44
ภาคผนวก..... 46
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 81

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งต่างๆ.....	16
ตารางที่ 2.2	แสดง Data Reviewer Checks ของ ESRI.....	18
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์.....	33
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟ 50%.....	35
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการทดสอบวิธีระยะบัฟเฟอร์ 95%.....	36
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการทดสอบวิธีวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน.....	39
ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงผลเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีการวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง.....	39

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	แสดงการวัดความถูกต้องของจุด.....	5
ภาพที่ 2.2	แสดงการวัดค่าคลาดเคลื่อนจากการจับคู่จุดภายในเส้นที่อยู่ใกล้กันที่สุด.....	7
ภาพที่ 2.3	แสดงตัวอย่างจุดที่ใช้จับคู่เส้น 2 เส้น	8
ภาพที่ 2.4	แสดงการจับคู่จุดโดยการ project จุดบนเส้นแบบมีเงื่อนไข.....	9
ภาพที่ 2.5	แสดงการหาระยะเฮาส์ดอร์ฟ d(B,A) และ d(A,B).....	10
ภาพที่ 2.6	แสดงโครงสร้างการหาระยะเฮาส์ดอร์ฟ.....	10
ภาพที่ 2.7	แสดงระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 0.5 ระหว่างเส้น A และ B.....	11
ภาพที่ 2.8	แสดงการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งด้วยวิธีบัฟฟอร์.....	12
ภาพที่ 2.9	แสดงพื้นที่ต่างๆของรูปหลายเหลี่ยมซึ่งเกิดจากการวางซ้อน.....	13
ภาพที่ 2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย กับ ขนาดบัฟเฟอร์.....	14
ภาพที่ 3.1	แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์.....	22
ภาพที่ 3.2	แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์.....	23
ภาพที่ 3.3	หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์.....	24
ภาพที่ 3.4	หน้าต่างแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE.....	25
ภาพที่ 3.5	หน้าต่างสำหรับเลือกกราฟแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE.....	25
ภาพที่ 3.6	หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์.....	26
ภาพที่ 3.7	การทำงานของโปรแกรมวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน.	28
ภาพที่ 3.8	หน้าต่างโปรแกรมวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน.....	29
ภาพที่ 4.1	เส้นถนนสายหลักภายในจังหวัดนครปฐม.....	30
ภาพที่ 4.2	แสดงข้อมูลเส้นการวางซ้อนเส้นถนนสายหลักของจังหวัดนครปฐม.....	31
ภาพที่ 4.3	ข้อมูลเส้นเดี่ยว.....	31
ภาพที่ 4.4	ชุดข้อมูลเส้น.....	32
ภาพที่ 4.5	แสดงการทำบัฟเฟอร์ของข้อมูลเส้นเดี่ยว.....	34

หน้า

ภาพที่ 4.6 แสดงการทำบัฟเฟอร์ชุดข้อมูลเส้น..... 34
ภาพที่ 4.7 แสดงตัวอย่างกราฟระหว่างระยะบัฟเฟอร์กับ DE..... 34
ภาพที่ 4.8 แสดงการตรวจสอบเงื่อนไขของชุดข้อมูลเส้น..... 37
ภาพที่ 4.9 แสดงจุดที่ใช้ในการหาค่า RMSE ของชุดข้อมูลเส้น..... 37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศขึ้นอย่างมากในประเทศไทย ทั้งในหน่วยงานของภาครัฐและเอกชน พร้อมทั้งได้มีการพัฒนาระบบ GIS เพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยงาน จากการขยายตัวของการประยุกต์ใช้งาน GIS อย่างแพร่หลาย จึงมีการให้ความสนใจความสำคัญของคุณภาพข้อมูลมากขึ้นกว่าเดิม คุณภาพข้อมูลภูมิสารสนเทศประกอบด้วยคุณภาพหลายด้านในมาตรฐาน ISO19113 มีเนื้อหาที่อธิบายถึงหลักการพื้นฐานของคุณภาพข้อมูลภูมิศาสตร์และกำหนดองค์ประกอบของคุณภาพข้อมูลที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ ความครบถ้วนของข้อมูล ความสม่ำเสมอทางตรรกะ ความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง ความละเอียดถูกต้องทางเวลาและความละเอียดถูกต้องของข้อมูลอรรถาธิบาย (ISO19113, 2002) แต่องค์ประกอบคุณภาพของข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ คือ ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ดังนั้น การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ดีจึงมีความจำเป็นต่อการประยุกต์ในการใช้งานจากข้อมูลเหล่านั้น

การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ปฏิบัติอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน คือการวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน (well-defined points) จำนวนหนึ่งในชุดข้อมูลนั้นแล้วใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของจุดเหล่านั้นเป็นตัวแทนคุณภาพของทั้งชุดข้อมูล อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มว่าผู้ใช้ต้องการการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ละเอียดกว่าค่าที่ได้จากการวัดจุด well-define ดังกล่าว ที่ผ่านมา จึงได้มีการคิดค้นพัฒนาวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลภูมิสารสนเทศไว้หลายวิธี เช่น การวัดด้วยวิธีวัดระยะเฮาส์ดอร์ฟ (Hausdorff distance) วิธีบัฟเฟอร์ (Buffer) และวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (Buffer-overlay-statistics) (อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช ,2549: 87) เป็นต้น ซึ่งวิธีการวัดแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันไป เพื่อให้สามารถนำวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งเหล่านั้นมาใช้งานผู้ใช้ต้องการโปรแกรมเครื่องมือที่สะดวกในการใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลของตน และสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ ถึงแม้จะเป็นที่ต้องการโดยผู้ใช้งานจำนวนมาก แต่ก็ไม่พบว่ามีโปรแกรมเครื่องมือสำหรับวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ที่เผยแพร่หรือแม้แต่จำหน่ายให้ผู้ใช้ทั่วไป โปรแกรมเครื่องมือ Data Reviewer ที่มีเผยแพร่เป็น extension หนึ่งของซอฟต์แวร์ ArcGIS นั้นก็ไม่มีฟังก์ชั่นสำหรับวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแต่อย่างใด รวมทั้งไม่พบฟังก์ชั่นดังกล่าวใน

ซอฟต์แวร์ GIS อื่น ๆ ด้วย จะมีก็เพียงโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย เช่น อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช (2549) ได้พัฒนาโปรแกรมเครื่องมือบนซอฟต์แวร์ ArcGIS สำหรับวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง ด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ และ Tinnachote (2006) ได้พัฒนาโปรแกรมเครื่องมือบนซอฟต์แวร์ ArcView ที่สามารถใช้วัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งด้วยวิธีการจับคู่จุดโดยการประมาณค่าตำแหน่งเชิงเส้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการศึกษาแนวทาง/วิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง วิธีการต่าง ๆ ที่ได้มีการคิดค้นไว้ นำมาออกแบบพัฒนาเป็นโปรแกรมเครื่องมือวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่สามารถทำงานได้บนซอฟต์แวร์ ArcGIS และสามารถใช้งานได้จริงโดยผู้ใช้ทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 รวบรวม ศึกษาแนวทาง/วิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือในการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้น โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมเสริม (Extension) บนซอฟต์แวร์ ArcGIS

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นเวกเตอร์เท่านั้น

1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.3.2.1 ชุดข้อมูลอ้างอิง : ข้อมูลเส้นถนนจังหวัดนครปฐม มาตราส่วน 1:4,000 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

1.3.2.2 ชุดข้อมูลทดสอบ : ข้อมูลเส้นถนนจังหวัดนครปฐม มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.3.2.3 ชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือ

1.3.3 ชุดข้อมูลเส้นในที่นี้ หมายถึงชุดข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์ที่เกิดจากวัตถุเดียวกันและอยู่บนพื้นที่เดียวกัน โดยวัดความถูกต้องของชุดข้อมูลที่มาจากแหลงต่างกัน โดยชุดข้อมูลเส้นจะหมายถึงข้อมูลเส้นถนนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

1.3.4 ใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS และใช้ภาษา Visual Basic.Net ในการพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ศึกษาแนวทาง/วิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.4.2 ได้โปรแกรมเครื่องมือในการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้น ที่พัฒนาเป็นโปรแกรมเสริม (Extension) บนซอฟต์แวร์ ArcGIS

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS และการเขียนภาษา Visual Basic.Net ในตอนต้นเพื่อศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือ

1.5.3 ออกแบบโปรแกรมเครื่องมือสำหรับการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลภูมิศาสตร์ โดยพัฒนาเครื่องมือเป็น extension บน โปรแกรม ArcGIS มีรายละเอียดดังนี้

1.5.3.1 สามารถอ่านข้อมูลที่จะนำมาเปรียบเทียบได้ โดยแสดงกราฟฟิกของการวัดเช่น สร้าง จุด เส้น polygon หรือ แสดงการซ้อนทับกันของข้อมูล

1.5.3.2 ผู้ใช้สามารถกำหนดค่า parameter และสามารถเลือกวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งชนิดที่ต้องการได้เอง

1.5.3.3 คำนวณและแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูล

1.5.3.4 แสดงรายละเอียดการวัดค่าคลาดเคลื่อนต่างๆ ออกมาในรูปของกราฟหรือตารางที่สามารถเข้าใจได้ง่ายจากการคำนวณของโปรแกรม

1.5.4 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือ

1.5.4.1 ทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือด้วยชุดข้อมูลที่จัดเตรียมไว้

1.5.4.2 ทดสอบโปรแกรมเครื่องมือกับข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์จริง

1.5.5 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและองค์ประกอบคุณภาพข้อมูลภูมิศาสตร์ตามมาตรฐาน ISO19113

ตามหลักการในมาตรฐาน ISO19113 นั้น คุณภาพของข้อมูลภูมิศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการที่ข้อมูลเป็นตัวแทนที่ดี ที่ละเอียดและถูกต้องของความเป็นจริงทางภูมิศาสตร์ จึงได้กำหนดกรอบโครงสร้าง สำหรับองค์ประกอบของคุณภาพข้อมูลภูมิศาสตร์ โดยจำแนกรายการองค์ประกอบคุณภาพข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ Data Quality Elements และ Data Quality Overview Elements

2.1.1 Data Quality Elements เป็นองค์ประกอบคุณภาพที่มีลักษณะเป็นค่าเชิงปริมาณที่อธิบายว่าข้อมูลในชุดข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพียงไร และค่าคุณภาพดังกล่าวตรงตามคุณภาพที่ได้กำหนดไว้ในข้อกำหนดผลิตภัณฑ์เพียงใด โดยได้ระบุองค์ประกอบคุณภาพประเภทนี้ไว้ 5 รายการ พร้อมกับองค์ประกอบย่อยที่เรียกว่า data quality subelements ได้แก่

- Completeness หรือความครบถ้วนของข้อมูล ประกอบด้วย commission และ omission
- Logical consistency หรือความสอดคล้องทางตรรกะ ประกอบด้วย conceptual consistency, domain consistency, format consistency และ topological consistency
- Positional accuracy หรือความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง ประกอบด้วย absolute or external accuracy, relative or internal accuracy และ gridded data position accuracy
- Temporal accuracy หรือความละเอียดถูกต้องเชิงเวลา ประกอบด้วย accuracy of a time measurement, temporal consistency และ temporal validity
- Thematic accuracy หรือความละเอียดถูกต้องเชิงข้อมูลเฉพาะ ประกอบด้วย classification correctness, non-quantitative attribute correctness และ quantitative attribute accuracy

2.1.2 Data Quality Overview Elements เป็นองค์ประกอบคุณภาพแบบที่ไม่เป็นค่าเชิงปริมาณ (Non-quantitative quality) มีลักษณะเป็นข้อมูลทั่วๆไป ซึ่งบรรยายคุณลักษณะอันเกี่ยวเนื่องกับคุณภาพของชุดข้อมูล ISO19113 ระบุรายการคุณภาพประเภทนี้ไว้ 3 รายการ ได้แก่

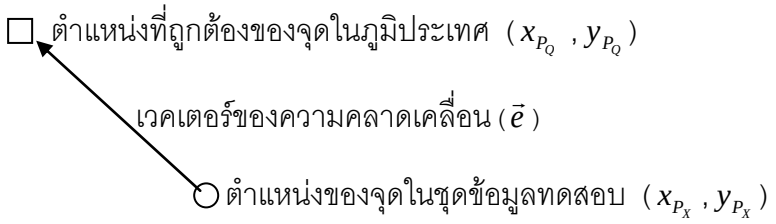
- Purpose หรือวัตถุประสงค์ในการจัดสร้างชุดข้อมูล
- Usage หรือลักษณะการใช้งานจริงที่เกิดขึ้น
- Lineage หรือประวัติความเป็นมาของชุดข้อมูล

2.2 ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positional Accuracy)

การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์เป็นการชี้ถึงการเปรียบเทียบทางตำแหน่งของข้อมูลกับตำแหน่งจริงหรืออ้างอิง โดยที่ชุดข้อมูลต่างๆในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะแสดงด้วย จุด เส้น และรูปปิด เพื่อใช้เป็นตัวแทนวัตถุต่างๆในภูมิประเทศ การวัดความถูกต้องของวัตถุแต่ละประเภทจึงมีความแตกต่างกันตามลักษณะของข้อมูล แต่ยังคงใช้พื้นฐานจากการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุด ดังนั้น จึงจะเริ่มอธิบายจากเรขาคณิตของการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุด และต่อด้วยการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้น ในส่วนของการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของรูปปิด สามารถใช้การวัดความถูกต้องของเส้นรอบรูปของรูปปิดแทนได้

2.3 การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุด

สามารถแสดงโดยการวัดระยะระหว่างตำแหน่งของจุดทดสอบกับตำแหน่งที่ถูกต้องของจุดเดียวกันในภูมิประเทศ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงการวัดความถูกต้องของจุด

Error vector หรือ Deviation vector ($\vec{e}$) ก็คือ เวกเตอร์ของจุดบนเส้นอ้างอิง (p_Q) ไปยังจุดบนเส้นทดสอบ (p_X) ที่เป็นคู่จุดที่สัมพันธ์ตรงกัน และสามารถหาระยะทางระหว่างจุดได้ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

$$\vec{e} = \overrightarrow{p_X - p_Q} \quad (2.1)$$

$$|e| = \sqrt{(x_{P_X} - x_{P_Q})^2 + (y_{P_X} - y_{P_Q})^2} \quad (2.2)$$

เมื่อ $\vec{e}$ คือ เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

p_Q คือ ตำแหน่งของชุดข้อมูลอ้างอิงหรือตำแหน่งจริงในภูมิประเทศ

p_X คือ ตำแหน่งของจุดในชุดข้อมูลทดสอบ

$x_{P_X} - x_{P_Q}$ คือ ผลต่างพิกัดทางแกน x ของจุดบนเส้นอ้างอิงและเส้นทดสอบ ตามลำดับ

$y_{P_X} - y_{P_Q}$ คือ ผลต่างพิกัดทางแกน y ของจุดบนเส้นอ้างอิงและเส้นทดสอบ ตามลำดับ

ค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของจุดก็คือ ระยะทางระหว่างจุดทั้งสองนี้เอง สำหรับการวัดจุดจำนวน N จุด (i = 1, 2, 3,..., N) โดยวิธีการนี้สามารถหาค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้โดยใช้ Mean square error และ Root Mean Square Error (RMSE) ดังแสดงในสมการที่ 2.3 และ 2.4

$$\text{Mean error vector } (\vec{e}) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(p_{X_i} - p_{Q_i}) \quad (2.3)$$

$$\text{Root mean square error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(p_{X_i} - p_{Q_i})^2}{N}} \quad (2.4)$$

เมื่อ i คือ คู่จุดที่ 1,2,3,...N

N คือ จำนวนคู่จุดทั้งหมด

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่โดยทั่วไปจะมาจากค่าของจุด well-define ค่าของจุดเหล่านี้จะถูกวัดและคำนวณเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ค่าความถูกต้องของแผนที่นั้นๆ ซึ่งวิธีการนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในผู้ใช้งานทั่วไป โดยจะ ใช้ค่าพิกัด (x , y (,z)) เป็นตัวแทนของสิ่งๆต่าง วิธีการหา

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดนั้น มีหลายวิธี ตัวอย่างเช่น การใช้สถิติค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน Standard deviation และ Root Mean Square Error เป็นต้น

2.4 การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้น

การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นนี้มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าวัตถุที่เป็นจุด เนื่องจากเส้นเกิดจากจุดหลายจุดเชื่อมต่อกันซึ่งทำให้เกิดลักษณะรูปร่างของเส้นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้น ได้มีผู้เสนอแนวคิดไว้หลายวิธี ได้แก่

2.4.1 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยวัดจากจุดปลายของเส้น (Tveite และ Langaas, 1995) วิธีการนี้สามารถใช้ในการหาค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นได้โดยวัดเพียงความคลาดเคลื่อนของจุดปลายทั้งสองของเส้นแต่ละเส้น ทั้งนี้ โดยมีสมมติฐานว่าจุดปลายของเส้นทั้งสองเป็นตัวแทนของตำแหน่งเดียวกันในภูมิศาสตร์ ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่วัดจากวิธีนี้ยังไม่สามารถสะท้อนค่าคลาดเคลื่อนเชิงของจุดอื่นๆภายในเส้นได้

2.4.2 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยใช้คู่จุด vertex โดยวัดจากจุดต้นจุดปลายของเส้น Tveite และ Langaas (1995) ได้เสนอวิธีการอย่างง่ายในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของจุดต่างๆบนเส้น โดยใช้การวัดเฉพาะจุด vertex ของเส้น โดยพิจารณาจุด vertex ทุกจุดในเส้นและให้จุด vertex ที่อยู่ใกล้กันมากที่สุดนั้นจับคู่กัน แสดงวิธีการจับคู่จุด vertex ด้วยภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 แสดงการวัดค่าคลาดเคลื่อนจากการจับคู่จุดภายในเส้นที่อยู่ใกล้กันที่สุด
(ที่มา : Tveite and Langaas, 1995)

ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถหาค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งออกมาได้ง่าย แต่ยังไม่เหมาะสมในการนำมาใช้หาค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในเส้นทางจริงในธรรมชาติได้ เช่น แม่น้ำ

หรือเส้นชั้นความสูง เนื่องจาก ข้อมูลเส้นประเภทดังกล่าว จุด vertex เป็นเพียงจุดที่ถูกเลือกในการบันทึกตำแหน่งของเส้น

2.4.3 **วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน (Linear Referenced Position: LFP)** (Goodchild et al, 1995) หรือ วิธีการจับคู่จุดโดยการประมาณค่าตำแหน่งเชิงเส้น เป็นการวัดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งระหว่างคู่จุดที่มีตำแหน่งเชิงเส้นอ้างอิงเท่ากัน เป็นการจับคู่จุดที่สอดคล้องกัน โดยจุดที่จะนำมาจับคู่ อยู่ในตำแหน่งของเส้นที่มีระยะทางที่เท่ากัน ซึ่งตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้น คือ สัดส่วนระยะทางจากจุดต้นของเส้นไปยังจุดใดๆ เทียบกับความยาวของเส้น โดยมีกระบวนการ แสดงดังภาพที่ 2.3

ขั้นตอนที่ 1 ระบุจุด หัว-ท้าย โดยจุด A_1, $B_1 = 0$ และ จุด A_2, $B_2 = 1$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณระยะทางจากจุดเริ่มต้นเส้นไปยังแต่ละจุด vertex ภายในเส้น A

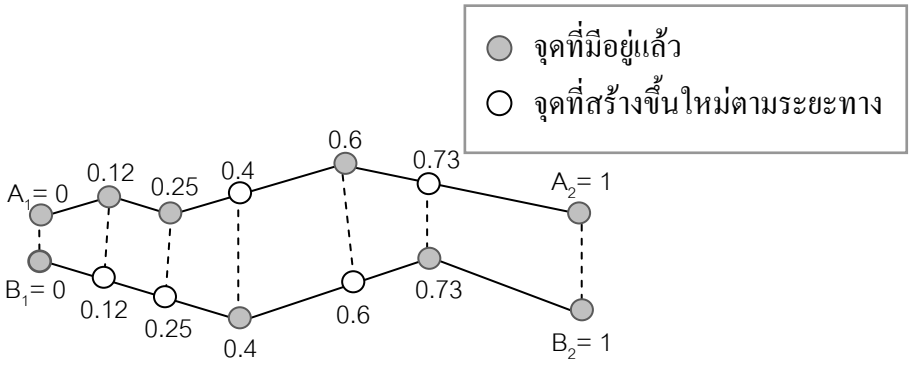
ขั้นตอนที่ 3 สร้างจุดบนเส้น B ที่มีค่าตำแหน่งเชิงเส้นอ้างอิงเท่ากับแต่ละจุด vertex ของเส้น A

ขั้นตอนที่ 4 ทำขั้นตอนที่ 2 และ 3 อีกครั้งโดยสลับเส้น A กับเส้น B

ขั้นตอนที่ 5 เรียงลำดับคู่จุด vertex ด้วยอัตราส่วนที่คำนวณได้ โดยเรียงจากค่าน้อยไปหาค่ามาก

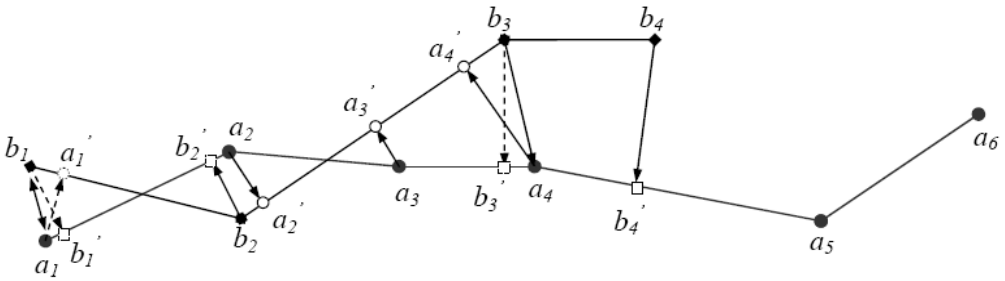
ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาระยะทางระหว่างคู่จุด vertex ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้นได้จากวิธี Root Mean Square Error ตามสมการที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างจุดที่ใช้จับคู่เส้น 2 เส้น

2.4.4 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยการจับคู่จุดที่อยู่บนเส้นอย่างมีเงื่อนไข (Tinnachote, 2006: 103) เป็นการจับคู่ระหว่างจุด vertex เดิมกับจุดตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดบนเส้นที่ใช้เปรียบเทียบ ซึ่งการ project จุดแบบมีเงื่อนไขนี้ใช้คู่จุดต่างๆในการคำนวณหาค่าคลาดเคลื่อนของเส้น ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงการจับคู่จุดโดยการ project จุดบนเส้นแบบมีเงื่อนไข
(ที่มา : Tinnachote, 2006: 103)

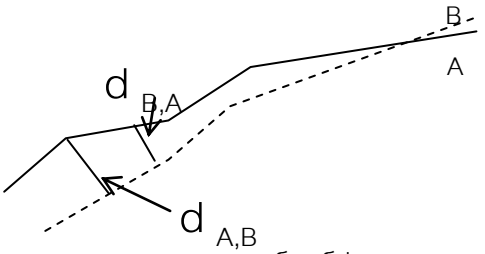
2.4.5 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟ (Hausdorff distance: HD) Tsoulos and Skopeliti (2000) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีนี้สามารถใช้ในการวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งได้ โดยเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของเส้นด้วยการวัดระยะเฮาส์ดอร์ฟ ระหว่างเซตของจุดบนเส้น A กับเซตของจุดบนเส้น B

จากคำนิยาม Hausdorff distance โดย NIST (National Institute of Standards and Technology .USA) สรุปได้ว่า ระยะเฮาส์ดอร์ฟ หมายถึง ระยะที่มากที่สุดของชุดข้อมูลไปยังจุดที่ใกล้ที่สุดของอีกชุดข้อมูลหนึ่ง ซึ่งระยะเฮาส์ดอร์ฟจากเซต A ไป เซต B คือ ระยะที่น้อยที่สุดระหว่างระยะที่มากที่สุดจากเซตของจุดบนเส้น A ไปยังเส้น B กับ เซตของจุดบนเส้น B ไปยังเส้น A (Tinnachote, 2006: 103) อธิบายได้ด้วยสมการที่ 2.5

$$h(A,B) = \max\left\{\min_{a \in A,\ b \in B}\{d(a,b)\}\right\} \tag{2.5}$$

เมื่อ a และ b เป็นจุดของเซต A และ B

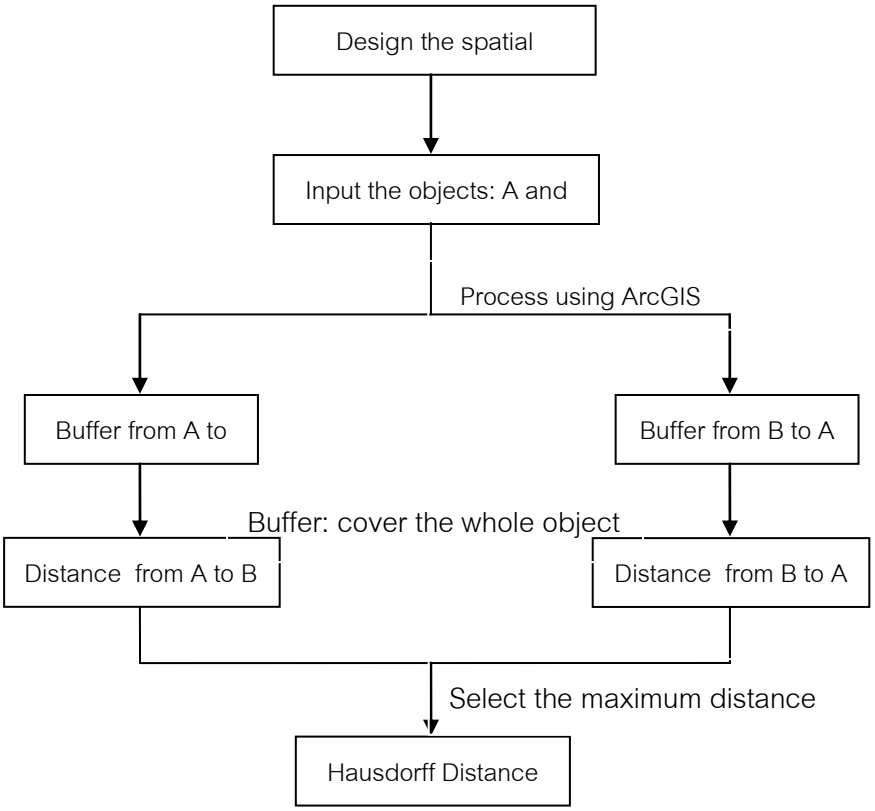
d เป็นระยะทางระหว่างจุด



ภาพที่ 2.5 แสดงการหาระยะเฮาส์ดอร์ฟ d(B,A) และ d(A,B)

(ที่มา : Tsoulos and Skopelit, 2000)

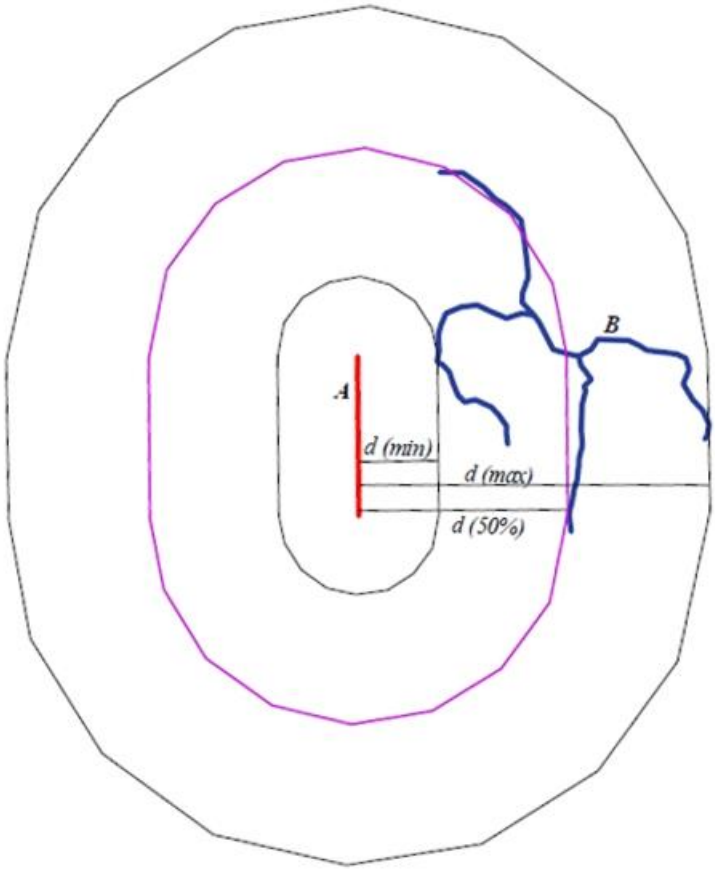
ขั้นตอนการประมวลผลเพื่อหาระยะเฮาส์ดอร์ฟระหว่าง 2 วัตถุด้วยโปรแกรม ArcGIS แสดงได้ดังภาพที่ 2.5 (Shi Liang, 2008: 57)



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างการหาระยะเฮาส์ดอร์ฟ (ที่มา: Shi Liang, 2008: 57)

ประโยชน์ของการใช้ระยะเฮาส์ดอร์ฟในการวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งคือ สามารถใช้ในวัตถุรูปแบบที่ต่างกันได้ เช่น จุด เส้น พื้นที่ เป็นต้น และวิธีการนี้ยังแสดงถึงความแตกต่างของเส้น 2 เส้น จากการพิจารณาจุดทุกๆจุดที่เป็นส่วนหนึ่งของเส้น ไม่ได้พิจารณาเฉพาะจุด vertex เพียงอย่างเดียว

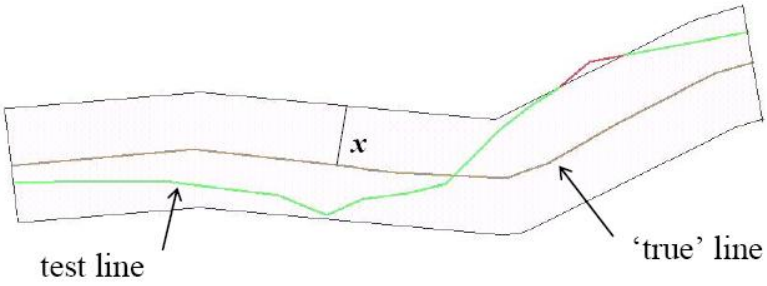
2.4.6 **วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก** (Hausdorff distance with weight: HDW) วิธีการนี้เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนด้วยการวัดระยะเฮาส์ดอร์ฟที่มีการถ่วงน้ำหนัก โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น Niu and Chen (2003) เสนอแนวคิดไว้ว่า การหาระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนักจะช่วยลดข้อจำกัดของระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบปกติซึ่งเป็นระยะที่วัดไปถึงส่วนที่อยู่ห่างที่สุดของเส้น แต่มิได้สะท้อนรูปร่างของเส้นที่อยู่ภายในเส้นนั้นๆ เพื่อที่จะเข้าใจแนวคิดนี้มากยิ่งขึ้น Tinnachote (2006) ได้เสนอตัวอย่าง การหาระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 0.5 จากเส้น B ไปยังเส้น Aซึ่งสามารถหาได้จาก ขนาดของระยะบัฟเฟอร์จากเส้น A ที่ครอบคลุมความยาวของเส้น B อยู่ 50% แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 0.5 ระหว่างเส้น A และ B

(Tinnachote, 2006: 103)

2.4.7 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะบัฟเฟอร์ Goodchild และ Hunter (1997) ใช้การสร้างรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์ซึ่งมีขนาดกว้าง x ออกจากเส้นอ้างอิง เพื่อให้ครอบคลุมความยาวส่วนใหญ่ของเส้นทดสอบ (มักใช้ค่าร้อยละ 90 หรือ 95 ของความยาวของเส้นทดสอบ) ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งด้วยวิธีบัฟเฟอร์
(ที่มา : Tinnachote, 2006: 103)

วิธีนี้ต้องการหาขนาดบัฟเฟอร์ x ที่ทำให้เปอร์เซ็นไทล์ของเส้นทดสอบ อยู่ภายในรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์ที่ต้องการซึ่งอาจจะเป็น 90 หรือ 95 เปอร์เซ็นและใช้ค่าขนาดบัฟเฟอร์ x ที่ได้เป็นค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง กระบวนการวนซ้ำของวิธีการนี้แสดงได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้ $x_o = 0$ และ $p_o = 0$ ให้เปอร์เซ็นไทล์ที่ต้องการมีค่าเท่ากับ y ระยะบัฟเฟอร์เริ่มต้นเท่ากับ x_1 และกำหนดให้ i = 1

ขั้นตอนที่ 2 สร้างรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์ซึ่งมีความกว้างเท่ากับ x_i รอบเส้นอ้างอิงและคำนวณสัดส่วนของเส้นทดสอบที่อยู่ในรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์ต่อความยาวทั้งหมดของเส้นทดสอบ (p_i) ซึ่งหาก $|p_i - y| < 0.001$ ให้หยุดกระบวนการ

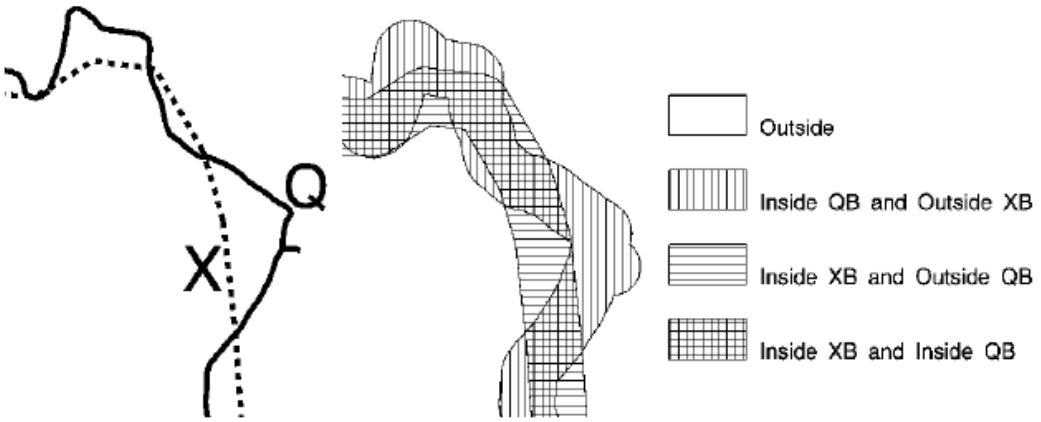
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าประมาณใหม่ของ x โดยอาศัยการประมาณเชิงเส้นกับฟังก์ชันของ p ตามสมการที่ 2.6

$$x_i + 1 = \frac{(y - p_{i-1})(x_i - x_{i-1})}{(p_i - p_{i-1})} + x_{i-1} \qquad (2.6)$$

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดให้ $i = i+1$ และกลับไปเริ่มทำใหม่จาก ขั้นตอนที่ 2

การสร้างรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์เพื่อให้ครอบคลุมความยาวเส้นทดสอบร้อยละ 90 หรือร้อยละ 95 ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนใหญ่ เป็นการใช้หลักการทางสถิติที่คาดว่าความผิดพลาดขนาดใหญ่มักมีอยู่น้อยหรืออาจมีอยู่เพียงร้อยละ 5 ถึง 10 ของข้อมูลที่มีการกระจายแบบโค้งปกติ จึงทำให้วิธีการนี้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดขนาดใหญ่ซึ่งเกิดกับวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟและแสดงค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดของข้อมูลส่วนใหญ่

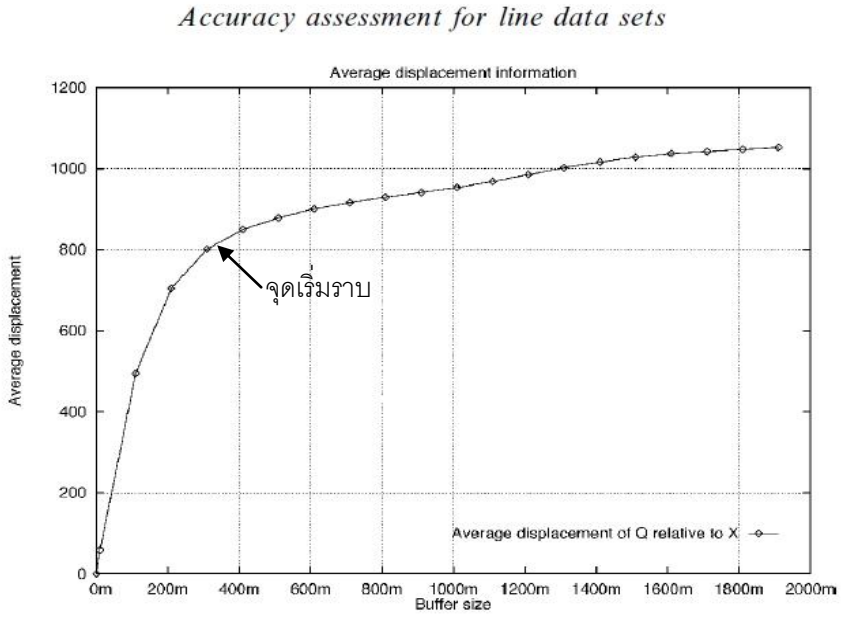
2.4.8 วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (Buffer-overlay-statistics: BOS) (Tveite และ Langaas, 1999 อ้างถึงใน อติชาติ, 2549 : 87) เป็นการหาการกระจัดเฉลี่ย (Average displacement : DE) หรือความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Average error) ที่เกิดจากการวางซ้อนกันของรูปหลายเหลี่ยมของบัฟเฟอร์รอบเส้นอ้างอิงหรือเส้นที่มีความถูกต้องสูงกว่า (QB) และเส้นทดสอบ (XB) คำนวณค่าสถิติของพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมต่างๆที่เกิดจากการวางซ้อน ซึ่งเป็นการวนซ้ำ (iteration) และพล๊อตกราฟระหว่างขนาดบัฟเฟอร์กับการกระจัดเฉลี่ย (DE) ที่ได้จากการวนซ้ำแต่ละครั้ง ลักษณะของกราฟจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งขนาดบัฟเฟอร์ถึงการกระจัดเฉลี่ยหรือค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (average error) ของเส้นแล้วกราฟจึงจะเริ่มราบแสดงตามภาพที่ 2.9 ซึ่งวิธีนี้ได้มีการจัดทำโปรแกรมเครื่องมือมาเพื่อใช้งานได้แล้วในปัจจุบัน



ภาพที่ 2.9 แสดงพื้นที่ต่างๆของรูปหลายเหลี่ยมซึ่งเกิดจากการวางซ้อน
(ที่มา : Tveite and Langaas, 1999)

การพล๊อตกราฟจะทำตามสมการ 2.7

$$DE = 2bs \ \frac{Area(\overline{XB} \cap QB)}{Area(XB)} \qquad (2.7)$$



ภาพที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย กับ ขนาดบัฟเฟอร์

(ที่มา : Tveite and Langaas, 1999)

เนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่หาได้จากสมการที่ 2.7 นั้นเป็นค่าระยะที่คำนวณได้จากการซ้อนทับกันของพื้นที่บัฟเฟอร์ (ขจารินทร์ โตรักตระกูล, 2550 : 43) จึงเป็นค่าระยะในทิศทางตั้งฉากกับเส้น แต่ในความเป็นจริง ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งอาจมีทิศทางต่างๆซึ่งอาจจะมิใช่เฉพาะในทิศทางตั้งฉาก จึงอาจกล่าวได้ว่าค่า DE ที่คำนวณได้เป็นระยะคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด (Minimum error) เพื่อให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ปลอดภัยมากขึ้น Tveite และ Langass (1999) จึงได้ใส่ค่าแก้ $\pi/2$ เข้าไปในสมการที่ 2.7 โดยสมมุติว่ามีการกระจายของความคลาดเคลื่อนและทิศทางของเส้นต่างๆอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเส้น ดังนั้น ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่คำนึงถึงค่าคลาดเคลื่อนในทิศทางอื่นๆ (DE') จึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$DE' = \frac{\pi}{2}\frac{2bs\ Area(\overline{XB} \cap QB)}{Area(XB)} = \pi bs\ \frac{Area(\overline{XB} \cap QB)}{Area(XB)} \qquad (2.8)$$

จะสังเกตได้ว่าในสมการที่ 2.7 และ 2.8 นั้น มีการใช้พื้นที่ XB เป็นตัวหาร ทั้งนี้เนื่องมาจากมีความต้องการให้ค่าคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้เป็นการประเมินแบบอนุรักษ์นิยม (conservative) คือยอมให้ได้ค่าสูงกว่าความเป็นจริงอยู่บ้าง เพราะโดยทั่วไปแล้วเส้นอ้างอิงQ ซึ่ง

มีความละเอียดถูกต้องสูงกว่า มักมีระดับของการเจนเนอรัลไรเซชันต่ำกว่าเส้นทดสอบ X ทำให้มีความยาวมากกว่าด้วย พื้นที่ XB จึงมักมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ QB

ในวิธีการสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์นี้มีการตรวจสอบการเป็นตัวแทนของวัตถุเดียวกัน (Completeness and Miscodings) โดย อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช (2549) ได้เสนอขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบและกำจัดส่วนของเส้นที่ไม่ถือว่าเป็นตัวแทนของวัตถุเดียวกันออกไป ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนแรก : การสร้างบัฟเฟอร์

สร้างบัฟเฟอร์ออกจากเส้น Q และ X โดยมีขนาดบัฟเฟอร์ (bs) ซึ่งควรมีค่ามากกว่าค่าการวัดความถูกต้องทางเราขาคณิตที่พบในชุดข้อมูล X อย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่สอง : วางซ้อน

วางซ้อนเส้นและรูปปิด : วางซ้อน X ด้วย QB และวางซ้อน XB ด้วย Q ได้ผลเป็นชุดข้อมูลใหม่ คือ XQB และ XBQ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่สาม : ค่าสถิติ

ค่าสถิติที่ใช้หา completeness และ miscodings แสดงตามสมการต่อไปนี้

Completeness ใช้ XBQ เพื่อหาผลรวมของความยาวของเส้น Q ที่อยู่ภายใน XB และเปรียบเทียบกับความยาวทั้งหมดของเส้นใน Q ดังสมการที่ 2.9

$$completeness(X) = \frac{length(QinsideXB)}{length(Q)} \tag{2.9}$$

Miscodnings ใช้ XQB เพื่อหาผลรวมของความยาวของเส้น X ที่อยู่ภายนอก QB และเปรียบเทียบกับความยาวทั้งหมดของเส้น X ดังสมการที่ 2.10

$$miscodings(X) = \frac{length(XoutsideQB)}{length(X)} \tag{2.10}$$

เมื่อทำการประเมินความครบถ้วนของข้อมูลและกำจัดส่วนของเส้นที่ไม่ถือว่าเป็นวัตถุเดียวกันออกไปแล้ว ดังนั้นเส้นผลลัพธ์ที่เหลืออยู่จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อคำนวณหาค่า

คลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง Tveite และ Langass (1999) จึงใช้ completeness และ miscodings เข้าไปปรับในสูตรการคำนวณใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ ดังสมการที่ 2.11

$$DE' = \pi bs \frac{Area(\overline{XB} \cap QB) - Area(QB)(1 - Completeness(X))}{Area(XB)(1 - Miscodnings(X))} \quad (2.11)$$

จากการศึกษาวิธีการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ได้กล่าวมานั้น ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือต่อไป โดย อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช (2549) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟ ระยะบัฟเฟอร์ และสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์เอาไว้ ในตาราง 2.1 และผู้วิจัยได้เสนอข้อเปรียบเทียบเพิ่มเติม ในวิธีการวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้น โดยใช้จุดต่างๆในเส้น แสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งต่างๆ (อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช, 2549: 87)

วิธีการวัด	ข้อดี	ข้อจำกัด
วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้น โดย - วัดจากจุดปลายของเส้น - ใช้คู่จุด vertex - ใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน - การจับคู่จุดที่อยู่บนเส้นอย่างมีเงื่อนไข	- สามารถหาค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้จากจุดๆทุกบนเส้น ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนที่ดี	- มีความยุ่งยากต่อการจับคู่จุดที่จะต้องอยู่ในตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน - เส้นที่นำมาจับคู่จุดกันได้นั้นจะต้องมีความยาวของเส้นที่ไม่ต่างกันมากจนเกินไป ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อนำข้อมูลเส้นที่มีระดับเจนเนอรัลไลเซชั่นที่ต่างกันมาใช้ ทำให้ยากต่อการตัดสินใจว่าเส้นใดควรจะเป็นเส้นที่มาจากวัตถุเดียวกัน

ตาราง 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งต่างๆ ต่อ (อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช, 2549: 87)

วิธีการวัด	ข้อดี	ข้อจำกัด
การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟ (HD)	- สามารถแสดงความคลาดเคลื่อนได้ด้วยการพิจารณาองค์ประกอบของเส้นทั้งสองด้าน	- ไม่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ที่เกิดจากความผิดพลาดเนื่องจากผลของบัฟเฟอร์เส้นหนึ่งต้องครอบคลุมเส้นอีกเส้นหนึ่งทั้งหมด
การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก (HDW)	- ในการวัดความคลาดเคลื่อนได้คำนึงถึงส่วนของเส้นที่อยู่ภายในทำให้ลดค่าคลาดเคลื่อนที่มากเกินความเป็นจริงจากวิธีปกติได้	- เป็นการวัดจากเส้นอ้างอิงไปยังเส้นทดสอบเพียงด้านเดียว ซึ่งอาจจะได้ค่าที่ไม่แม่นยำ
การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะบัฟเฟอร์	- สามารถลดผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ที่เกิดจากความผิดพลาดได้ - ไม่ต้องทำการจับคู่จุดที่เป็นตัวแทนวัตถุ เนื่องจากใช้การวัดด้วยบัฟเฟอร์ออกจากเส้นทั้งสองเส้น	- ไม่สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนเอียงได้ เนื่องจากบัฟเฟอร์มีทิศทางออกจากทั้งสองด้านของเส้น
การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (BOS)	- ไม่ต้องทำการจับคู่จุดที่เป็นตัวแทนวัตถุ เนื่องจากใช้การวัดด้วยระยะบัฟเฟอร์ออกจากเส้นทั้งสองเส้น	- ยุ่งยากต่อการระบุตำแหน่งจุดเริ่มราบของกราฟ เพื่อใช้ในการอ่านค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

2.4 โปรแกรมเครื่องมือ GIS Data Reviewerของซอฟต์แวร์ ArcGIS

GIS Data Reviewer เป็นโปรแกรมเสริม (extension) หนึ่งในซอฟต์แวร์ ArcGIS ที่ทางบริษัท ERSI ได้ผลิตและจัดทำ เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยให้การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลภูมิศาสตร์ทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยสามารถทำการ ทบทวน แก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องตามคุณภาพได้อย่างง่าย ตารางที่ 2.2 สรุปรายการฟังก์ชั่นในการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล GIS ในโปรแกรมเสริม GIS Data Reviewer

โปรแกรมเครื่องมือนี้ ทำให้การทำงานขององค์กรต่างๆ เกิดความสะดวกและรวดเร็วขึ้น ลดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการในการจัดจ้างผู้ตรวจสอบข้อมูล และยังสามารถทำตามความต้องการของผู้ซื้อได้เป็นอย่างดี อย่างเช่น การตรวจสอบความถูกต้องทาง geometry ของข้อมูล การหา missing features เป็นต้น

ตาราง 2.2 แสดง Data Reviewer Checks ของ ESRI

Data Quality element	Data Reviewer Checks
Completeness	**Polygon Checks** - Evaluate Polygon Perimeter and Area - Invalid Hole Feature - Polygon Sliver
Positional accuracy	**Default Checks** - Invalid Geometry - Multipart Line - Multipart Polygon - Non-Linear Segment - Polyline or Path Closes on Self
	Database Validation Checks - Condition Table (CNT) - Connectivity Rules - Domain - Subtype - Relationships - Valid Value Tables (VVT)

ตาราง 2.2 แสดง Data Reviewer Checks ของ ESRI (ต่อ)

Data Quality element	Data Reviewer Checks
Positional accuracy	**Feature on Feature Checks** - Geometry on Geometry - Intersection on Geometry - Polygon Overlab/ Gap is Sliver **Polyline Checks** - Cutbacks - Evaluate Polyline Length **Z Value Checks** - Adjacent Vertex Elevation Change - Different Z at Intersection - Evaluate Z Values - Polygon/Ring Closed - Slope Direction Change (Monotonicity) **Spatial Parameter Evaluation Checks** - Evaluate Extent - Evaluate Intersection Count - Evaluate Part Count - Evaluate Vertex Count

จากการศึกษาตัวอย่างฟังก์ชั่นเครื่องมือบางชนิดในโปรแกรมเสริม GIS Data Reviewer พบว่า เป็นฟังก์ชันที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสอบภายในข้อมูลของตัวเอง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการศึกษาแนวทาง/วิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่เป็นการตรวจสอบจากข้อมูลภายนอก (ข้อมูลอ้างอิง) ที่สามารถทำงานได้บนซอฟต์แวร์ ArcGIS และสามารถใช้งานได้จริงโดยผู้ใช้ทั่วไป

ในบางครั้งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพต่างๆ ซึ่งอาจจะถูกนิยามว่าเป็นค่าความผิดพลาด แต่ในคุณลักษณะนั้นอาจจะไม่เป็นความผิดพลาดเสมอไป คือ เป็นลักษณะของสิ่งนั้นๆ ที่เกิดมาโดยธรรมชาติอยู่แล้ว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิธีการวัดแบบต่างๆ

3.1.2 ทำการหาค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอ้างอิง จากการวัดด้วยมือเพื่อใช้เป็นค่าที่จะนำผลจากการวัดด้วยโปรแกรมเครื่องมือมาเปรียบเทียบ และวิจารณ์ผล

3.1.3 ทดลองวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยทำการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือแบบต่างๆที่ได้พัฒนาขึ้นมา ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

3.1.3.1 หาค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งจากทุกโปรแกรมเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้น

3.1.3.2 นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน

3.1.3.3 สรุปผลการทดลอง บอกถึงข้อจำกัดของโปรแกรมเครื่องมือแต่ละแบบที่พัฒนาขึ้นมา

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเขียนโปรแกรมและประมวลผลเพื่อวัดค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

3.2.2 ซอฟต์แวร์ Visual Studio 2008 และ Microsoft office

3.2.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

3.2.3.1 ข้อมูลสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ได้มีการจัดเตรียมเอาไว้ก่อนล่วงหน้าโดยผู้วิจัย

3.2.3.2 ข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์ที่เกิดจากวัตถุเดียวกันและอยู่บนพื้นที่เดียวกันในพื้นที่ของประเทศไทย เช่น ตำแหน่งหมู่บ้าน ตำบล แม่น้ำและถนน เป็นต้น ซึ่งชุดข้อมูลได้แก่ ชุดข้อมูลเส้นถนนจังหวัดนครปฐม มาตราส่วน 1:4,000 ของกรมโยธาธิการและผังเมืองและ และชุดข้อมูลเส้นถนนจังหวัดนครปฐม มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

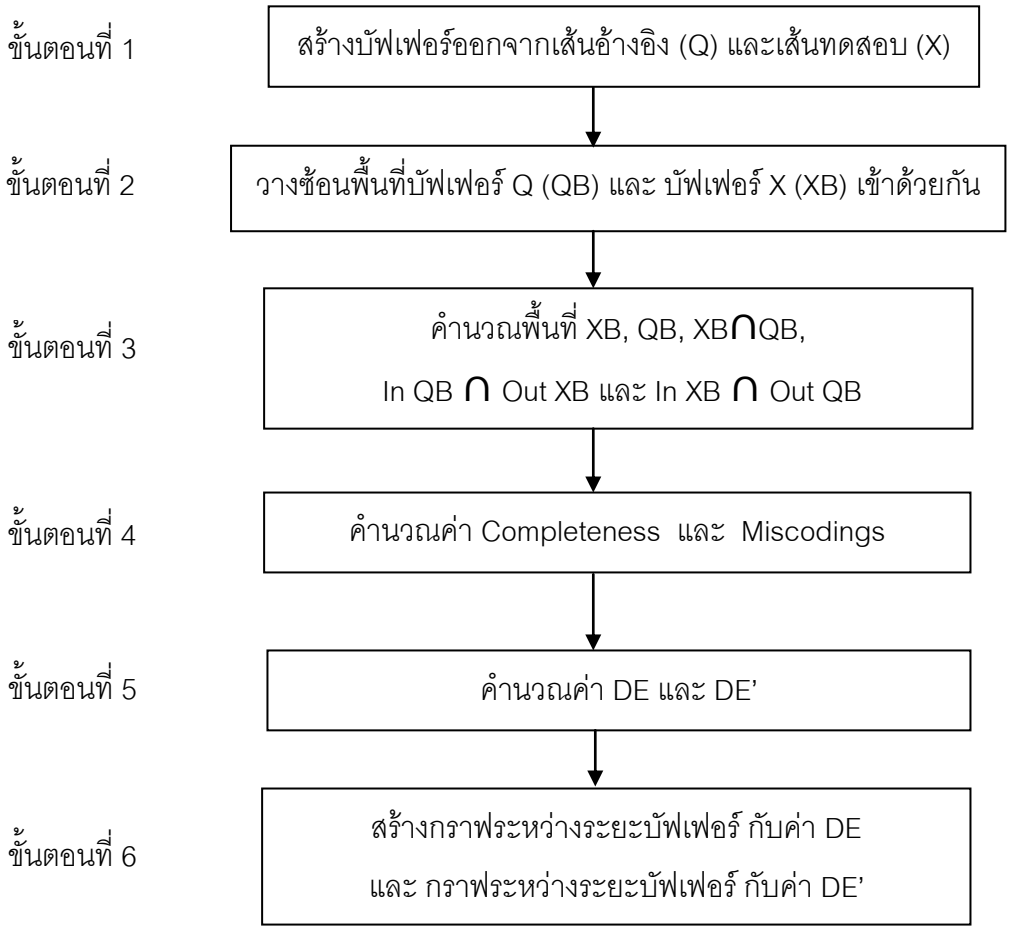
3.3 การพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้พัฒนาและปรับปรุงเปลี่ยนการประมวลผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโปรแกรมเครื่องมือการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ เพื่อใช้งานผ่านซอร์ฟแวร์ ArcGIS 9.3 โดยสามารถดำเนินการต่างๆได้อัตโนมัติตามขั้นตอนของโปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ในการประมวลผลด้วยข้อมูลแบบเวคเตอร์ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย อติชาติ อึ๋งโฆษาชนะวานิช (2549) โดยทำการพัฒนาให้เครื่องมือสามารถประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์ได้

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งด้วยวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน วิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก และวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นด้วยระยะบัฟเฟอร์ เพิ่มขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ใช้ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

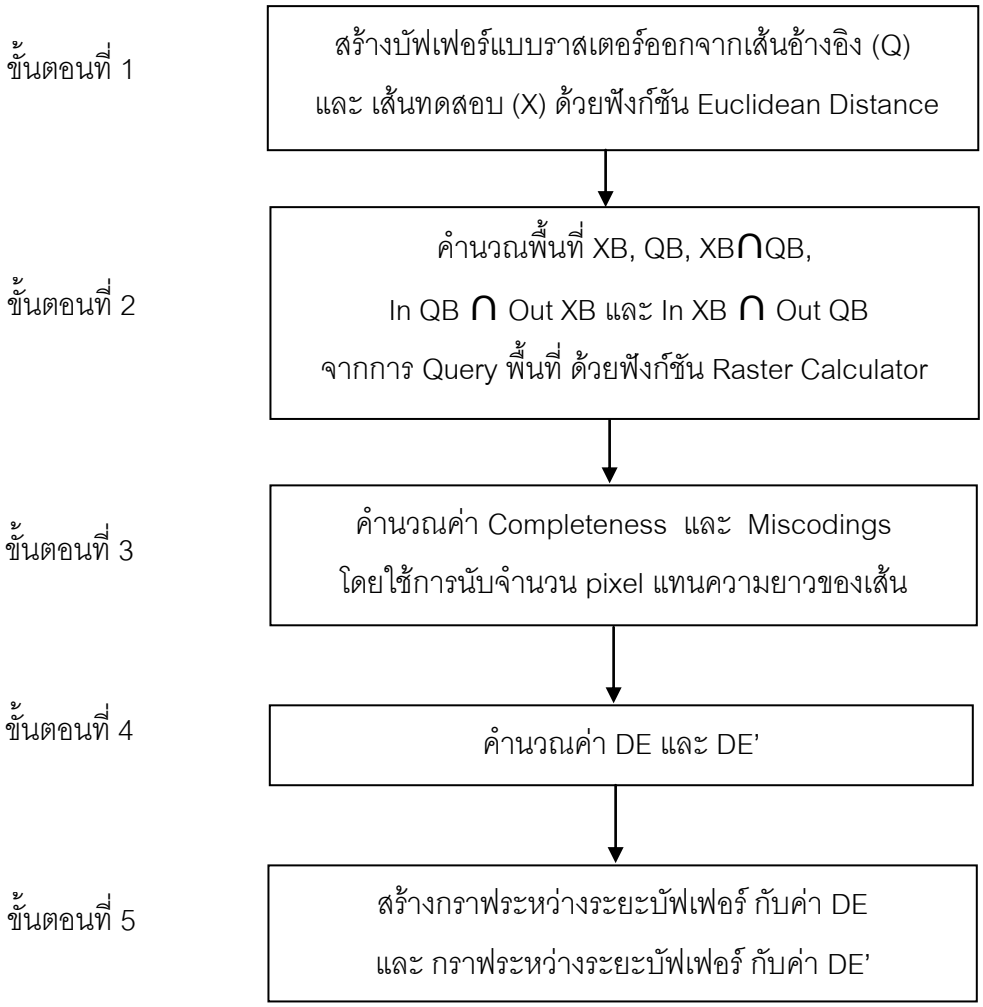
3.3.1 โปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์

แผนภาพการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์



ภาพที่ 3.1 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์

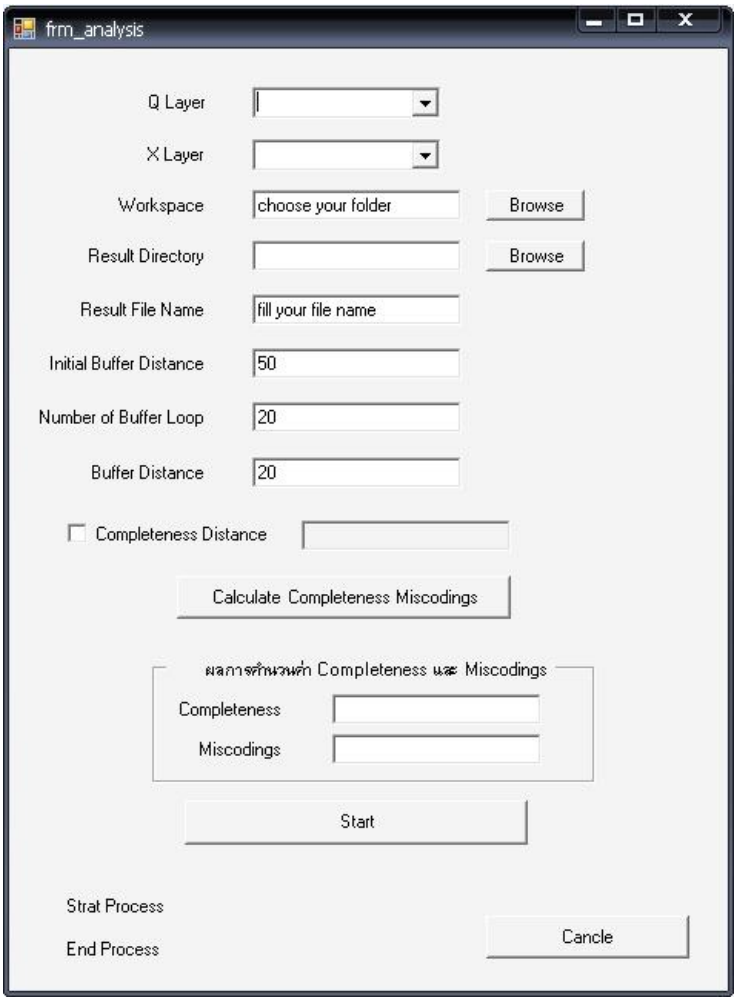
จากภาพเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ด้วยข้อมูลเวคเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยอติชาติ อึ่งโฆษาชนะวานิช (2549) ซึ่งขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 4 จะเป็นการวนซ้ำตามระยะบัฟเฟอร์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบการทำงาน โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือนี้ด้วยการเปลี่ยนวิธีการในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ใหม่แสดงดังภาพที่ 3.2 ดังต่อไปนี้ (รายละเอียดโปรแกรมดูในภาคผนวก)



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์

จากภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่นั้น เห็นได้ว่าจะเป็นการลดขั้นตอนในการสร้างบัฟเฟอร์และวางซ้อนพื้นที่บัฟเฟอร์แบบวนซ้ำลงไป ทำให้ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลลดลง

หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์ หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์ และรายละเอียดการใช้งานของโปรแกรมเครื่องมือทั้งสอง แสดงในภาพที่ 3.3 ถึง 3.6 ต่อไปนี้ (รายละเอียดโปรแกรมดูในภาคผนวก)



ภาพที่ 3.3 หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์

จากภาพหน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการควบคุมและส่วนการแสดงผล ดังนี้

ส่วนการคำนวณ

1) Q Layer คือ จุดนำเข้าข้อมูลเส้นที่มีความถูกต้องสูงกว่า
2) X Layer คือ จุดนำเข้าข้อมูลเส้นที่มีความถูกต้องต่ำกว่า
3) Workspace คือ จุดเลือกที่เก็บข้อมูลไฟล์รูปร่าง(.shp) ที่ทำการประมวลผล
4) Result File Name คือ จุดกำหนดชื่อไฟล์ผลลัพธ์ของข้อมูล
5) Result Directory คือ จุดเลือกที่เก็บไฟล์ผลลัพธ์ของการคำนวณ

6) Initial Buffer Distance คือ ระยะบัฟเฟอร์เริ่มต้น

7) Number of Buffer Loop คือ จำนวนรอบของการวนซ้ำ

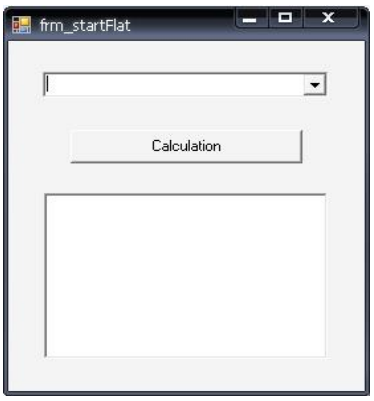
8) Buffer Distance คือ ระยะบัฟเฟอร์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบของการวนซ้ำ

9) Completeness Distance คือ ระยะบัฟเฟอร์สำหรับใช้ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล โดยจะป้อนค่าได้ต้องทำเครื่องหมายที่ check box เสียก่อน

10) Completeness และ Miscodings คือ ส่วนแสดงผลการคำนวณค่า Completeness และ Miscodings

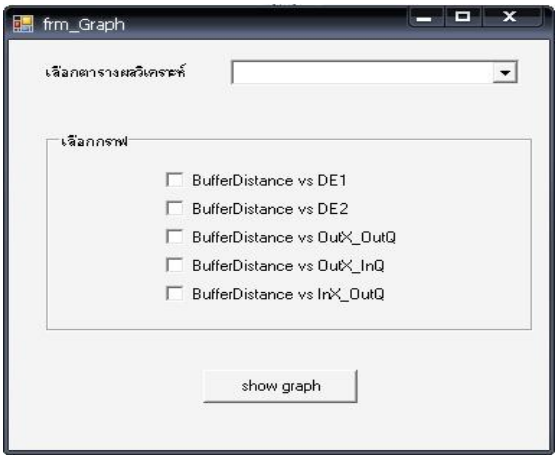
ส่วนการแสดงผล

1) หน้าต่างแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE โดยทำการเลือกไฟล์ผลลัพธ์ของข้อมูล จากนั้นเลือก Calculation เครื่องมือจะทำการแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE ออกมา

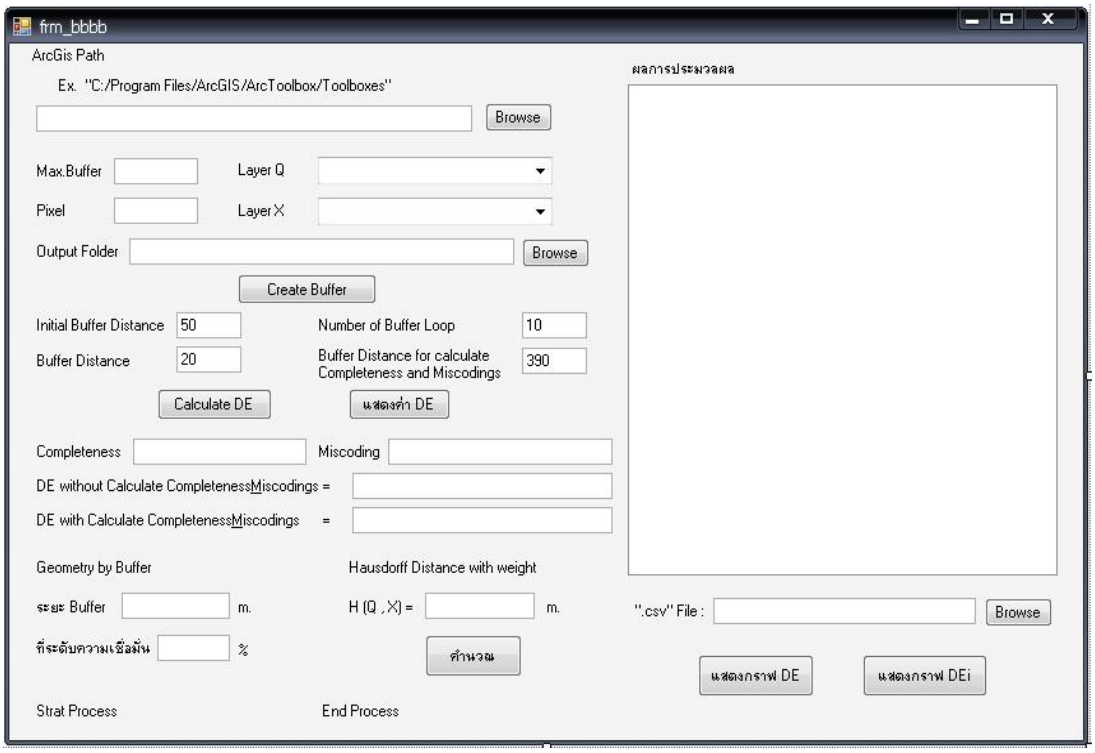


ภาพที่ 3.4 หน้าต่างแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE

2) หน้าต่างแสดงกราฟของผลการคำนวณ สามารถเลือกกราฟที่ต้องการได้จากตัวเลือกการแสดงกราฟ แสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 หน้าต่างสำหรับเลือกกราฟแสดงค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE



ภาพที่ 3.6 หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์

จากภาพหน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการควบคุมและส่วนการแสดงผล ดังนี้

ส่วนการคำนวณ

1) เลือก path ของ Arctoolboxs ที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์
2) Max Buffer คือ ระยะบัฟเฟอร์ที่ต้องการสร้างออกจากข้อมูลเส้นทั้ง 2
3) Q Layer คือ จุดนำเข้าข้อมูลเส้นที่มีความถูกต้องสูงกว่า
4) X Layer คือ จุดนำเข้าข้อมูลเส้นที่มีความถูกต้องต่ำกว่า
5) Output Folder คือ จุดเลือกที่เก็บไฟล์ผลลัพธ์ของการคำนวณ
6) Create Buffer คือ คำสั่งให้เครื่องมือเริ่มสร้างบัฟเฟอร์
7) Initial Buffer Distance คือ ระยะบัฟเฟอร์เริ่มต้น
8) Number of Buffer Loop คือ จำนวนรอบของการวนซ้ำ
9) Buffer Distance คือ ระยะบัฟเฟอร์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบของการวนซ้ำ
10) ที่ระดับความเชื่อมั่น คือ ผู้ใช้กำหนดว่าต้องการที่จะหาระยะบัฟเฟอร์จากเส้นที่มีความถูกต้องสูงกว่าคลุมความยาวของเส้นที่มีความถูกต้องต่ำกว่าที่ระดับความถูกต้องที่ต้องการ เช่น 90% หรือ 95%

ส่วนการแสดงผล

1) แสดงค่า DE คือ ส่วนแสดงค่า DE ที่คำนวณได้จากโปรแกรม

2) แสดงตาราง คือ คำสั่งที่จะให้โปรแกรมแสดงตารางการคำนวณในช่องของตารางแสดงการประมวลผล

3) แสดงกราฟ DE คือ คำสั่งให้โปรแกรมแสดงกราฟระหว่างค่า DE กับระยะบัฟเฟอร์ที่ได้จากการคำนวณ

4) แสดงกราฟ DE คือ คำสั่งให้โปรแกรมแสดงกราฟระหว่างค่า DE ที่คำนวณค่า completeness และ ค่า miscodings กับระยะบัฟเฟอร์ที่ได้จากการคำนวณ

5) ระยะ Buffer คือ ส่วนแสดงระยะบัฟเฟอร์ของเส้นอ้างอิงที่คลุมส่วนของเส้นทดสอบอยู่ตามระดับความถูกต้องที่ผู้ใช้กำหนด

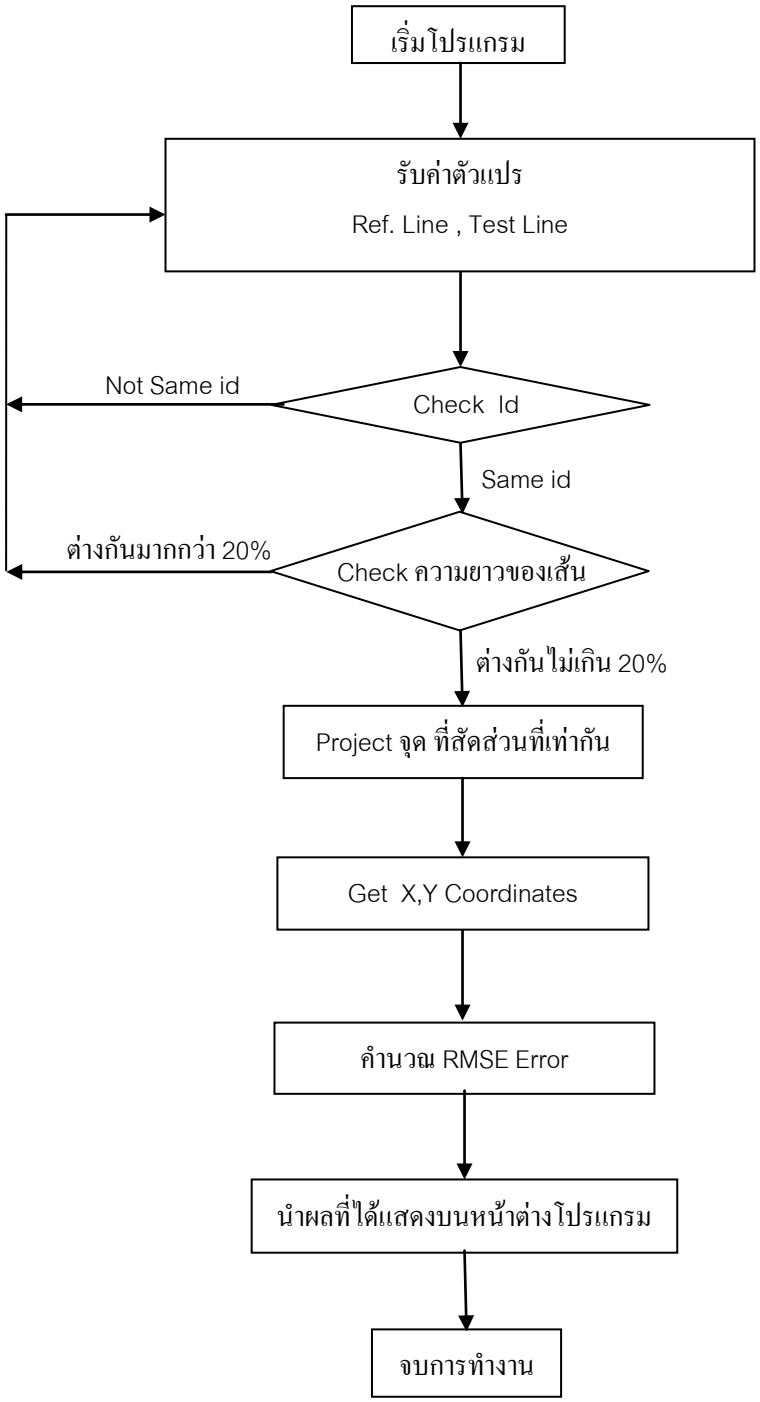
3.3.2 โปรแกรมเครื่องมือระยะบัฟเฟอร์และระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก

โปรแกรมเครื่องมือนี้อาศัย วิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ ที่ได้สร้างบัฟเฟอร์จากเส้นอ้างอิงและเส้นทดสอบไว้แล้ว มาหาความถูกต้องเชิงตำแหน่งด้วยระยะบัฟเฟอร์ และระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก ด้วยการ Qurey จากระยะบัฟเฟอร์แบบราสเตอร์ ตามระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการตรวจสอบ โดยวิธีบัฟเฟอร์ มีระดับความเชื่อมั่นโดยทั่วไปอยู่ที่ ร้อยละ 90 ถึง 95 และวิธีเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก มีระดับความเชื่อมั่นโดยทั่วไปอยู่ที่ ร้อยละ 50

หน้าต่างโปรแกรมของทั้ง 2 เครื่องมือนี้ได้แสดงในภาพที่ 3.6 และอธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อของวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ไว้แล้ว (รายละเอียดโปรแกรมดูในภาคผนวก)

3.3.3 โปรแกรมเครื่องมือวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

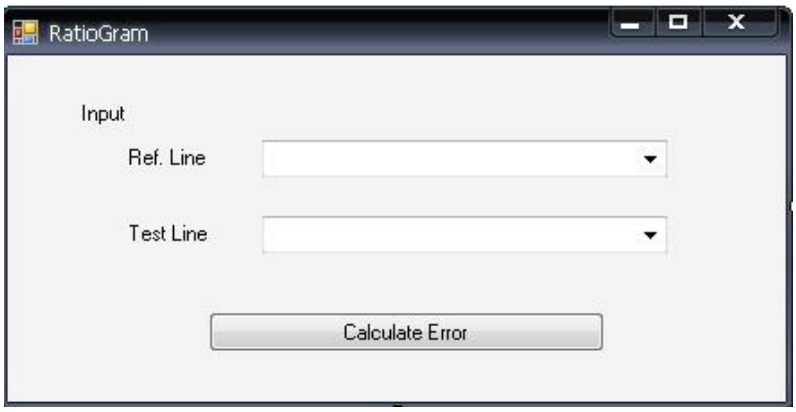
แผนภาพการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน



ภาพที่ 3.7 การทำงานของโปรแกรมวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

จากแผนภาพที่ 3.7 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากการรับเข้าข้อมูลเส้นที่ต้องการทดสอบเข้าสู่การตรวจสอบข้อมูลเส้นก่อนทำการคำนวณ โดยโปรแกรมเครื่องมือ จะตรวจ ID ของข้อมูลเทียบกับทุกๆ เส้นข้อมูลที่รับเข้ามา หากเจอเส้นที่เป็น ID เดียวกันจะทำการตรวจสอบความยาวของเส้น หากมีความยาวต่างกันไม่ถึง 20% จะนำข้อมูลเส้นนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการคำนวณต่อไป โดยขั้นตอนต่อไป จะเป็นการนำเอา vertex ที่อยู่ภายในเส้นทั้งสองเส้นที่มี ID และความยาวผ่านเกณฑ์การตรวจสอบขึ้นมา แล้วเข้าสู่กระบวนการเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณ เมื่อได้ครบถ้วนแล้วจึงเข้าสู่การคำนวณ และแสดงผลในขั้นตอนสุดท้ายต่อไป วิธีการคิดอย่างละเอียดได้แสดงไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.3.3 (รายละเอียดโปรแกรมดูในภาคผนวก)

หน้าต่างโปรแกรมแสดงไว้ตามภาพที่ 3.8 ดังนี้



ภาพที่ 3.8 หน้าต่างโปรแกรมวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

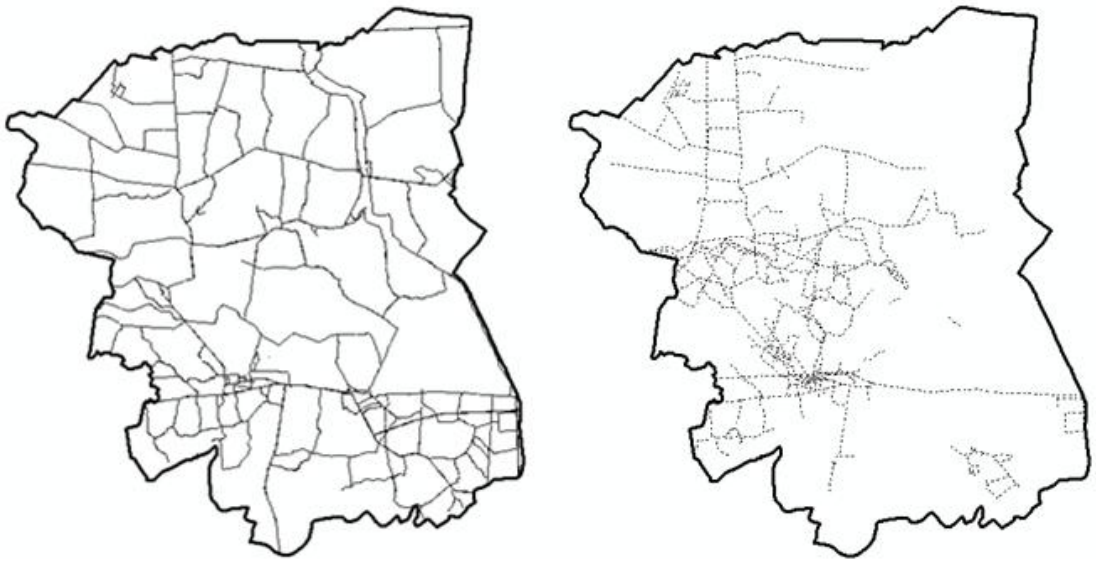
บทที่ 4

การทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของโปรแกรมเครื่องมือ

ในบทนี้เป็นการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้น โดยทำการทดสอบกับข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์จริง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

4.1.1 ข้อมูลเส้นถนนสายหลักของจังหวัดนครปฐม มาตราส่วน 1:4,000 จากกรมโยธาธิการและผังเมือง แสดงด้วยเส้นทึบ และ มาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แสดงด้วยเส้นประ ดังภาพที่ 4.1

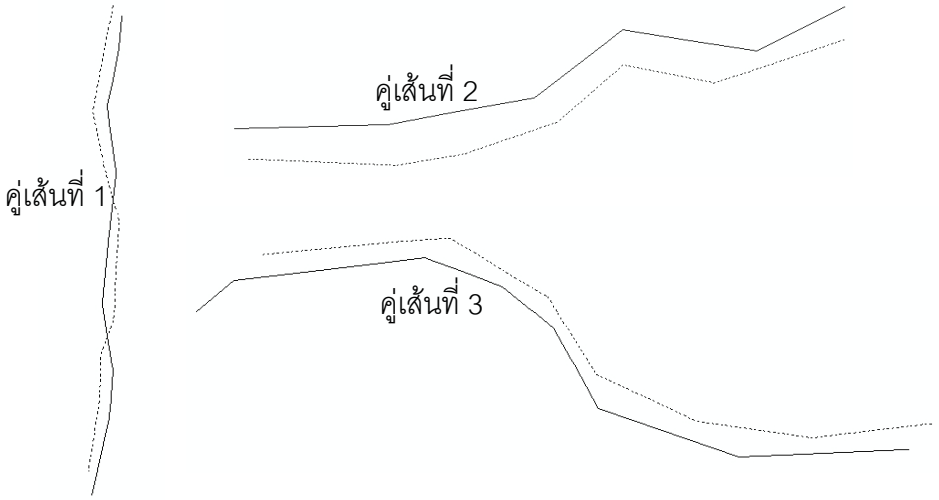


ภาพที่ 4.1 เส้นถนนสายหลักภายในจังหวัดนครปฐม

4.1.2 ข้อมูลเส้นถนนสายหลักของจังหวัดนครปฐมที่ซ้อนทับกันจาก 2 มาตราส่วน โดยมาตราส่วน 1:4,000 แสดงในรูปเส้นทึบ และ มาตราส่วน 1: 50,000 แสดงในรูปเส้นประ ดังภาพที่ 4.2

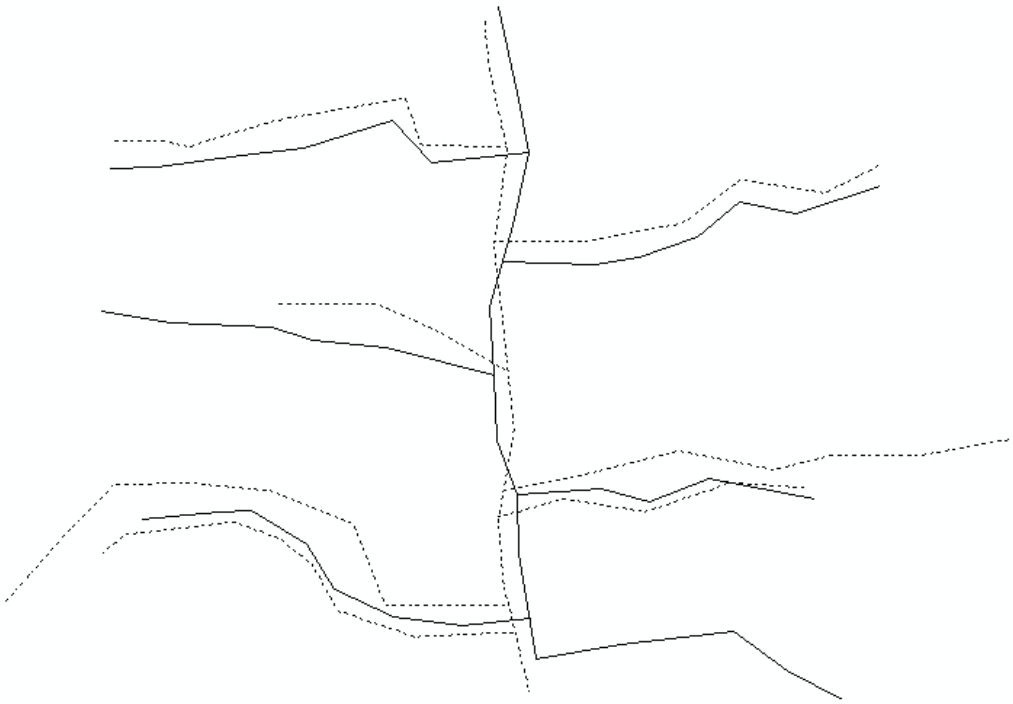
ภาพที่ 4.2 แสดงข้อมูลการวางซ้อนเส้นถนนสายหลักของจังหวัดนครปฐม

4.1.3 ข้อมูลเส้นเดี่ยวที่ได้จัดเตรียมเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยเส้นอ้างอิงแสดงในรูปแบบเส้นทึบและเส้นทดสอบแสดงในรูปแบบเส้นประ



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลเส้นเดี่ยว

4.1.4 ชุดข้อมูลเส้นที่ได้จัดเตรียมเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยเส้นอ้างอิงแสดงในรูปแบบเส้นทึบ และเส้นทดสอบแสดงในรูปแบบเส้นประ



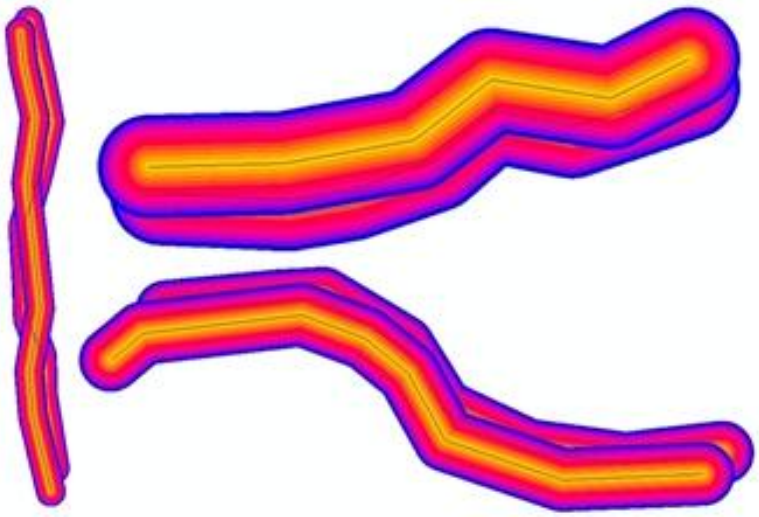
ภาพที่ 4.4 ชุดข้อมูลเส้น

4.2 การทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือ

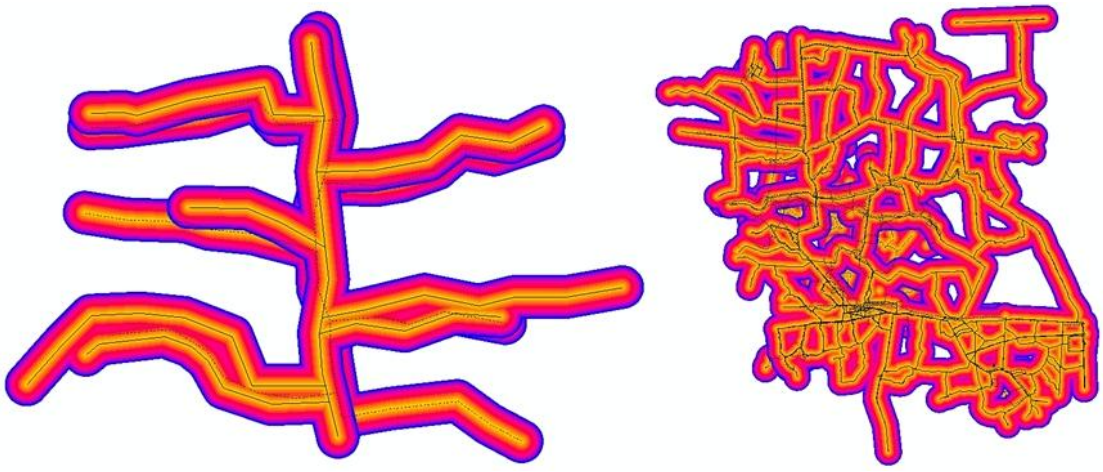
4.2.1 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (BOS)

โปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ที่ทำการทดสอบต่อไปนี้ เป็นการพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมจาก โปรแกรมที่ได้มีการพัฒนาไว้ก่อนแล้วโดยทำการเปลี่ยนการประมวลผลในการสร้างพื้นที่บัฟเฟอร์ และการซ้อนทับกันของพื้นที่บัฟเฟอร์เสียใหม่ในรูปแบบของราสเตอร์ ดังนั้น การทดสอบโปรแกรมที่ได้ปรับปรุงใหม่นี้ จึงจะใช้การเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ที่ได้ กับค่าผลลัพธ์จากโปรแกรมเดิมก่อนการปรับปรุง

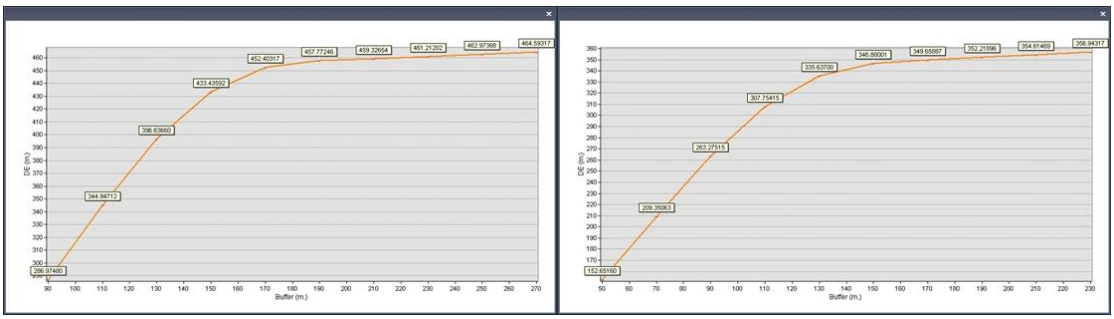
สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเวลาของการประมวลผลของโปรแกรมเครื่องมือนั้น จะใช้การวัดระยะเวลาในการประมวลผลในการสร้างบัฟเฟอร์ และการซ้อนทับกันของพื้นที่บัฟเฟอร์ ตัวอย่างภาพการทดสอบด้วยข้อมูลเส้นเดี่ยว ชุดข้อมูลเส้น และเส้นถนนจริง แสดงดังภาพที่ 4.5 ถึง 4.7 ต่อไปนี้



ภาพที่ 4.5 แสดงการทำบัฟเฟอร์ของข้อมูลเส้นเดี่ยว



ภาพที่ 4.6 แสดงการทำบัฟเฟอร์ชุดข้อมูลเส้น



ภาพที่ 4.7 แสดงตัวอย่างกราฟระหว่างระยะบัฟเฟอร์กับ DE

โดยผลการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือ ได้ผลลัพธ์แสดงดังตาราง 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ (BOS)

ข้อมูลทดสอบ	Vector		Raster		**ร้อยละของผลต่างค่า DE**
	DE (m.)	**เวลา (นาที)**	DE (m.)	**เวลา (นาที)**	
คู่เส้นที่ 1	332.50	0.34	330.49	0.38	0.60
คู่เส้นที่ 2	447.78	0.21	445.09	0.32	0.60
คู่เส้นที่ 3	267.57	0.20	265.02	0.24	0.95
ชุดข้อมูลเส้น	511.44	0.43	504.84	0.30	1.29
เส้นถนนจริง	โปรแกรมหยุดทำงาน		111.21	2.31	-

จากตารางพบว่า ค่า DE ที่ได้จากโปรแกรมเครื่องมือเดิมที่ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์กับโปรแกรมเครื่องมือที่ประมวลผลด้วยข้อมูลแบบราสเตอร์ มีความต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ผลลัพธ์ของโปรแกรมที่ได้พัฒนาและปรับปรุงแล้วนั้น มีประสิทธิภาพในด้านความถูกต้อง

ในด้านประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมเครื่องมือ พบว่าเมื่อใช้โปรแกรมเครื่องมือเดิมที่ประมวลผลด้วยข้อมูลเวคเตอร์ทำการประมวลผลกับชุดข้อมูลเส้นถนนจริงซึ่งมีเส้นเป็นจำนวนค่อนข้างมาก พบว่าโปรแกรมเครื่องมือหยุดการทำงาน ในขณะที่โปรแกรมเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ที่ประมวลผลด้วยข้อมูลแบบราสเตอร์นั้นสามารถทำงานได้อย่างปกติ

ในด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผลสร้างบัฟเฟอร์และซ้อนทับข้อมูล พบว่าโปรแกรมเครื่องมือแบบราสเตอร์ใช้เวลามากกว่าเพียงเล็กน้อยในการประมวลผลกับข้อมูลเส้นเดี่ยว แต่เมื่อประมวลผลกับชุดข้อมูลเส้นที่มีจำนวนเส้นหลายเส้น โปรแกรมแบบราสเตอร์จะใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าในการสร้างบัฟเฟอร์แบบเวคเตอร์สำหรับเส้นเดี่ยวนั้นทำได้ง่ายเพราะไม่ต้องมีการรวมรูปปิดบัฟเฟอร์ของเส้นต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ในขณะที่การประมวลผลแบบราสเตอร์นั้นต้องมีการสร้างข้อมูลกริดแบบราสเตอร์ขึ้นทั้งพื้นที่ในครั้งแรกเพียงครั้งเดียว โดยต้องมีการวิเคราะห์ประมาณค่า (interpolation) จากนั้นก็สามารถใช้หาพื้นที่บัฟเฟอร์ระยะต่าง ๆ ได้โดยตรง

4.2.2 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก

การตรวจสอบโปรแกรมเครื่องมือนี้ ใช้วิธีการนำค่าระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 50% ที่ได้จากโปรแกรมเครื่องมือ ไปทำการสร้างบัฟเฟอร์ออกจากเส้นอ้างอิงแล้วทำการซ้อนทับกับข้อมูลเส้นทดสอบ ด้วยฟังก์ชันในซอฟต์แวร์ ArcGIS เพื่อตรวจสอบว่าค่าความยาวของเส้นทดสอบที่อยู่ภายในพื้นที่บัฟเฟอร์มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 50 ของความยาวเส้นทั้งหมด ตามที่ควรจะเป็นหรือไม่ ตามขั้นตอนการประมวลผลดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสร้างบัฟเฟอร์ตามระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 50% ที่คำนวณได้จากโปรแกรม ออกจากเส้นอ้างอิง ด้วยฟังก์ชัน Buffer ในกล่องเครื่องมือ ArcToolbox

ขั้นตอนที่ 2 ซ้อนทับข้อมูลบัฟเฟอร์ที่ได้กับเส้นทดสอบ ด้วยฟังก์ชัน Intersect เพื่อหาส่วนที่ซ้อนทับของระยะบัฟเฟอร์กับเส้นทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาความยาวของเส้นทดสอบที่อยู่ภายในระยะบัฟเฟอร์ โดยดูค่าความยาวของเส้นจากการ Calculate Geometry

ขั้นตอนที่ 4 หาอัตราส่วนของความยาวของเส้นทดสอบที่อยู่ในระยะบัฟเฟอร์ต่อความยาวของเส้นทดสอบทั้งเส้น

นำค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟ 50%

เส้นทดสอบ	**ค่าระยะเฮาส์ดอร์ฟ 50% จากโปรแกรม**	**ค่าร้อยละอัตราส่วนความยาวของเส้นในระยะบัฟเฟอร์จากการตรวจสอบแบบ manual**
คู่เส้นที่ 1	230 m.	49.26 %
คู่เส้นที่ 2	285 m.	46.53 %
คู่เส้นที่ 3	160 m.	48.29 %
ชุดข้อมูลเส้น	242 m.	48.06 %
เส้นถนนจริง	148 m.	49.10 %

จากตารางพบว่า ค่าสัดส่วนของความยาวเส้นที่อยู่ในพื้นที่บัฟเฟอร์ที่สร้างขึ้นด้วยระยะเฮาส์ดอร์ฟ 50% ที่ได้จากโปรแกรม มีค่าใกล้เคียงกับระดับร้อยละ 50 ตามที่ควรเป็นโดยอาจเกิดความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยจากการใช้จำนวน pixel แทนความยาวของเส้น ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง ตามลักษณะของเส้นแบบราสเตอร์ ที่ต้องใช้แถบของพิกเซลแทนแนวเส้นแบบเวคเตอร์ ทำให้อาจบางส่วนของเส้นที่หนาและกว้างกว่าส่วนอื่น ๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมเครื่องมือในส่วนนี้ทำงานได้ผลถูกต้อง

4.2.3 การทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีบัฟเฟอร์

การตรวจสอบโปรแกรมเครื่องมือนี้ ใช้วิธีการเดียวกันกับการตรวจสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟ โดยแสดงค่าที่ได้จากการตรวจสอบและค่าจากโปรแกรมในตารางที่ 4.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบวิธีระยะบัฟเฟอร์ 95%

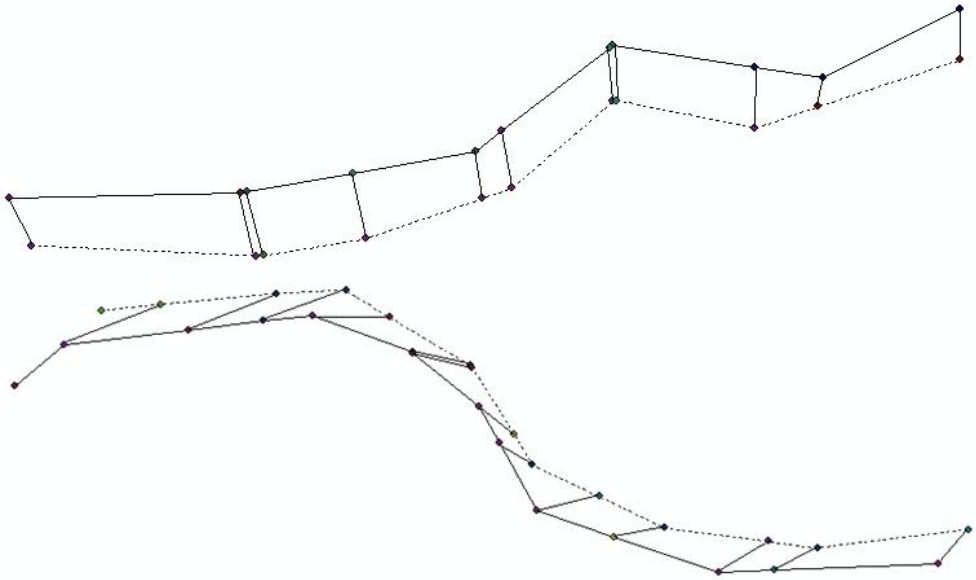
เส้นทดสอบ	ค่าจากโปรแกรม	ค่าจากการตรวจสอบ แบบ manual
คู่เส้นที่ 1	295 m.	92.65 %
คู่เส้นที่ 2	358 m.	92.87 %
คู่เส้นที่ 3	219 m.	95.01 %
ชุดข้อมูลเส้น	2,040 m.	95.13 %
เส้นถนนจริง	1,594 m.	98.92 %

จากตารางพบว่า ค่าสัดส่วนของความยาวเส้นที่อยู่ในพื้นที่บัฟเฟอร์ที่สร้างขึ้นด้วยระยะบัฟเฟอร์ 95% ที่ได้จากโปรแกรม มีค่าใกล้เคียงกับระดับร้อยละ 95 ตามที่ควรเป็นซึ่งความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นน่าจะมาจากการใช้จำนวน pixel แทนความยาวของเส้น ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างตามลักษณะของเส้นแบบราสเตอร์ตามที่อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้

4.2.4 การทดสอบวิธีวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

โปรแกรมเครื่องมือนี้ ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยชุดข้อมูลเส้นที่ผู้วิจัยได้ทำการเตรียมเงื่อนไขในการประมวลผลเอาไว้ก่อนล่วงหน้า แสดงดังภาพที่ 4.6 และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับการหา RMSE ของจุด well-define แบบ manual ดังตารางที่ 4.4

ภาพที่ 4.8 แสดงการตรวจสอบเงื่อนไขของชุดข้อมูลเส้น



ภาพที่ 4.9 แสดงจุดที่ใช้ในการหาค่า RMSE ของชุดข้อมูลเส้น

การตรวจสอบโปรแกรมเครื่องมือนี้ ทำได้โดยใช้ฟังก์ชันต่างจากซอฟต์แวร์ ArcGIS ในการตรวจสอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

ขั้นตอนที่ 1 ใช้ฟังก์ชัน Split line at vertices ในกล่องเครื่องมือ ArcToolBox เพื่อให้เส้นแบ่งตามระยะของ vertex แต่ะจุดภายในเส้น A

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาความยาวของเส้นแต่ละเส้นที่ได้ โดยวัดจากจุดต้นของเส้นจนถึง vertex ใดๆ จนครบทุกๆจุด vertex บนเส้นโดยใช้ฟังก์ชัน Calculate Geometry เป็นตัวช่วยหาระยะทาง (ทำทั้งเส้น A และ เส้น B)

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาอัตราส่วนบนเส้นต่อความยาวทั้งหมดของเส้น A แล้วคำนวณหาระยะทางบนเส้น B ที่อัตราส่วนเดียวกันกับจุด vertex บนเส้น A (ทำซ้ำโดยสลับเส้น A กับ B)

ขั้นตอนที่ 4 split line จากเครื่องมือ Edit Tool โดยแบ่งตามอัตราส่วนใหม่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกจุด (ทำทั้งเส้น A และ เส้น B)

ขั้นตอนที่ 5 ใช้ฟังก์ชัน Feature vertices to points ในกล่องเครื่องมือ ArcToolbox กับทุกๆส่วนของเส้น ที่ได้ทำการแบ่งตามอัตราส่วนไว้แล้ว ในขั้นตอนที่ 1 และ 4 ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นจุด vertex ภายในเส้น

ขั้นตอนที่ 6 ใช้ฟังก์ชัน Add Coordinates X,Y ในกล่องเครื่องมือ ArcToolbox กับทุกๆจุด vertex ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 เพื่อให้ได้ค่าพิกัดของแต่ละจุด vertex นั้นๆ

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาค่า RMSE จากแต่ละคู่จุดบนเส้น ตามสมการที่ 2.4 ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาแสดงดังตารางที่ 4.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบวิธีวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

เส้นทดสอบ	**ค่าจากโปรแกรม** (m.)	**ค่าจากการตรวจสอบแบบ manual (m.)**	**ร้อยละของผลต่าง**
คู่เส้นที่ 1	107.87	106.66	0.01
คู่เส้นที่ 2	101.71	103.73	0.02
คู่เส้นที่ 3	113.74	121.79	0.07

จากตารางพบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรม มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจสอบ โดยมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจเกิดจากการได้มาของจุด vertex ภายในเส้นด้วยวิธีที่ต่างกัน ทำให้ตำแหน่งและค่าพิกัดของจุด vertex ที่ได้มีค่าต่างกันไปบ้างเล็กน้อย จึงเกิดเป็นผลต่างเมื่อนำมาคำนวณค่า RMSE

4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากโปรแกรมเครื่องมือทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีการวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง

เส้นทดสอบ	DE **วิธี** BOS (m.)	HD 50% (m.)	Buffer 95% (m.)	RMSE Matched Vertex (m.)	RMSE **ของ** well-defined points (m.)
คู่เส้นที่ 1	330.49	230	295	107.87	-
คู่เส้นที่ 2	445.09	285	358	101.71	-
คู่เส้นที่ 3	265.02	160	219	113.74	-
ชุดข้อมูลเส้น	504.84	242	2,040	107.89*	126.86
เส้นถนนจริง	111.21	148	1,594	-	60.37

* เป็นค่า RMSE ของคู่เส้น 3 คู่เส้นที่เข้าเงื่อนไขคำนวณได้เท่านั้น

จากตาราง จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่ได้จากแนวทางการวัดค่าคลาดเคลื่อนแต่ละวิธี มีความแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ในขั้นต้นก็เนื่องจากความแตกต่างของนิยามของตัวชี้วัดที่ใช้ในการนำเสนอค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง วิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ให้ค่าระยะ

เฉลี่ยระหว่างเส้น ส่วนวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากันนั้นให้ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ในขณะที่วิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบัฟเฟอร์ให้ค่าระยะบัฟเฟอร์ที่ครอบคลุมร้อยละความยาวที่กำหนดของเส้นเปรียบเทียบ นอกจากนั้นความแตกต่างของวิธีการประมวลผลเพื่อคำนวณค่าคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกันก็มีผลอย่างมาก โดยที่วิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ต้องมีการค่อย ๆ เพิ่มระยะบัฟเฟอร์เพื่อนำผลที่ได้มาสร้างกราฟและหาระยะบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในการนำไปหาค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง ค่าผลลัพธ์ที่ได้จึงขึ้นอยู่กับการประเมินความลาดชันของเส้นกราฟ จึงสามารถแปรเปลี่ยนและมีโอกาสผิดพลาดได้ค่อนข้างมาก สำหรับวิธีการจับคู่จุดบนเส้นนั้น เป็นวิธีเดียวที่วัดค่าคลาดเคลื่อนระหว่างจุดบนเส้นโดยตรง จึงให้ค่าที่ค่อนข้างละเอียดแต่ก็ต้องการการจับคู่เส้นที่จะนำมาเปรียบเทียบกันก่อน

ค่าระยะคลาดเคลื่อนเฉลี่ย DE ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์นั้นมีค่าสูงกว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรากที่สอง ซึ่งอธิบายได้ว่าส่วนหนึ่งน่าจะเกิดจากการที่สูตรการคำนวณค่า DE นั้นมีการเพิ่มตัวคูณ $\pi/2$ เข้าไปเพื่อชดเชยการที่ระยะคลาดเคลื่อนระหว่างเส้นอาจไม่ตั้งฉากกับแนวเส้น (Tveite H. and Langaas S., 1999)

สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลถนนมาตราส่วน 1:50,000 นั้น ค่า DE จากการวัดด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์นั้นมีค่า 111.21 เมตรซึ่งสูงกว่าค่า RMSE ของจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน (well-defined points) ที่มีค่า 60.37 เมตรอยู่ประมาณหนึ่งเท่า ซึ่งส่วนหนึ่งก็มีสาเหตุจากสูตรการคำนวณค่า DE ที่มีการคูณด้วยค่าคงที่ $\pi/2$ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นค่าคลาดเคลื่อนที่มากกว่าก็น่าจะเกิดจากจำนวนเส้นข้อมูลที่แตกต่างกันในชุดข้อมูลทั้งสอง ซึ่งถึงแม้จะมีการปรับแก้ค่า DE ด้วยตัวปรับแก้ Completeness และ Miscoding แล้ว ก็เชื่อว่ายังคงเหลือผลกระทบในส่วนนี้เหลืออยู่ ส่วนเหตุผลสุดท้ายก็น่าจะเป็นการที่ค่า DE ที่วัดได้นี้ได้รวมค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของทุก ๆ ส่วนของข้อมูลเส้นเข้าไว้ จึงย่อมมีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงกว่าค่า RMSE ของเฉพาะจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน

ในส่วนผลการวัดค่าความละเอียดถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธีบัฟเฟอร์ 95% ที่ได้ค่าสูงถึง 1,594 เมตรนั้น อธิบายได้ว่าเกิดจากการที่มีเส้นข้อมูลในชุดข้อมูลทดสอบ (ข้อมูลมาตราส่วน 1:50,000) จำนวนหนึ่งที่มากกว่าเส้นข้อมูลในชุดข้อมูลอ้างอิง (ข้อมูลมาตราส่วน 1:4,000) ทำให้บัฟเฟอร์ที่จะไปคลุม 95% ของเส้นทดสอบจึงต้องมีขนาดใหญ่มาก ซึ่งนับเป็นปัญหาสำคัญของการใช้งานโปรแกรมวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งวิธีนี้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการรวบรวมศึกษาแนวทาง/วิธีการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นทางภูมิศาสตร์ที่มีการคิดค้นนำเสนอไว้ในปัจจุบัน และคัดเลือกแนวทางที่มีความชัดเจนและสามารถนำมาปฏิบัติได้จริง จำนวน 4 แนวทาง ได้แก่ 1) การวัดระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 2) การวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งด้วยวิธีบัฟเฟอร์อย่างง่าย 3) การวัดค่าเฉลี่ยรากที่สองของระยะระหว่างคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งเชิงเส้นที่เท่ากัน และ 4) การวัดค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ โดยนำมาศึกษาหลักการในรายละเอียดเพื่อออกแบบพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือในการวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นตาม 4 แนวทางดังกล่าว โดยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือขึ้นใหม่สำหรับวิธีการวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งใน 3 แนวทางแรก และนำโปรแกรมเครื่องมือวัดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ซึ่งได้ถูกพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ มาปรับปรุงวิธีการประมวลผลข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งโปรแกรมเครื่องมือทั้งหมดถูกพัฒนาขึ้นให้ทำงานอยู่บนซอฟต์แวร์ ArcGIS เวอร์ชั่น 9.3

เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องและประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ได้มีการทดสอบความถูกต้องของค่าผลลัพธ์จากทุกโปรแกรม และมีการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมเครื่องมือวัดค่าคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ด้วย รวมทั้งได้มีการใช้โปรแกรมเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาทดลองวัดค่าคลาดเคลื่อนของชุดข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์จริง (ยกเว้นวิธีจับคู่จุดบนเส้น ซึ่งต้องการชุดข้อมูลที่มีการจับคู่เส้นไว้ก่อน) ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 จากผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมเครื่องมือสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์ที่ปรับปรุงใหม่ เปรียบเทียบกับโปรแกรมเครื่องมือที่เดิมได้มีผู้พัฒนาเอาไว้แล้ว พบว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (DE) ที่คำนวณได้แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมที่ปรับปรุงใหม่ได้ค่าผลลัพธ์ที่ถูกต้องคงเดิม ในส่วนของผลการทดสอบประสิทธิภาพนั้น โปรแกรมเครื่องมือที่ปรับปรุงใหม่มีความเร็วในการประมวลผลมากกว่าเมื่อจำนวนเส้นในชุดข้อมูลมากขึ้น และสามารถประมวลผลข้อมูลได้กับชุดข้อมูลจริงที่มีข้อมูลเส้นจำนวนมาก ในขณะที่โปรแกรมเครื่องมือเดิมไม่สามารถทำงานได้ จึงสรุปได้ว่า โปรแกรมเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้นมีประสิทธิภาพดีในด้านการประมวลผลของข้อมูล

5.1.2 จากการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีระยะเฮาส์ดอร์ฟแบบถ่วงน้ำหนัก 50% พบว่าค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่หาได้ด้วยวิธีแบบ manual โดยค่าที่ต่างออกไปเพียงเล็กน้อยนั้น คาดว่าเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการนับจำนวน pixel แทนความยาวของเส้น

5.1.3 จากการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีระยะบัฟเฟอร์ 95% นั้น ค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่หาได้ด้วยวิธีแบบ manual ซึ่งค่าที่ต่างออกไปเพียงเล็กน้อย ก็เนื่องจากการนับจำนวน pixel แทนความยาวของเส้นเช่นเดียวกัน

5.1.4 จากการทดสอบโปรแกรมเครื่องมือวิธีวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้จับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน พบว่าค่า RMSE ที่ได้มีค่าถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่หาได้โดยการประมวลผลแบบ manual อย่างไรก็ตามการวัดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งด้วยวิธีการนี้มีเงื่อนไขข้อจำกัดของตัวข้อมูลที่จะนำมาใช้ คือข้อมูลเส้นในชุดข้อมูลทดสอบจะต้องสามารถจับคู่ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับข้อมูลเส้นในชุดข้อมูลอ้างอิง โดยจุดปลายของแต่ละคู่เส้นทีจะจับคู่ได้อย่างเหมาะสมนั้น ต้องเป็นตัวแทนของตำแหน่งจริงเดียวกันในภูมิศาสตร์ รวมทั้งเป็นข้อมูลเส้นที่ต่อเนื่องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งขาดออกจากกัน

5.1.5 จากผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่ได้จากแนวทางการวัดฯ ทั้ง 4 แนวทาง พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันไปตามนิยามของตัวชี้วัดที่ใช้ และเงื่อนไขวิธีการวัดของแต่ละแนวทาง ซึ่งผู้ที่จะนำโปรแกรมเครื่องมือนี้ไปใช้งานควรเลือกวิธีการวัดฯ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และลักษณะของชุดข้อมูลที่จะใช้ด้วย

5.1.6 จากผลการทดลองใช้โปรแกรมเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น วัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลถนน มาตราส่วน 1:50,000 ด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์พบว่าได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 111 เมตร ในขณะที่ผลการวัดค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ของจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน ได้ค่า 60.37 เมตร ซึ่งเมื่อทำความเข้าใจกับค่าที่วัดได้แล้วก็จะสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานข้อมูลได้ทราบถึงระดับความถูกต้องเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 โปรแกรมเครื่องมือวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยใช้การจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากันนั้น ยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถจับคู่เส้นในชุดข้อมูลทดสอบกับชุดข้อมูลอ้างอิงได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใช้งานได้เฉพาะกับชุดข้อมูลที่มีการจับคู่เส้นไว้แล้ว ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาฟังก์ชั่นช่วยในการจับคู่เส้นอัตโนมัติขึ้นเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำโปรแกรมเครื่องมือนี้ไปใช้กับชุดข้อมูลทั่ว ๆ ไปได้

5.2.2 โปรแกรมเครื่องมือที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องมือผ่านโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชั่น 9.3 เท่านั้น ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อและใช้ได้ในโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชั่นที่ทันสมัยกว่านี้ เนื่องจากโปรแกรมเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ อาศัยการทำงานของโปรแกรม ArcGIS เป็นส่วนใหญ่ในการประมวลผลข้อมูล หากมีผู้สนใจที่จะนำไปใช้หรือพัฒนาต่อจึงเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ยากนัก

5.2.3 ด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและขอบเขตงานวิจัย โปรแกรมเครื่องมือวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเส้นทางภูมิศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกพัฒนาจากแนวทางการวัดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง เพียง 4 แนวทางเท่านั้น ซึ่งยังมีแนวทางการวัดคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งอื่น ๆ อีกหลายแนวทางที่มีความน่าสนใจ ซึ่งควรได้นำมาศึกษาพัฒนาเป็นโปรแกรมเครื่องมือฯ เพิ่มขึ้นต่อไป เพื่อให้เป็นทางเลือกสำหรับใช้งานต่อไป

5.2.4 ด้วยโปรแกรมเครื่องมือวัดความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้ที่สนใจจะสามารถนำไปใช้ช่วยในการศึกษาลักษณะเฉพาะของค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่เกิดขึ้นมากน้อยแตกต่างกันในชุดข้อมูลประเภทต่าง ๆ หรือนำไปศึกษาค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมากน้อยต่างกันจากกระบวนการสำรวจนำเข้าข้อมูล ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองการเกิดค่าคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลเส้นทางภูมิศาสตร์อย่างลึกซึ้งมากขึ้นต่อไป

รายการอ้างอิง

ขจารินทร์ โตรักตระกูล. การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์ด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์. Senior Project ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ชนินทร์ ทินนโชติ. องค์ประกอบของคุณภาพข้อมูลภูมิศาสตร์: ความรู้สำหรับวิศวกรสำรวจยุค GIS. เอกสารรวมบทความทางวิชาการ (Proceedings) ของการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 (พฤษภาคม 2543).

ชนินทร์ ทินนโชติ. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษามาตรฐานคุณภาพและการประเมินคุณภาพข้อมูล GIS เสนอต่อสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

อติชาต อึ้งโฆษาชนะวานิช. การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของชุดข้อมูลเส้นภูมิศาสตร์ด้วยวิธีสถิติบัฟเฟอร์โอเวอร์เลย์. วิทยาศาสตร์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

Busch, A. Matching linear features from satellite image wite small-scale GIS data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing part B2 18 (2000).

ESRI. Data Reviewer Check [Online]. 2010. Available from : http://www.esri.com/library/fliers/pdfs/gis-data-reviewer-poster.pdf.

Goodchild, M.F., Cova, T., and Ehlschlaeger, C.R. Mean Objects: Extending the Concept of Central Tendency to Complex Spatial Objects in GIS, In Proceedings GIS/LIS '95, ASPRS/ACSM, pp.354-364.Nashville: 1995.

GoodChild F. and Hunter J. A simple positional accuracy for linear features. International Journal Geographical Information Science 11 3 (1997) : 299± 306.

Niu, S and Chen X., Measuring distance between spatial objects in 2D GIS. In by W. Shi, M.F. Goodchild, and P.F.Fisher,Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Quality'03, pp.120-127 : 2003.

Shi Liang. Spectrum analysis of distance realationship between 2D spatial objects. Master's Thesis, Development of Science in remote sensing and geographic information, Faculty of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology, 2008.

Tinnachote C. Special study report, GIS data quality components and their evaluation Procedures (March 2001).

Tinnachote C. Development of a new approach for implementing the positional error model using minkowsk weighted average. Doctoral dissertation, Department of Engineering, Asian Institute of Technology School of Engineering and Technology Thailand, 2006.

Tsoulos L. and Skopeliti A. Assessment of data acquisition error for linear features. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing part B4. 18 (2000).

Tsoulos L. and Skopeliti A. Estimateing positional accuracy of linear features. National Technical University of Athens, Greece.

Tveite H. and Langaas S. An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering. International Journal Geographical Information Science 13 (1999) : 27-47.

ISO 19113:2002 Geographic Information – Quality Principles. Feburary 2002.

ภาคผนวก

Coding โปรแกรมเครื่องมือ BOS ประมวลผลด้วยข้อมูลราสเตอร์

Coding โปรแกรม BOS

```
Imports ESRI.ArcGIS.Carto
Imports ESRI.ArcGIS.Geodatabase
Imports ESRI.ArcGIS.DataSourcesRaster
Imports ESRI.ArcGIS
Imports ESRI.ArcGIS.SpatialAnalyst
Imports ESRI.ArcGIS.GeoAnalyst
Imports ESRI.ArcGIS.ArcMapUI
Imports System.Windows.Forms
Imports ESRI.ArcGIS.Framework
Imports ESRI.ArcGIS.Geoprocessor
Imports ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools
Imports System.IO
Imports ESRI.ArcGIS.Geometry
Public Class frm_result
    Private mfilename As String
    Private tempFile As String = "C:\Temp.csv"
    Private Sub lvwToTextFile()
        Dim fileStream As New IO.FileStream(tempFile, FileMode.Create, FileAccess.Write)
        Dim swriter As New StreamWriter(fileStream)
        Dim i As Integer
        Dim j As Integer
        Dim hd As String
        With lvw_result
            'header
            For i = 0 To .Columns.Count - 1
                If i = 0 Then
                    hd = .Columns.Item(i).Text
                Else
                    hd = hd & "," & .Columns.Item(i).Text
                End If
            Next i
            swriter.WriteLine(hd)
```

```
        'detail
        For i = 0 To .Items.Count - 1
            Dim pitem As ListViewItem = .Items.Item(i)
            Dim str As String = pitem.Text
            For j = 0 To .Columns.Count - 1
                str = str & "," & pitem.SubItems(j).Text
            Next j
            swriter.WriteLine(str)
        Next i
    End With
    swriter.Close()
    fileStream.Close()
End Sub

Private Sub Calculate()
    With lvw_result
        Dim DelA, A, A1, A2, bs1, bs2, DE1, DE2, MeanErr, MaxA, pi As Double
        Dim DelAi, Ai, A1i, A2i, DE1i, DE2i, MeanErri, MaxAi As Double
        Dim I As Integer
        pi = 4 * Math.Atan(1)
        Dim pitem As ListViewItem = New ListViewItem
        For j = 1 To .Items.Count - 2
            pitem = .Items.Item(j)
            bs2 = Val(.Items.Item(j + 1).SubItems(1).Text)
            DE2 = Val(.Items.Item(j + 1).SubItems(5).Text)
            DE1 = Val(.Items.Item(j).SubItems(5).Text)
            bs1 = Val(.Items.Item(j).SubItems(1).Text)
            A = (180 / pi) * Math.Atan((bs2 - bs1) / (DE2 - DE1))
            pitem.SubItems(6).Text = FormatNumber(A, 6, vbTrue, 0, vbFalse)
            DE2i = Val(.Items.Item(j + 1).SubItems(8).Text)
            DE1i = Val(.Items.Item(j).SubItems(8).Text)
            Ai = (180 / pi) * Math.Atan((bs2 - bs1) / (DE2i - DE1i))
            pitem.SubItems(9).Text = FormatNumber(Ai, 6, vbTrue, 0, vbFalse)
        Next j
```

```
For k = 1 To .Items.Count - 2
            pitem = .Items.Item(k)
            A2 = Val(.Items.Item(k + 1).SubItems(6).Text)
            A1 = Val(.Items.Item(k).SubItems(6).Text)
            If A1 <> 0 Then
               DelA = (A2 - A1) / A1
            Else
               DelA = 0
            End If
            'com&mis
            A2i = Val(.Items.Item(k + 1).SubItems(9).Text)
            A1i = Val(.Items.Item(k).SubItems(9).Text)
            If A1i <> 0 Then
               DelAi = (A2i - A1i) / A1i
            Else
               DelAi = 0
            End If
            pitem = .Items.Item(k + 1)
            pitem.SubItems(7).Text = FormatNumber(DelA, 6, vbTrue, 0, vbFalse)
            pitem.SubItems(10).Text = FormatNumber(DelAi, 6, vbTrue, 0, vbFalse)
         Next k
         l = .Items.Count
         pitem = .Items.Item(2)
         MaxA = Val(pitem.SubItems(7).Text)
         MaxAi = Val(pitem.SubItems(10).Text)
         MeanErr = Val(pitem.SubItems(5).Text)
         MeanErri = Val(pitem.SubItems(8).Text)
         For r = 2 To 8
            pitem = .Items.Item(r)
            DelA = Val(.Items.Item(r).SubItems(7).Text)
            DelAi = Val(.Items.Item(r).SubItems(10).Text)
            A = Val(.Items.Item(r).SubItems(6).Text)
            Ai = Val(.Items.Item(r).SubItems(9).Text)
            If DelA > MaxA Then
```

```
                MaxA = DelA
                MeanErr = Val(.Items.Item(r).SubItems(5).Text)
            End If
            If A < 45 Then
                MeanErr = Val(.Items.Item(r + 1).SubItems(5).Text)
            End If
            If DelAi > MaxAi Then
                MaxAi = DelAi
                MeanErri = Val(.Items.Item(r).SubItems(8).Text)
            End If
            If Ai < 45 Then
                MeanErri = Val(.Items.Item(r + 1).SubItems(8).Text)
            End If
            pitem = .Items.Item(I - 1)
            pitem.SubItems(6).Text = "Max"
            pitem.SubItems(9).Text = "Max"
            pitem.SubItems(7).Text = MaxA
            pitem.SubItems(10).Text = MaxAi
            TextBox8.Text = MeanErr
            TextBox9.Text = MeanErri
        Next r
        lvwToTextFile()
    End With
End Sub

Public Sub Frm_result_Initialize()
    Dim length As Integer = 100
    With lvw_result
        .View = View.Details
        .Columns.Add("Number", length, HorizontalAlignment.Left)
        .Columns.Add("Buffer", length, HorizontalAlignment.Left)
        .Columns.Add("Q", length, HorizontalAlignment.Left)
        .Columns.Add("X", length, HorizontalAlignment.Left)
        .Columns.Add("Q_X", length, HorizontalAlignment.Left)
```

```
            .Columns.Add("DE", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Columns.Add("Ang", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Columns.Add("DiffAng", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Columns.Add("DEi", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Columns.Add("Angi", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Columns.Add("DiffAngi", length, HorizontalAlignment.Left)
            .Items.Clear()
        End With
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim pMxdoc As IMxDocument
        Dim pMap As IMap
        pMxdoc = application.Document
        pMap = pMxdoc.FocusMap
        Dim pLayer As ILayer
        Dim pEnumLayer As IEnumLayer
        Dim pFeatureLayer As IFeatureLayer
        If pMap.LayerCount = 0 Then Exit Sub
        pEnumLayer = pMap.Layers
        pLayer = pEnumLayer.Next
        Do Until pLayer Is Nothing
            If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
                pFeatureLayer = pLayer
                If Not pFeatureLayer.FeatureClass Is Nothing Then
                    If pFeatureLayer.FeatureClass.ShapeType = esriGeometryType.esriGeometryPolyline
Then
                        ComboBox1.Items.Add(pLayer.Name)
                        ComboBox2.Items.Add(pLayer.Name)
                    End If
                End If
            End If
            pLayer = pEnumLayer.Next
```

```
        Loop
    End Sub
        Private Sub getItemFromResult()
        Dim pitem As ListViewItem
        Dim str() As String
        Dim i As Integer
        Dim j As Integer = 0
        mfilename = Result_Path.Text
        If mfilename = "" Then Exit Sub
        lvw_result.Items.Clear()
        If File.Exists(tempFile) Then
            File.Delete(tempFile)
        End If
        str = File.ReadAllLines(mfilename)
        For i = 1 To UBound(str)
            Dim text As String = i & "," & str(i)
            Dim data() As String = text.Split(",")
            pitem = New ListViewItem(data)
            lvw_result.Items.Add(pitem)
        Next i
    End Sub

    Private Sub SearchButton3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles SearchButton3.Click
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        ' Now drill into the ArcObjects to get set the map's IActiveView Event Handler
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim folder As FolderBrowserDialog = New FolderBrowserDialog
        folder.Description = "Browse for Folder"
        folder.ShowNewFolderButton = True
        folder.RootFolder = Environment.SpecialFolder.MyComputer
```

```
        If folder.ShowDialog() = System.Windows.Forms.DialogResult.OK Then
        TextBox12.Text = folder.SelectedPath
        End If
    End Sub

    Private Sub CommandButton1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CommandButton1.Click
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        Dim path As String = Arcgis_Path.Text
        Dim message As String = "Please,Select....\n"
        Dim error_flag As Boolean = False
        If path = "" Then
            MsgBox("Please,Select ArcGis's toolbox path")
            Exit Sub
        End If
        If TextBox12.Text = "" Then
            error_flag = True
            message = message & "Output Folder \n"
        End If
        If txt_distance.Text = "" Then
            error_flag = True
            message = message & "Max. Buffer \n"
        End If
        If TextBox3.Text = "" Then
            error_flag = True
            message = message & "Pixel \n"
        End If
        If error_flag Then
            MsgBox(message)
            Exit Sub
        End If
        Dim gp As ESRI.ArcGIS.Geoprocessor.Geoprocessor
        gp = New ESRI.ArcGIS.Geoprocessor.Geoprocessor()
```

```
' Load required toolboxes...
gp.AddToolbox(path & "\Spatial Analyst Tools.tbx")
gp.AddToolbox(path & "\Data Management Tools.tbx")
Dim tran50k_shp As String = ComboBox1.Text
Dim tran250k_shp As String = ComboBox2.Text
Dim layer_Q As ILayer
Dim layer_X As ILayer
layer_Q = Findlayer(tran50k_shp)
layer_X = Findlayer(tran250k_shp)
'Get Extent
Dim XMax_Q, XMax_X, YMin_Q, YMin_X, XMin_Q, XMin_X, YMax_Q, YMax_X As Double
XMax_Q = layer_Q.AreaOfInterest.XMax
XMax_X = layer_X.AreaOfInterest.XMax
YMin_Q = layer_Q.AreaOfInterest.YMin
YMin_X = layer_X.AreaOfInterest.YMin
XMin_Q = layer_Q.AreaOfInterest.XMin
XMin_X = layer_X.AreaOfInterest.XMin
YMax_Q = layer_Q.AreaOfInterest.YMax
YMax_X = layer_X.AreaOfInterest.YMax
' เพิ่มค่า extent
Dim dXMax_Q, dXMax_X, dYMin_Q, dYMin_X, dXMin_Q, dXMin_X, dYMax_Q, dYMax_X As
Double
Dim extent_new As Integer
extent_new = Val(txt_distance.Text) + 200
dXMax_Q = XMax_Q + extent_new
dXMax_X = XMax_X + extent_new
dYMin_Q = YMin_Q - extent_new
dYMin_X = YMin_X - extent_new
dXMin_Q = XMin_Q - extent_new
dXMin_X = XMin_X - extent_new
dYMax_Q = YMax_Q + extent_new
dYMax_X = YMax_X + extent_new
' แปลงค่าจาก Integer เป็น String
```

```
Dim L_Q, L_X, B_Q, B_X, R_Q, R_X, T_Q, T_X As String
R_Q = dXMax_Q.ToString()
R_X = dXMax_X.ToString()
B_Q = dYMin_Q.ToString()
B_X = dYMin_X.ToString()
L_Q = dXMin_Q.ToString()
L_X = dXMin_X.ToString()
T_Q = dYMax_Q.ToString()
T_X = dYMax_X.ToString()
' Local variables...
Dim int250 As String = TextBox12.Text & "\int250" ' "C:\Carto\Model\int250"
Dim euc250 As String = TextBox12.Text & "\euc250" ' "C:\Carto\Model\euc250"
Dim Output_direction_raster As String = TextBox12.Text & "\dir_ras"
Dim int50 As String = TextBox12.Text & "\int50" ' "C:\Carto\Model\int50"
Dim euc50 As String = TextBox12.Text & "\euc50" ' "C:\Carto\Model\euc50"
Dim euc50__2_ As String = TextBox12.Text & "\euc50_ras"
' ใส่พารามิเตอร์แต่ละค่า
lbl_Start.Text = "Start Process : " & DateTime.Now
Dim pEucDistanceTool As ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.EucDistance
pEucDistanceTool = New ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.EucDistance()
pEucDistanceTool.cell_size = TextBox3.Text
pEucDistanceTool.maximum_distance = txt_distance.Text
pEucDistanceTool.out_direction_raster = Nothing
pEucDistanceTool.in_source_data = tran250k_shp
pEucDistanceTool.out_distance_raster = euc250
gp.SetEnvironmentValue("extent", L_X & " " & B_X & " " & R_X & " " & T_X)
'lbl_Start.Text = "Start Process : " & DateTime.Now
gp.Execute(pEucDistanceTool, Nothing)
 'ใส่พารามิเตอร์
pEucDistanceTool = New ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.EucDistance()
pEucDistanceTool.cell_size = TextBox3.Text
pEucDistanceTool.maximum_distance = txt_distance.Text
pEucDistanceTool.out_direction_raster = Nothing
pEucDistanceTool.in_source_data = tran50k_shp
```

```
        pEucDistanceTool.out_distance_raster = euc50
        gp.SetEnvironmentValue("extent", L_Q & " " & B_Q & " " & R_Q & " " & T_Q)
        gp.Execute(pEucDistanceTool, Nothing)
        lbl_end.Text = "End Process : " & DateTime.Now
         'ใส่พารามิเตอร์ ' 'Process: Int...
        Dim Int_sa As ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.Int
        Int_sa = New ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.Int()
        Int_sa.in_raster_or_constant = euc250
        Int_sa.out_raster = int250
        gp.Execute(Int_sa, Nothing)
        'ใส่พารามิเตอร์
        Int_sa = New ESRI.ArcGIS.SpatialAnalystTools.Int()
        Int_sa.in_raster_or_constant = euc50
        Int_sa.out_raster = int50
        gp.Execute(Int_sa, Nothing)
    End Sub

    Private Sub CommandButton2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CommandButton2.Click
        lvw_result.Items.Clear()
        'เริ่มทำงาน calculate
        Dim XL As IRasterLayer
        Dim QL As IRasterLayer
        Dim XT As IRaster
        Dim QT As IRaster
        XL = Findlayer("int250")
        QL = Findlayer("int50")
        XT = XL.Raster
        QT = QL.Raster
        Dim pRasterColX As IRasterBandCollection
        Dim pRasterColQ As IRasterBandCollection
        pRasterColX = XL.Raster
        pRasterColQ = QL.Raster
        Dim pBandX As IRasterBand
```

```
Dim pBandQ As IRasterBand
pBandX = pRasterColX.Item(0)
pBandQ = pRasterColQ.Item(0)
' Get the raster table
Dim pTableX As ITable
Dim pTableQ As ITable
Dim TableExist As Boolean
pBandX.HasTable(TableExist)
pBandQ.HasTable(TableExist)
If Not TableExist Then Exit Sub
pTableX = pBandX.AttributeTable
pTableQ = pBandQ.AttributeTable
'n = number of loop
'bd = buffer distance
'Math.Atan(Value) : Value specifies the tangent value to return the arc tangent.
Dim X, Q, X_Q, DE, bd, n, ibd, pi As Double
pi = 4 * Math.Atan(1)
ibd = TextBox4.Text 'ObjEx.Application.Cells(1, 4).Value
n = TextBox5.Text 'ObjEx.Application.Cells(2, 4).Value
bd = TextBox6.Text 'ObjEx.Application.Cells(3, 4).Value
Dim pCursorX As ICursor
Dim pCursorQ As ICursor
Dim pStatResultsX As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pStatResultsQ As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pDataX As IDataStatistics
Dim pDataQ As IDataStatistics
Dim pQueryFilter As IQueryFilter
Dim pLogicalOp As ILogicalOp
Dim pOutputRaster As IGeoDataset2
Dim pRLayer As IRasterLayer
Dim pMap As IMap
Dim pMxDoc As IMxDocument
Dim pDescX As IRasterDescriptor
Dim pDescQ As IRasterDescriptor
```

```
Dim pRasterColX_Q As IRasterBandCollection
Dim pBandX_Q As IRasterBand
Dim pTableX_Q As ITable
Dim pQueryFilter2 As IQueryFilter
pQueryFilter2 = New QueryFilter
pQueryFilter2.WhereClause = "VALUE <= 2"
Dim pCursorX_Q As ICursor
Dim pStatResultsX_Q As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pDataX_Q As IDataStatistics
Dim bs As Double
'--------------------------------------------------
Dim pQueryFilter300 As IQueryFilter
pQueryFilter300 = New QueryFilter
pQueryFilter300.WhereClause = "VALUE <= " & TextBox7.Text
Dim pQueryFilter1 As IQueryFilter
pQueryFilter1 = New QueryFilter
pQueryFilter1.WhereClause = "VALUE <= " & bs
Dim pDataX1 As IDataStatistics
Dim pDataQ1 As IDataStatistics
Dim pCursorX1 As ICursor
Dim pCursorQ1 As ICursor
Dim pStatResultsX1 As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pStatResultsQ1 As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pStatResultsC As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pStatResultsM As esriSystem.IStatisticsResults
pDataX1 = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
pDataQ1 = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
pDataX1.Field = "COUNT"
pDataQ1.Field = "COUNT"
pCursorX1 = pTableX.Search(pQueryFilter1, True)
pCursorQ1 = pTableQ.Search(pQueryFilter1, True)
pDataX1.Cursor = pCursorX1
pDataQ1.Cursor = pCursorQ1
'----------------------------------------
```

```
pStatResultsX1 = pDataX1.Statistics
pStatResultsQ1 = pDataQ1.Statistics
pStatResultsC = pDataX1.Statistics
pStatResultsM = pDataQ1.Statistics
Dim pLogicalOpC As ILogicalOp
Dim pLogicalOpM As ILogicalOp
Dim pOutputRasterC As IGeoDataset
Dim pOutputRasterM As IGeoDataset
Dim pRLayerC As IRasterLayer
Dim pRLayerM As IRasterLayer
Dim pDescX300 As IRasterDescriptor
Dim pDescX1 As IRasterDescriptor
Dim pDescQ300 As IRasterDescriptor
Dim pDescQ1 As IRasterDescriptor
pLogicalOpC = New RasterMathOps
pLogicalOpM = New RasterMathOps
pDescX300 = New RasterDescriptor
pDescQ300 = New RasterDescriptor
pDescX1 = New RasterDescriptor
pDescQ1 = New RasterDescriptor
pDescX300.Create(XT, pQueryFilter300, "VALUE")
pDescQ300.Create(QT, pQueryFilter300, "VALUE")
pDescX1.Create(XT, pQueryFilter1, "VALUE")
pDescQ1.Create(QT, pQueryFilter1, "VALUE")
' Calls the method
pOutputRasterC = pLogicalOpC.BooleanAnd(pDescX300, pDescQ1)
pOutputRasterM = pLogicalOpM.BooleanAnd(pDescX1, pDescQ300)
' Create the output raster layer and add it to the active map.
pRLayerC = New RasterLayer
pRLayerC.CreateFromRaster(pOutputRasterC)
pRLayerM = New RasterLayer
pRLayerM.CreateFromRaster(pOutputRasterM)
Dim pRasterColC As IRasterBandCollection
Dim pRasterColM As IRasterBandCollection
```

```
Dim pBandC As IRasterBand
Dim pBandM As IRasterBand
Dim pTableC As ITable
Dim pTableM As ITable
Dim pDataC As IDataStatistics
Dim pDataM As IDataStatistics
Dim pCursorC As ICursor
Dim pCursorM As ICursor
pRasterColC = pRLayerC.Raster
pRasterColM = pRLayerM.Raster
pBandC = pRasterColC.Item(0)
pBandM = pRasterColM.Item(0)
pTableC = pBandC.AttributeTable
pTableM = pBandM.AttributeTable
pDataC = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
pDataC.Field = "COUNT"
pDataM = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
pDataM.Field = "COUNT"
pCursorC = pTableC.Search(pQueryFilter2, True)
pDataC.Cursor = pCursorC
pCursorM = pTableM.Search(pQueryFilter2, True)
pDataM.Cursor = pCursorM
Dim C, M, X1, Q1, com, mis, DEi As Double
pStatResultsC = pDataC.Statistics
pStatResultsM = pDataM.Statistics
C = pStatResultsC.Sum
M = pStatResultsM.Sum
X1 = pStatResultsX1.Sum
Q1 = pStatResultsQ1.Sum
com = C / Q1
mis = 1 - (M / X1)
TextBox10.Text = com
TextBox11.Text = mis
'---------------------------------------------------------------------
```

```
For i = 1 To n
    bs = ibd + ((i - 1) * bd)
    ' คำนวนค่า bs ในแต่ละรอบที่เพิ่มขึ้นตามสูตรด้านบน
    pQueryFilter = New QueryFilter
    pQueryFilter.WhereClause = "VALUE <= " & bs
    pDataX = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
    pDataQ = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
    pDataX.Field = "COUNT"
    pDataQ.Field = "COUNT"
    pCursorX = pTableX.Search(pQueryFilter, True)
    pCursorQ = pTableQ.Search(pQueryFilter, True)
    pDataX.Cursor = pCursorX
    pDataQ.Cursor = pCursorQ
    'Intersec Q ^ X
    pLogicalOp = New RasterMathOps
    'Set pMxDoc = ThisDocument
    'Set pMap = pMxDoc.FocusMap
    pDescX = New RasterDescriptor
    pDescQ = New RasterDescriptor
    pDescX.Create(XT, pQueryFilter, "VALUE")
    pDescQ.Create(QT, pQueryFilter, "VALUE")
    ' Calls the method
    pOutputRaster = pLogicalOp.BooleanAnd(pDescX, pDescQ)
    ' Create the output raster layer and add it to the active map.
    pRLayer = New RasterLayer
    pRLayer.CreateFromRaster(pOutputRaster)
    pRLayer.Name = "QandX"
    'pMap.AddLayer(pRLayer)
    pRasterColX_Q = pRLayer.Raster
    pBandX_Q = pRasterColX_Q.Item(0)
    pTableX_Q = pBandX_Q.AttributeTable
    pDataX_Q = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
    pDataX_Q.Field = "COUNT"
    pCursorX_Q = pTableX_Q.Search(pQueryFilter2, True)
```

```
        pDataX_Q.Cursor = pCursorX_Q
        'SumCount from X,Q
        pStatResultsX = pDataX.Statistics
        pStatResultsQ = pDataQ.Statistics
        pStatResultsX_Q = pDataX_Q.Statistics
        Dim Pixcel_size As Integer
        Pixcel_size = Val(TextBox3.Text)
        Dim sum_from_pStatResultsX_perpixcell As Integer
        Dim sum_from_pStatResultsQ_perpixcell As Integer
        Dim sum_from_pStatResultsX_Q_perpixcell As Integer
        Dim sum_from_pStatResultsX As Double
        Dim sum_from_pStatResultsQ As Double
        Dim sum_from_pStatResultsX_Q As Double
        sum_from_pStatResultsX = pStatResultsX.Sum
        sum_from_pStatResultsQ = pStatResultsQ.Sum
        sum_from_pStatResultsX_Q = pStatResultsX_Q.Sum
        ' คำนวณ()
        sum_from_pStatResultsX_perpixcell = sum_from_pStatResultsX / Pixcel_size
        sum_from_pStatResultsQ_perpixcell = sum_from_pStatResultsQ / Pixcel_size
        sum_from_pStatResultsX_Q_perpixcell = sum_from_pStatResultsX_Q / Pixcel_size
        X = sum_from_pStatResultsX_perpixcell
        Q = sum_from_pStatResultsQ_perpixcell
        X_Q = sum_from_pStatResultsX_Q_perpixcell
        DE = (pi * bs) * ((Q - X_Q) / X)
        DEi = (pi * bs) * (((Q - X_Q) - (Q * (1 - com))) / (X * (1 - mis)))
        'Dim i As Integer
        Dim str() As String = New String() {i, bs, Q, X, X_Q, DE, "", "", DEi, "", ""}
        Dim pitem As ListViewItem = New ListViewItem(str)
        lvw_result.Items.Add(pitem)
    Next i
End Sub
```

```
    Private Sub CommandButton4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CommandButton4.Click
        Calculate()
    End Sub
    Private Sub CommandButton3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CommandButton3.Click
        Dim fileName As String = getFileName(tempFile)
        Dim filePath As String = getFilePath(tempFile)
        CreateGraph("Q", "Ang", "กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะ Buffer กับ DE", filePath, fileName)
    End Sub
    Private Sub CommandButton5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CommandButton5.Click
        Dim fileName As String = getFileName(tempFile)
        Dim filePath As String = getFilePath(tempFile)
        CreateGraph("Q", "Angi", "กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะ Buffer กับ DEi", filePath, fileName)
    End Sub
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button1.Click
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        ' Now drill into the ArcObjects to get set the map's IActiveView Event Handler
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim folder As FolderBrowserDialog = New FolderBrowserDialog
        folder.Description = "Browse for Folder"
        folder.ShowNewFolderButton = True
        folder.RootFolder = Environment.SpecialFolder.MyComputer
        If folder.ShowDialog() = System.Windows.Forms.DialogResult.OK Then
            Arcgis_Path.Text = folder.SelectedPath
        End If
    End Sub
```

```
    Private Sub SearchButton4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles SearchButton4.Click
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        ' Now drill into the ArcObjects to get set the map's IActiveView Event Handler
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim openFileDialog1 As New OpenFileDialog()
        Dim strm As System.IO.Stream
        openFileDialog1.InitialDirectory = "c:\"
        openFileDialog1.Filter = "result files (*.csv)|*.csv"
        openFileDialog1.FilterIndex = 2
        openFileDialog1.RestoreDirectory = True
        If openFileDialog1.ShowDialog() = System.Windows.Forms.DialogResult.OK Then
            strm = openFileDialog1.OpenFile()
            Result_Path.Text = openFileDialog1.FileName.ToString()
            If Not Result_Path.Text = "" Then
                getItemFromResult()
            End If
        End If
    End Sub

    Private Sub Arcgis_Path_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Arcgis_Path.TextChanged
    End Sub
    Private Sub Label10_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Label10.Click
    End Sub
    Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button2.Click
        Dim application As IApplication = Tool5.m_application ''connect arcgis
        ' Now drill into the ArcObjects to get set the map's IActiveView Event Handler
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
```

```
Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
Dim pMap As IMap
pMap = mxDocument.FocusMap
Dim pOutputRasterX_Q As IGeoDataset
Dim pRLayerX_Q As IRasterLayer
pRLayerX_Q = New RasterLayer
Dim buffer_distance As Double
buffer_distance = Val(TextBox13.Text)
Dim Pixcel_size As Integer
Pixcel_size = Val(TextBox3.Text)
Dim XL As IRasterLayer
Dim QL As IRasterLayer
Dim XT As IRaster
Dim QT As IRaster
XL = Findlayer("int250")
QL = Findlayer("int50")
If XL.Name <> "int250" Then
   MsgBox("ไม่พบชั้นข้อมูล int250")
   Exit Sub
End If
If QL.Name <> "int50" Then
   MsgBox("ไม่พบชั้นข้อมูล int50")
   Exit Sub
End If
XT = XL.Raster
QT = QL.Raster
Dim pRasterColX As IRasterBandCollection
Dim pRasterColQ As IRasterBandCollection
pRasterColX = XL.Raster
pRasterColQ = QL.Raster
Dim pBandX As IRasterBand
Dim pBandQ As IRasterBand
pBandX = pRasterColX.Item(0)
pBandQ = pRasterColQ.Item(0)
```

```
' Get the raster table
    Dim pTableX As ITable
    Dim pTableQ As ITable
    Dim TableExist As Boolean
    pBandX.HasTable(TableExist)
    pBandQ.HasTable(TableExist)
    If Not TableExist Then Exit Sub
    pTableX = pBandX.AttributeTable
    pTableQ = pBandQ.AttributeTable
    Dim pDataC As IDataStatistics
    Dim pCursorC As ICursor
    Dim pQueryFilter2 As IQueryFilter
    pQueryFilter2 = New QueryFilter
    pQueryFilter2.WhereClause = "VALUE = 0"
    pDataC = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
    pDataC.Field = "COUNT"
    pCursorC = pTableX.Search(pQueryFilter2, True)
    pDataC.Cursor = pCursorC
    Dim pStatResultsX As ESRI.ArcGIS.esriSystem.IStatisticsResults
    ' หาร buffer ด้วย pixcell
    Dim sum_from_buffer As Double
    Dim sum_from_buffer_perpixcell As Double
    pStatResultsX = pDataC.Statistics
    Pixcel_size = Val(TextBox3.Text)
    sum_from_buffer = pStatResultsX.Sum
    sum_from_buffer_perpixcell = sum_from_buffer / Pixcel_size
    Dim pQueryFilterQ_distance As IQueryFilter
    pQueryFilterQ_distance = New QueryFilter
    pQueryFilterQ_distance.WhereClause = "VALUE <= " & buffer_distance
    pCursorC = pTableQ.Search(pQueryFilterQ_distance, True)
    pDataC.Cursor = pCursorC
    Dim pStatResultsQ As ESRI.ArcGIS.esriSystem.IStatisticsResults
    Dim sum_from_bufferQ_distance As Double
    pStatResultsQ = pDataC.Statistics
```

```
sum_from_bufferQ_distance = pStatResultsQ.Sum
' หาร buffer ด้วย pixcell
Dim sum_sum_from_bufferQ_distance As Double
Dim sum_from_bufferQ_distance_perpixcell As Double
sum_sum_from_bufferQ_distance = pStatResultsQ.Sum
sum_from_bufferQ_distance_perpixcell = sum_sum_from_bufferQ_distance / Pixcel_size
Dim pLogicalOpX_Q As ILogicalOp
Dim pLogicalOpM As ILogicalOp
pLogicalOpX_Q = New RasterMathOps
pLogicalOpM = New RasterMathOps
Dim pDescX As IRasterDescriptor
Dim pDescQ As IRasterDescriptor
pDescX = New RasterDescriptor
pDescQ = New RasterDescriptor
pDescX.Create(XT, pQueryFilter2, "VALUE")
pDescQ.Create(QT, pQueryFilterQ_distance, "VALUE")
pOutputRasterX_Q = pLogicalOpX_Q.BooleanAnd(pDescX, pDescQ)
pRLayerX_Q.CreateFromRaster(pOutputRasterX_Q)
pRLayerX_Q.Name = "Q_intersect_X"
'pMap.AddLayer(pRLayerX_Q)
Dim pRasterColX_Q As IRasterBandCollection
Dim pBandX_Q As IRasterBand
Dim pTableX_Q As ITable
Dim pCursorX_Q As ICursor
Dim pStatResultsX_Q As esriSystem.IStatisticsResults
Dim pDataX_Q As IDataStatistics
Dim pQueryFilterX_Q As IQueryFilter
pQueryFilterX_Q = New QueryFilter
pQueryFilterX_Q.WhereClause = "VALUE = 0"
pRasterColX_Q = pRLayerX_Q.Raster
pBandX_Q = pRasterColX_Q.Item(0)
pTableX_Q = pBandX_Q.AttributeTable
pDataX_Q = New ESRI.ArcGIS.Geodatabase.DataStatisticsClass
pDataX_Q.Field = "COUNT"
```

```
        pCursorX_Q = pTableX_Q.Search(pQueryFilterX_Q, True)
        pDataX_Q.Cursor = pCursorX_Q
        'SumCount from X,Q
        pStatResultsX_Q = pDataX_Q.Statistics
        Dim sumX_Q As Double
        sumX_Q = pStatResultsX_Q.Sum
        'ค่าที่ได้ต้องทำการหารด้วยขนาดของ pixel
        Dim sumX_Q_perpixcell As Double
        sumX_Q_perpixcell = sumX_Q / Pixcel_size
        'คำนวณหา %
        Dim Percen_of_X As Integer
        Percen_of_X = (100 * sumX_Q_perpixcell) / sum_from_buffer_perpixcell
        'ให้ใส่ buffer ใหม่
        Dim percent As String = TextBox14.Text
        Dim Bufer_Dis As String = TextBox13.Text
        If Percen_of_X = 50 = True Then
            MsgBox("ได้ระยะ Hausdorff Distance ที่ 50%")
            TextBox15.Text = Bufer_Dis
        ElseIf Percen_of_X <> percent = True Then
            MsgBox(" ระยะ Buffer ที่ " & Bufer_Dis & "m." & Environment.NewLine & " ซ้อนทับเส้น Q อยู่ " &
Percen_of_X & "%" & Environment.NewLine & " กรุณาเปลี่ยนระยะ Buffer ใหม่ค่ะ ")
            TextBox13.Text = Bufer_Dis
        ElseIf Percen_of_X <> 50 & Percen_of_X = percent = True Then
            MsgBox(" ระยะ Buffer ที่ " & Bufer_Dis & "m." & Environment.NewLine & " ตรงกับระดับความ
เชื่อมั่นที่ต้องการแล้ว แต่ยังไม่ได้ค่า Hausdorff Distance " & Environment.NewLine & "กรุณาเปลี่ยนระยะ
Buffer ใหม่ เพื่อสามารถคำนวณค่า Hausdorff Distance ค่ะ")
            TextBox13.Text = Bufer_Dis
        ElseIf Percen_of_X = 50 & Percen_of_X = percent = True Then
            MsgBox("ได้ผลลัพธ์ครบถ้วน")
            TextBox13.Text = Bufer_Dis
            TextBox15.Text = Bufer_Dis
        End If
    End Sub
End Class
```

```
<Global.Microsoft.VisualBasic.CompilerServices.DesignerGenerated()> _
Partial Class frm_analysis
    Inherits System.Windows.Forms.Form
    'Form overrides dispose to clean up the component list.
    <System.Diagnostics.DebuggerNonUserCode()> _
    Protected Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As Boolean)
        Try
            If disposing AndAlso components IsNot Nothing Then
                components.Dispose()
            End If
        Finally
            MyBase.Dispose(disposing)
        End Try
    End Sub
    'Required by the Windows Form Designer
    Private components As System.ComponentModel.IContainer
    'NOTE: The following procedure is required by the Windows Form Designer
    'It can be modified using the Windows Form Designer.
    'Do not modify it using the code editor.
    <System.Diagnostics.DebuggerStepThrough()> _
    Private Sub InitializeComponent()
        'lbl_Start
        Me.lbl_Start.AutoSize = True
        Me.lbl_Start.Location = New System.Drawing.Point(35, 551)
        Me.lbl_Start.Name = "lbl_Start"
        Me.lbl_Start.Size = New System.Drawing.Size(70, 13)
        Me.lbl_Start.TabIndex = 1
        Me.lbl_Start.Text = "Strat Process"        '
        'lbl_end
          Me.lbl_end.AutoSize = True
        Me.lbl_end.Location = New System.Drawing.Point(35, 579)
        Me.lbl_end.Name = "lbl_end"
        Me.lbl_end.Size = New System.Drawing.Size(67, 13)
        Me.lbl_end.TabIndex = 2
```

```
        Me.lbl_end.Text = "End Process"
    End Sub
    Friend WithEvents lbl_Start As System.Windows.Forms.Label
    Friend WithEvents lbl_end As System.Windows.Forms.Label
End Class
```

Coding โปรแกรมเครื่องมือวิธีจับคู่จุดบนเส้นที่มีตำแหน่งอ้างอิงเชิงเส้นที่เท่ากัน

```
Imports ESRI.ArcGIS.Carto
Imports ESRI.ArcGIS.Geodatabase
Imports ESRI.ArcGIS.DataSourcesRaster
Imports ESRI.ArcGIS
Imports ESRI.ArcGIS.SpatialAnalyst
Imports ESRI.ArcGIS.GeoAnalyst
Imports ESRI.ArcGIS.ArcMapUI
Imports System.Windows.Forms
Imports ESRI.ArcGIS.Framework
Imports System.IO
Imports ESRI.ArcGIS.Geometry
Imports ESRI.ArcGIS.Editor
Imports ESRI.ArcGIS.esriSystem
Imports ESRI.ArcGIS.Display
Public Class RatioGram
    Public Shared Divide_point_num As Integer
    Public m_PointTestCollection() As PointCollection
    Public m_PointRefCollection() As PointCollection
    Private Sub RatioGram_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
        Dim application As ESRI.ArcGIS.Framework.IApplication = Tool1.m_application ''connect arcgis
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim pMxdoc As IMxDocument = application.Document
        Dim pMap As IMap = pMxdoc.FocusMap
        Dim pStTabColl As IStandaloneTableCollection = pMap
        Dim pLayer As ILayer
        Dim i As Integer
        Dim pFeatLayer As IFeatureLayer
        For i = 0 To pMap.LayerCount - 1
            pLayer = pMap.Layer(i)
            If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
```

```
            pFeatLayer = pLayer
            If pFeatLayer.FeatureClass.ShapeType = esriGeometryType.esriGeometryPolyline Then
               ComboBox1.Items.Add(pLayer.Name)
               ComboBox2.Items.Add(pLayer.Name)
            End If
         End If
      Next i
   End Sub
   Private Sub TextBox1_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs)
   End Sub
   Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button2.Click
      Dim application As ESRI.ArcGIS.Framework.IApplication = Tool1.m_application ''connect arcgis
      Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
      Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
      Dim pMxdoc As IMxDocument = application.Document
      Dim pMap As IMap = pMxdoc.FocusMap
      Dim pLayer(0 To 1) As ILayer
      Dim pFields As IFields
      pLayer(0) = Module1.FindLayer(ComboBox1.Text)
      pLayer(1) = Module1.FindLayer(ComboBox2.Text)
      If pLayer(0) Is Nothing Or pLayer(1) Is Nothing Then
         MsgBox("ไม่สามารถคำนวณหา RatioGram ได้ ตรวจสอบชั้นข้อมูล", vbCritical, "Can't calculate
RatioGram")
         Exit Sub
      End If
      'numDivide = Integer.Parse(TextBox1.Text)
      'numArray = numDivide + 1
      'numIncrese = 1 / numDivide
      Dim editorUID As UID
      editorUID = New UID
      editorUID.Value = "esriEditor.Editor"
```

```
Dim editor As IEditor
editor = (application.FindExtensionByCLSID(editorUID))
Dim pRefFeatLayer As IFeatureLayer
Dim pTestFeatLayer As IFeatureLayer
pRefFeatLayer = pLayer(0)
pTestFeatLayer = pLayer(1)
pFields = pRefFeatLayer.FeatureClass.Fields
Dim indefFieldRef = pRefFeatLayer.FeatureClass.FindField("id")
Dim indefFieldTest = pTestFeatLayer.FeatureClass.FindField("id")
Dim ProcessPointRef As IPointCollection
Dim ProcessPointTest As IPointCollection
Dim pFeatureCursorRef As IFeatureCursor
Dim pFeatureCursorTest As IFeatureCursor
Dim arrayLengthRef() As Double
Dim arrayLengthTest() As Double
Dim arrayLengthRefM() As Double
Dim arrayLengthTestM() As Double
Dim AllArrayTestRef() As Double
Dim AllArrayRefTest() As Double
Dim PointRef() As PointsXY
Dim PointTest() As PointsXY
Dim curveTest As ICurve
Dim curveRef As ICurve
pFeatureCursorRef = pRefFeatLayer.FeatureClass.Search(Nothing, False)
Dim pFeatureRef As IFeature = pFeatureCursorRef.NextFeature()
While pFeatureRef IsNot Nothing
    pFeatureCursorTest = pTestFeatLayer.FeatureClass.Search(Nothing, False)
    Dim pFeatureTest As IFeature = pFeatureCursorTest.NextFeature()
    Dim pLineRef As IPolyline
    'Dim pPointRef As IPoint
    pLineRef = pFeatureRef.Shape
    curveRef = pFeatureRef.Shape
    While pFeatureTest IsNot Nothing
        'MsgBox(pFeatureTest.Value(indefFieldTest))
```

```
            'MsgBox(pFeatureRef.Value(indefFieldRef))
            If pFeatureTest.Value(indefFieldTest) = pFeatureRef.Value(indefFieldRef) Then
               'เส้น id เดียวกัน
               Dim pLineTest As IPolyline
               'Dim pPointTest As IPoint
               pLineTest = pFeatureTest.Shape
               curveTest = pFeatureTest.Shape
               If Math.Abs(pLineRef.Length - pLineTest.Length) < 500 Then
                  'ระยะเส้นต่างกันไม่เกิน 500 เมตร
                  ProcessPointTest = CType(pLineTest, IPointCollection)
                  ProcessPointRef = CType(pLineRef, IPointCollection)
                  'ProcessPointRef.Point(0).ID
                  For d = 0 To ProcessPointTest.PointCount - 2
                     ReDim Preserve arrayLengthTest(d)
                     ReDim Preserve arrayLengthTestM(d)
                     If d = 0 Then
                        arrayLengthTestM(d) = Math.Sqrt((((ProcessPointTest.Point(d).X) -
(ProcessPointTest.Point(d + 1).X)) ^ 2) + (((ProcessPointTest.Point(d).Y) - (ProcessPointTest.Point(d
+ 1).Y)) ^ 2))
                        arrayLengthTest(d) = ((Math.Sqrt((((ProcessPointTest.Point(d).X) -
(ProcessPointTest.Point(d + 1).X)) ^ 2) + (((ProcessPointTest.Point(d).Y) - (ProcessPointTest.Point(d
+ 1).Y)) ^ 2))) / pLineTest.Length) * 100
                     Else
                        arrayLengthTestM(d) = arrayLengthTestM(d - 1) +
Math.Sqrt((((ProcessPointTest.Point(d).X) - (ProcessPointTest.Point(d + 1).X)) ^ 2) +
(((ProcessPointTest.Point(d).Y) - (ProcessPointTest.Point(d + 1).Y)) ^ 2))
                        arrayLengthTest(d) = arrayLengthTest(d - 1) +
((Math.Sqrt((((ProcessPointTest.Point(d).X) - (ProcessPointTest.Point(d + 1).X)) ^ 2) +
(((ProcessPointTest.Point(d).Y) - (ProcessPointTest.Point(d + 1).Y)) ^ 2))) / pLineTest.Length) * 100
                     End If
                  Next d
                  For d = 0 To ProcessPointRef.PointCount - 2
                     ReDim Preserve arrayLengthRef(d)
                     ReDim Preserve arrayLengthRefM(d)
```

```
                If d = 0 Then
                    arrayLengthRefM(d) = Math.Sqrt((((ProcessPointRef.Point(d).X) -
(ProcessPointRef.Point(d + 1).X)) ^ 2) + (((ProcessPointRef.Point(d).Y) - (ProcessPointRef.Point(d +
1).Y)) ^ 2))
                    arrayLengthRef(d) = ((Math.Sqrt((((ProcessPointRef.Point(d).X) -
(ProcessPointRef.Point(d + 1).X)) ^ 2) + (((ProcessPointRef.Point(d).Y) - (ProcessPointRef.Point(d +
1).Y)) ^ 2))) / pLineRef.Length) * 100
                Else
                    arrayLengthRefM(d) = arrayLengthRefM(d - 1) +
Math.Sqrt((((ProcessPointRef.Point(d).X) - (ProcessPointRef.Point(d + 1).X)) ^ 2) +
(((ProcessPointRef.Point(d).Y) - (ProcessPointRef.Point(d + 1).Y)) ^ 2))
                    arrayLengthRef(d) = arrayLengthRef(d - 1) +
((Math.Sqrt((((ProcessPointRef.Point(d).X) - (ProcessPointRef.Point(d + 1).X)) ^ 2) +
(((ProcessPointRef.Point(d).Y) - (ProcessPointRef.Point(d + 1).Y)) ^ 2))) / pLineRef.Length) * 100
                End If
            Next d
            Dim lengRef_inTest() As Double
            Dim lengTest_inRef() As Double
            For d = 0 To arrayLengthRef.Length - 1
                ReDim Preserve lengRef_inTest(d)
                lengRef_inTest(d) = (arrayLengthRef(d) * pLineTest.Length) / 100
            Next d
            For d = 0 To arrayLengthTest.Length - 1
                ReDim Preserve lengTest_inRef(d)
                lengTest_inRef(d) = (arrayLengthTest(d) * pLineRef.Length) / 100
            Next d
            'ทำการเรียงระยะทางทั้งสองเส้นจากเส้น ref in test
            For f = 0 To arrayLengthTestM.Length - 2
                ReDim Preserve AllArrayRefTest(f)
                AllArrayRefTest(f) = arrayLengthTestM(f)
            Next
            Dim inttemp As Integer = 0
            For f = arrayLengthTestM.Length - 1 To ((arrayLengthTestM.Length +
lengRef_inTest.Length) - 3)
```

```
                ReDim Preserve AllArrayRefTest(f)
                AllArrayRefTest(f) = lengRef_inTest(inttemp)
                inttemp = inttemp + 1
            Next
            'ทำการเรียงระยะทางทั้งสองเส้นจากเส้น test in ref
            For f = 0 To arrayLengthRefM.Length - 2
                ReDim Preserve AllArrayTestRef(f)
                AllArrayTestRef(f) = arrayLengthRefM(f)
            Next
            inttemp = 0
            For f = arrayLengthRefM.Length - 1 To ((arrayLengthRefM.Length +
lengTest_inRef.Length) - 3)
                ReDim Preserve AllArrayTestRef(f)
                AllArrayTestRef(f) = lengTest_inRef(inttemp)
                inttemp = inttemp + 1
            Next
            'sort array น้อยไปหามาก
            Dim swapped As Boolean = True
            System.Array.Sort(AllArrayRefTest)
            Dim int_j As Integer = 0
            Dim temp As Double = 0
            While swapped
                swapped = False
                For i = 0 To AllArrayRefTest.Length - 2
                    If AllArrayRefTest(i) > AllArrayRefTest(i + 1) Then
                        temp = AllArrayRefTest(i)
                        AllArrayRefTest(i) = AllArrayRefTest(i + 1)
                        AllArrayRefTest(i + 1) = temp
                        swapped = True
                    End If
                Next
            End While
            swapped = True
            temp = 0
```

```
                While swapped
                    swapped = False
                    int_j = int_j + 1
                    For i = 0 To AllArrayTestRef.Length - 2
                        If AllArrayTestRef(i) > AllArrayTestRef(i + 1) Then
                            temp = AllArrayTestRef(i)
                            AllArrayTestRef(i) = AllArrayTestRef(i + 1)
                            AllArrayTestRef(i + 1) = temp
                            swapped = True
                        End If
                    Next
                End While
                Dim pPoint As IPoint
                For i = 0 To UBound(AllArrayRefTest)
                    ReDim Preserve PointRef(i)
                    pPoint = PtConstructAlong((AllArrayRefTest(i) / curveTest.Length), curveTest,
esriSegmentExtension.esriNoExtension, True) ' Midpoint
                    PointRef(i).X = pPoint.X
                    PointRef(i).Y = pPoint.Y
                Next i
                For i = 0 To UBound(AllArrayTestRef)
                    ReDim Preserve PointTest(i)
                    pPoint = PtConstructAlong((AllArrayTestRef(i) / curveRef.Length), curveRef,
esriSegmentExtension.esriNoExtension, True) ' Midpoint
                    PointTest(i).X = pPoint.X
                    PointTest(i).Y = pPoint.Y
                Next i
                'คำนวณ  RMSE ของแต่ละจุด
                Dim X(), Y(), RMSE_Allpoint() As Double
                For i = 0 To UBound(PointRef)
                    ReDim Preserve X(i)
                    ReDim Preserve Y(i)
                    ReDim Preserve RMSE_Allpoint(i)
                    X(i) = (PointRef(i).X - PointTest(i).X) ^ 2
```

```
                    Y(i) = (PointRef(i).Y - PointTest(i).Y) ^ 2
                    RMSE_Allpoint(i) = Math.Sqrt((X(i) + Y(i)) / PointRef.Length)
                Next i
                ''rmse เฉลี่ยทุกจุดรวมกัน
                Dim RMSE_sum, RMSE_line As Double
                RMSE_sum = 0
                For i = 0 To RMSE_Allpoint.Length - 1
                    'ReDim RMSE_sum(i)
                    'ReDim RMSE_line(i)
                    RMSE_sum = RMSE_sum + RMSE_Allpoint(i)
                Next i
                RMSE_line = 0
                RMSE_line = RMSE_sum / RMSE_Allpoint.Length
                MsgBox("ID ที่" & pFeatureTest.Value(indefFieldTest) & "มีค่า RMSE =" & RMSE_line)
            Else
                'ระยะเส้นต่างกันเกิน 500 เมตร
                MsgBox("ID ที่" & pFeatureTest.Value(indefFieldTest) & "มีระยะทางต่างกันมากกว่า 500
เมตร จึงไม่นำมาคำนวน")
            End If
        Else
            'เส้น id ต่างกัน
            MsgBox("ID ที่" & pFeatureTest.Value(indefFieldTest) & "มี id ไม่ตรงกัน จึงไม่นำมาคำนวน")
        End If
        pFeatureTest = pFeatureCursorTest.NextFeature()
    End While
    pFeatureRef = pFeatureCursorRef.NextFeature()
End While
Exit Sub
End
```

```
Option Explicit On
Imports ESRI.ArcGIS.Geodatabase
Imports ESRI.ArcGIS.Geometry
Imports ESRI.ArcGIS.DataSourcesFile
Imports ESRI.ArcGIS.Framework
Imports ESRI.ArcGIS.ArcMapUI
Imports ESRI.ArcGIS.Carto
Imports ESRI.ArcGIS.Display
Public Module modCreateNewShapeFile
    Public Function CreateNewShapefile(ByVal OutFilePath As String, ByVal OutFileName As String,
ByVal FeatureType As String) As IFeatureClass
        Dim pWorkspaceFactory As IWorkspaceFactory
        pWorkspaceFactory = New ShapefileWorkspaceFactoryClass
        Dim pFeatureWorkspace As IFeatureWorkspace
        pFeatureWorkspace = pWorkspaceFactory.OpenFromFile(OutFilePath, 0)
        Dim pFlds As IFields
        pFlds = CreateFields(FeatureType)
        Dim pNewFeatureClass As IFeatureClass
        pNewFeatureClass = pFeatureWorkspace.CreateFeatureClass(OutFileName, pFlds, Nothing,
Nothing, esriFeatureType.esriFTSimple, "SHAPE", "")
        Return pNewFeatureClass
    End Function
    Public Sub t_ConstructAlong()
        On Error GoTo Errorhandler
        Dim application As IApplication = Tool1.m_application ''connect arcgis
        ' Now drill into the ArcObjects to get set the map's IActiveView Event Handler
        Dim mxDocument As IMxDocument = TryCast(application.Document, IMxDocument) ''connect
arcgis
        Dim activeView As IActiveView = mxDocument.ActiveView
        Dim pMxdoc As IMxDocument
        Dim pMap As IMap
        Dim pEnumFeat As IEnumFeature
        Dim pFeature As IFeature
        Dim pSelection As ISelection
```

```
        Dim pDisplay As IScreenDisplay
        Dim pCurve As IPolyline
        Dim pPoint As IPoint
        Dim ArrayX As Array
        pMxdoc = application.Document
        pMap = pMXDoc.FocusMap
        pSelection = pMap.FeatureSelection
        pEnumFeat = pSelection
        pEnumFeat.Reset()
        pFeature = pEnumFeat.Next
        While Not pFeature Is Nothing
            pCurve = pFeature.Shape
            'pPoint = PtConstructAlong(100, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, False)
            'MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pPoint = PtConstructAlong(0, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, True) '
'Midpoint
            MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pPoint = PtConstructAlong(0.25, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, True)
            MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pPoint = PtConstructAlong(0.5, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, True)
            MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pPoint = PtConstructAlong(0.75, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, True)
            MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pPoint = PtConstructAlong(1, pCurve, esriSegmentExtension.esriNoExtension, True)
            MsgBox("x,y = " & pPoint.X & "," & pPoint.Y)
            pFeature = pEnumFeat.Next
        End While
        Exit Sub
Errorhandler:
        MsgBox(Err.Number & "..." & Err.Description)
        Exit Sub
    End Sub
End Module
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นางสาวนลินี พรหมสาขา ณ สกลนคร

วันเดือนปีเกิด: 29 มิถุนายน พ.ศ. 2528

คุณวุฒิทางการศึกษา:

พ.ศ. 2547	วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
พ.ศ. 2554	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานทางวิชาการ: บทความตีพิมพ์

ได้รับการตีพิมพ์บทความลงในเอกสารประกอบการประชุม (ซีดีรวมบทความ ชุดที่ 2) ในงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 และทำการนำเสนอบทความในวันที่ 9-11 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรมเซนทารา 9-11 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุดรธานี