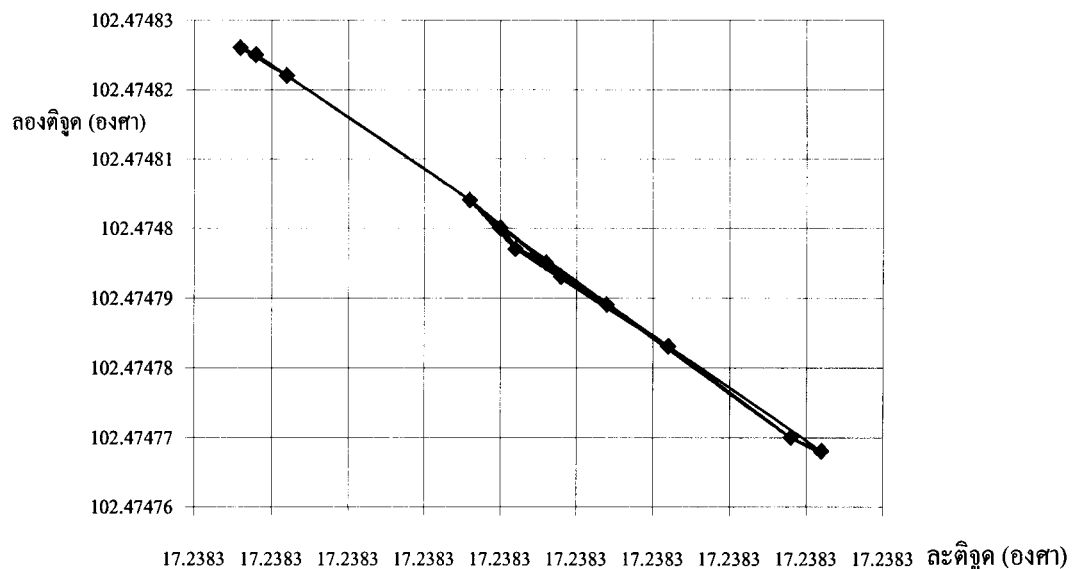


บทที่ 5

การแสดงผลของ GPS และผลการทดสอบ

5.1 อุปกรณ์และวิธีการ

5.1.1 การทดสอบค่าผิดพลาดของเครื่องรับสัญญาณ GPS ทำได้โดย นำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS วางไว้ ณ ตำแหน่งหนึ่งซึ่งเป็นตำแหน่งอ้างอิง ทำการเก็บข้อมูลตำแหน่ง ละติจูด และ ลองจิจูด ภายในเวลา 5 นาที วาดกราฟการกระจายของข้อมูลในเวลา 5 นาที จากนั้นทำการพิจารณาค่าความผิดพลาดที่เกิดจากตัวเครื่องรับสัญญาณ GPS เอง



ภาพที่ 5.1 แผนภาพการกระจายของข้อมูลจุดที่ 1

ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างข้อมูลในแนว ละติจูด มีค่า 0.00001728 องศา

ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างข้อมูลในแนว ลองจิจูด มีค่า 0.00002666 องศา

5.1.2 การแปลงหน่วย องศา (°) เป็นเมตร (m)

วิธีการแปลงหน่วยองศาเป็นเมตรของโมดูลรับสัญญาณดาวเทียมทำได้โดยการนำเสารับสัญญาณดาวเทียมของโมดูลรับสัญญาณดาวเทียม GPS วางในตำแหน่งที่ 1 เป็นเวลา 5 นาที เพื่อเก็บข้อมูลและหาค่าเฉลี่ยของพิกัดในตำแหน่ง ที่ 1 และนำเสารับสัญญาณดาวเทียมวางไว้ในตำแหน่งที่ 2 ซึ่งห่างจากตำแหน่งที่ 1 เป็นระยะทาง 1 เมตร เก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของพิกัดในตำแหน่งที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที หาค่าความแตกต่างของพิกัดเฉลี่ยทั้ง 2 ตำแหน่ง โดยพิกัดละติจูดจะวางเสารับสัญญาณดาวเทียมในแนวเหนือ – ใต้ ส่วนพิกัดลองจิจูดจะวางในแนว

ตะวันออก-ตะวันตก ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง จากตารางอ้างอิงในภาคผนวก ก หาความค่าแตกต่างเฉลี่ยของตำแหน่งทั้งสองดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การหาค่าเฉลี่ยพิกัดเพื่อแปลงองศา (°) มาเป็นหน่วยเมตร (m)

พิกัด	ค่าพิกัดเฉลี่ย(องศา)		Δ ค่าพิกัดเฉลี่ยของทั้งสองตำแหน่ง (องศา)
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	
ละติจูด	17.23830528	17.23819852	0.00010676
ลองจิจูด	102.47479934	102.47490002	0.00010068

จากตารางที่ 5.1 ในระยะทาง 1 เมตรตามแนวละติจูด มีค่าประมาณ 0.00010676 องศา และระยะทาง 1 เมตร ในแนวลองจิจูดมีค่าประมาณ 0.00010068 องศา

5.1.3 การทดสอบแบบจำลองความเฉื่อย INS โดยใช้โปรแกรม Matlab

ทำการจำลองระบบความเฉื่อย INS โดยใช้ตัวกรองสัญญาณแบบคาลมานในการแก้ปัญหามหาสมการสเตท 9 ตัวแปร ดังแสดงในสมการที่ (4.29) โดยพิจารณาแยกเป็น 2 กรณี คือ

ก) กรณีที่ 1 ความเร็วของเครื่องรับสัญญาณ GPS คงที่ ซึ่งจะได้อ่าความเร่งเป็นศูนย์

ทำการเลือกค่า Initial Error Variances และ ค่า Observation Geometry (Measurement) Matrix ในการเลือกค่าทั้งสองนั้นขึ้นอยู่กับผู้วิจัยว่าพิจารณาตัวแปรใดบ้าง สำหรับวิทยานิพนธ์เรื่องนี้พิจารณาในส่วนของตำแหน่งความเร็ว และความสูง ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าในการจำลองการทำงาน (Brown and Hwang ,1993) ดังนี้ คือ

กำหนดค่า P = Initial Error Variances ขนาด 9×9

$$P = \begin{bmatrix} 10^6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6.4 \times 10^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10^6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 10^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.4 \times 10^{-3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.4 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

ค่า H = Observation Geometry (Measurement) Matrix: ขนาด 2×9

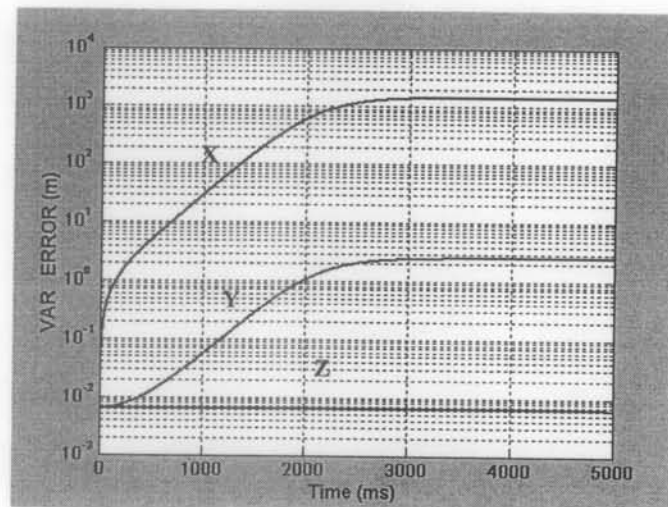
$$H = \begin{bmatrix} -0.3523 & 0 & 0 & -0.0495 & 0 & 0 & 0.9346 & 0 & 0 \\ 0.6199 & 0 & 0 & 0.7406 & 0 & 0 & 0.2593 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

ค่า R = โควาเลนซ์เมตริกซ์ของสัญญาณรบกวน ขนาด 2×2

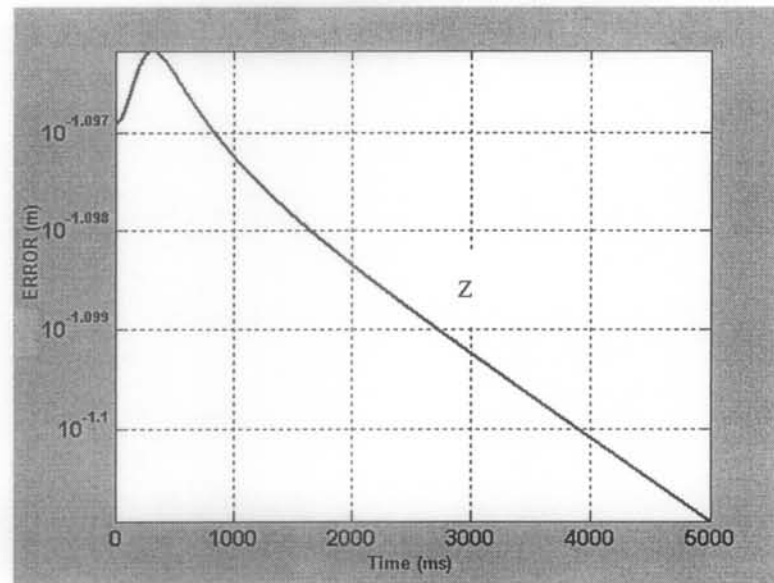
$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ INS โดยใช้สมการ (4.29) ซึ่งเมตริกซ์ F ของสมการสเตเป็นเมตริกซ์ที่มีการเปลี่ยนค่าได้ วาดกราฟค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยและค่าความผิดโควาเลนซ์ ของทั้ง 3 ตัวแปร คือ ละติจูด (X) ลองจิจูด (Y) และ ความสูง (Z) เพื่อพิจารณาผลตอบสนองของระบบเมื่อผ่านตัวกรองคาลมาน โดยกำหนดให้ ความเร็วในแนวทิศเหนือ ความเร็วในแนวทิศตะวันออก และ ความสูงคงที่ ส่วนค่าละติจูดสามารถเปลี่ยนแปลงได้

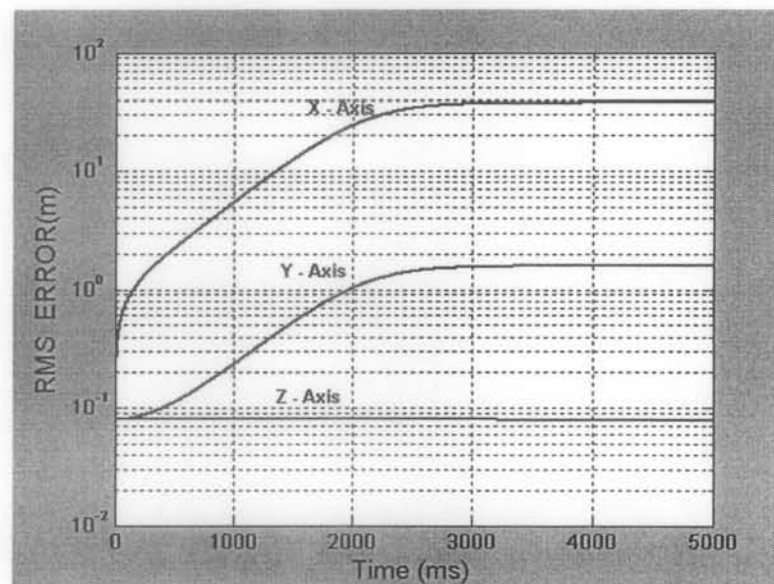
ทำการวาดกราฟ RMS Error และ Variance Error ของตัวแปร X, Y, Z ที่เวลา = 5000 ms, North Velocity = 15 m/s, East Velocity = 12 m/s, Latitude 14° , Altitude = 2 m



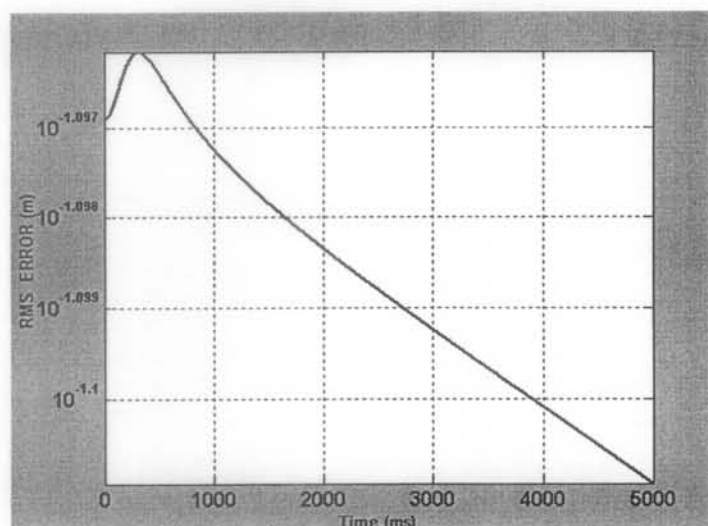
ภาพที่ 5.2 ค่าความผิดพลาดของโควาเลนซ์ เมื่อความเร็วและความสูงคงที่



ภาพที่ 5.3 ค่าความผิดพลาดโคเวเลนต์ของ Z เมื่อความเร็วและความสูงคงที่



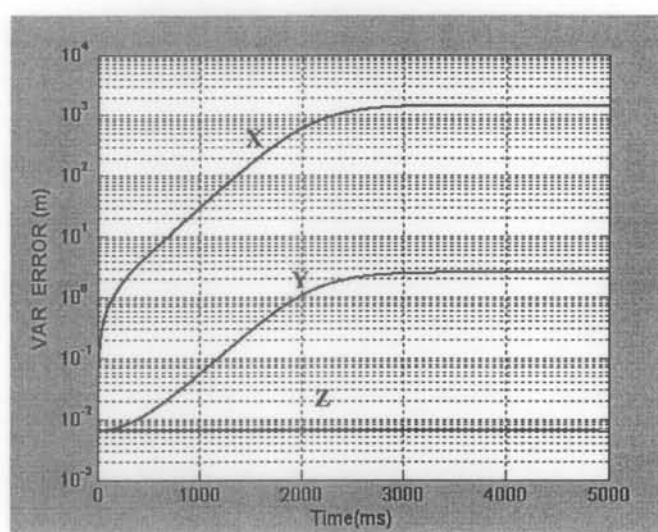
ภาพที่ 5.4 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย เมื่อความเร็วและความสูงคงที่



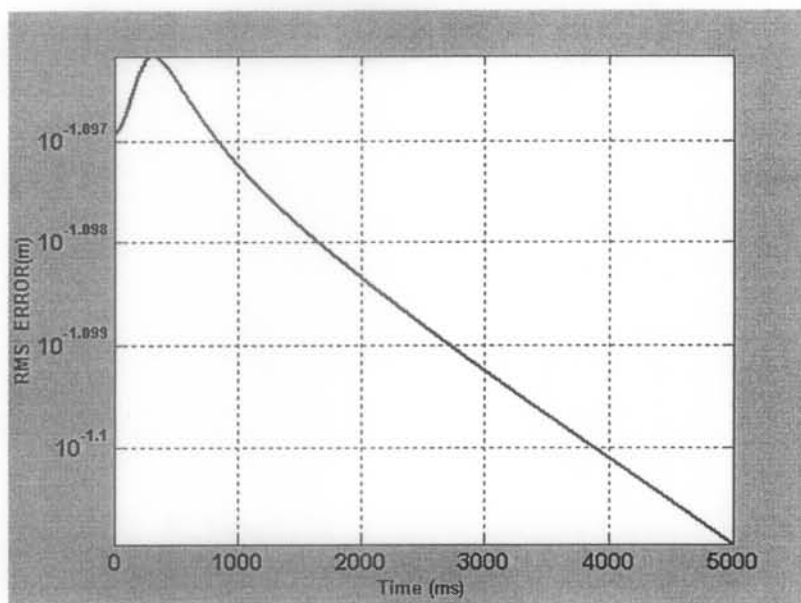
ภาพที่ 5.5 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของ Z เมื่อความเร็วและความสูงคงที่

จากภาพที่ 5.2 และ 5.4 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 มีค่าน้อยกว่าค่าความผิดพลาดของโควาเลนซ์เมื่อความเร็วและความสูงคงที่ โดยค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของ Z มีค่าน้อยมากเกือบเป็นศูนย์ โดยระบบจะเข้าสู่สภาวะคงตัวตามลำดับดังนี้ คือ ค่า X เข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 3.8 วินาที ค่า Y เข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 3.2 วินาที ค่า Z เข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 3.2 วินาที

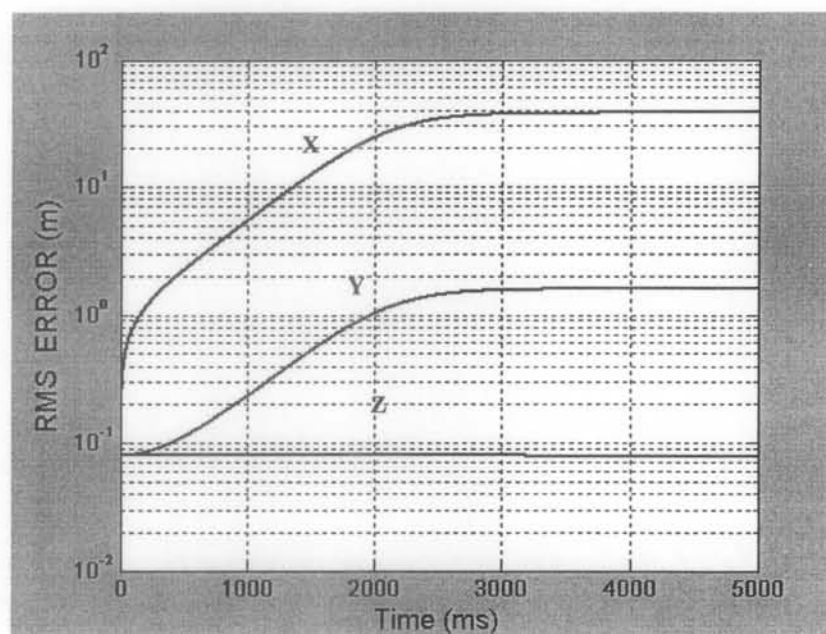
ที่เวลา = 5000 ms , North Velocity = 15 m/s , East Velocity = 12 m/s , Latitude 17.3283° ,
Altitude = 2m



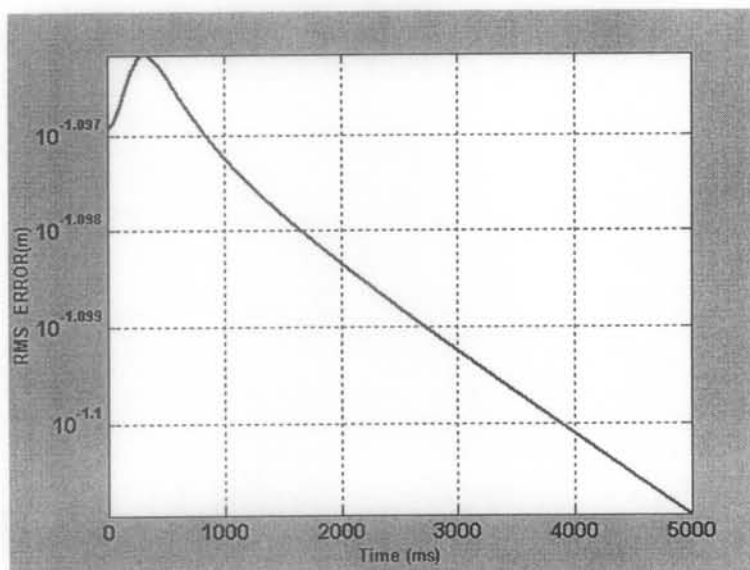
ภาพที่ 5.6 ค่าความผิดพลาดของโควาเลนซ์ เมื่อความเร็วและความสูงคงที่ ค่าละติจูดเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 5.7 ค่าความผิดพลาด โคเวเลนต์ของ Z เมื่อความเร็วและความสูงคงที่ ค่าละติจูดเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 5.8 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย เมื่อความเร็วและความสูงคงที่ ค่าละติจูดเปลี่ยนแปลง

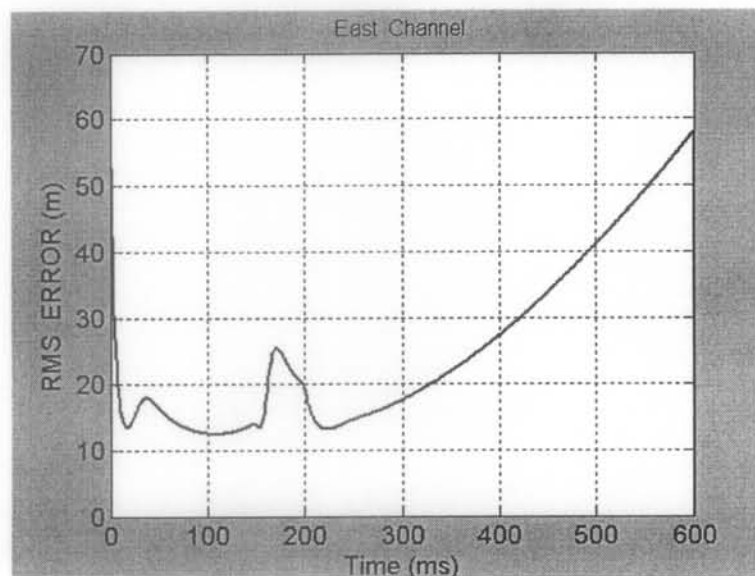


ภาพที่ 5.9 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของ Z เมื่อความเร็วและความสูงคงที่ ค่าละติจูดเปลี่ยนแปลง

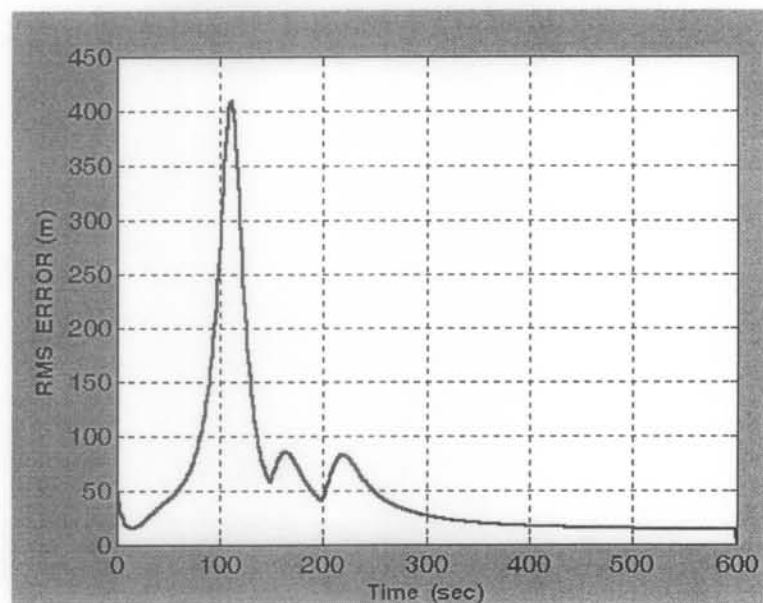
ผลจากการจำลองเมื่อกำหนดค่าตัวแปรความเร็ว ความสูงคงที่ ค่าละติจูดเปลี่ยนแปลง เมื่อผ่านตัวกรอง คาลมานค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยจะลดลงของทั้งสามตัวแปรจะมีค่าลดลง ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของ ตัวแปร Z มีค่าน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ ซึ่งค่าความผิดพลาดในของ Z แปรผันแบบผกผันกับระดับความสูง ถ้าความ สูงมากค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยจะมีค่าน้อย แต่ถ้าความสูงน้อยค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยจะมีค่ามาก ถ้าเพิ่มความเร็วทั้งในแนวทิศเหนือและทิศตะวันออกจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ได้ช้าและค่าความผิดพลาดของ กำลังสองเฉลี่ยมีค่ามาก เลือกจำนวนรอบในการทำนาค่าที่ 5,000 รอบ เนื่องจากระบบเริ่มคงตัวที่จำนวน 4,000 รอบ

ข) กรณีที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของเครื่องรับ GPS ทำให้มีความเร่งเกิดขึ้น

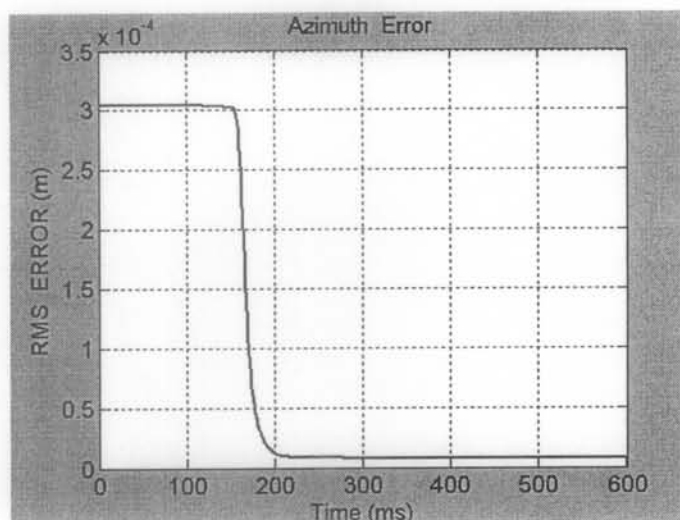
กำหนดให้เครื่องรับ GPS เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 60 km/hr เป็นเวลา 150 ms ทำการลดความเร็วลง 40 km/hr เป็นเวลา 50 ms และจากนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 40 km/hr เป็นเวลา 400 ms ระบบมีการเปลี่ยนแปลง ความเร็วทำให้มีความเร่งเกิดขึ้น ดังนั้น Observation Matrix ที่ใช้ในการพิจารณาระบบในกรณีที่ 1 จึงนำมาใช้พิจารณา ในกรณีนี้ไม่ได้ เพราะว่า Observation Matrix จะต้องเปลี่ยนแปลงตามความเร็วและเวลา



ภาพที่ 5.10 ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในแนวตะวันออก



ภาพที่ 5.11 ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของตำแหน่งในแนวทิศเหนือ



ภาพที่ 5.12 ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในแนวอะซิมูท

เมื่อความเร็วคงที่ 60 km/hr เป็นเวลา 150 ms ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในทิศตะวันออกและทิศเหนือมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น ส่วนค่าความผิดพลาดในแนวอะซิมูท เปลี่ยนแปลงแบบเป็นเชิงเส้นมีค่าความผิดพลาดคงที่ประมาณ 3.1×10^{-4} เมตร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วลดลงเป็น 40 km/hr ที่เวลา 150 – 200 ms ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในทิศตะวันออกและทิศเหนือมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น ส่วนค่าความผิดพลาดในแนวอะซิมูท มีค่าลดลงแบบเป็นเชิงเส้น ที่เวลา 200 ms ค่าความผิดพลาดในแนวอะซิมูท มีค่าความผิดพลาดคงที่ประมาณ 0.2×10^{-4} เมตร

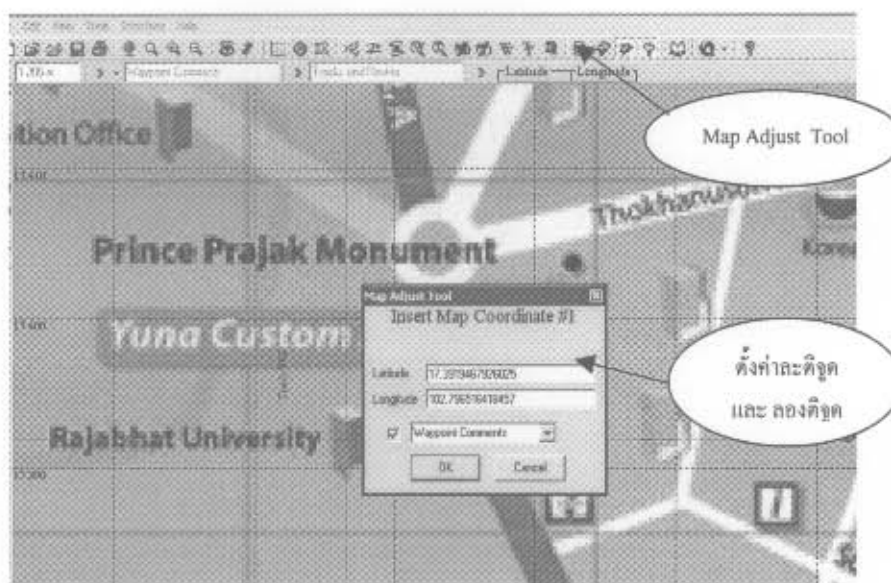
5.2 โปรแกรมแสดงผล GPS Track Maker

สำหรับวิทยานิพนธ์เรื่องนี้แสดงผลตำแหน่งของยานพาหนะโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ GPS Track Maker ซึ่งสามารถแสดงตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว บนแผนที่ได้ โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

5.2.1 เปิดโปรแกรมที่ Start All program เลือก GPS Track Maker

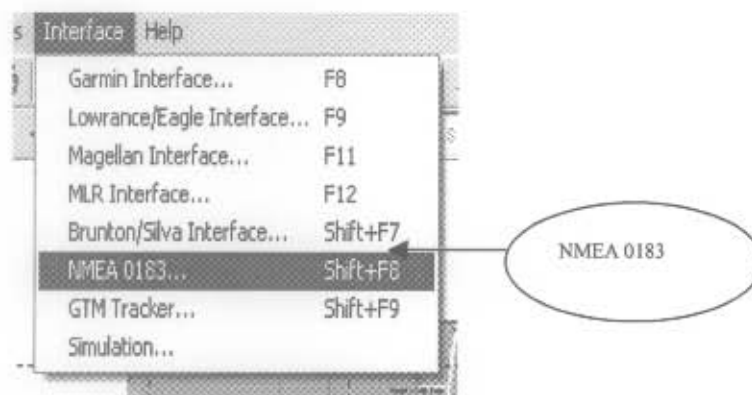
5.2.2 แทรก File รูปแผนที่ซึ่งมีนามสกุลเป็น .JPEG .GIF .BMP หรือ ไฟล์ที่เป็นรูปภาพแผนที่ที่ต้องการใช้แสดงเส้นทาง เลือกเมนู Insert Map Image  สำหรับวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ใช้แผนที่ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี มาตราส่วน 1:1,250 จากเว็บไซต์ www.Udonmap.com 2005

5.2.3 ทำการปรับตั้งพิกัดตำแหน่งของแผนที่ จากพิกัดอ้างอิงอย่างน้อย 2 จุดที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยเลือกเมนู Map Adjust Tool  แล้วเลือกจุดที่เราทราบค่าพิกัด ทำการตั้งค่าพิกัดจุดที่ 1 เป็นเทศบาลนครอุดรธานี ตำแหน่ง ละติจูดที่ 17.3919467926025 องศา และ ตำแหน่ง ลองจิจูดที่ 102.796516418457 องศา เลือกเมนู Map Adjust Tool อีกครั้งจากนั้นทำการตั้งค่าตำแหน่งที่ 2 คือวงเวียนห้าแยกน้ำพุ ละติจูดที่ 17.404296875 องศา ลองจิจูดที่ 102.793991088867 องศา



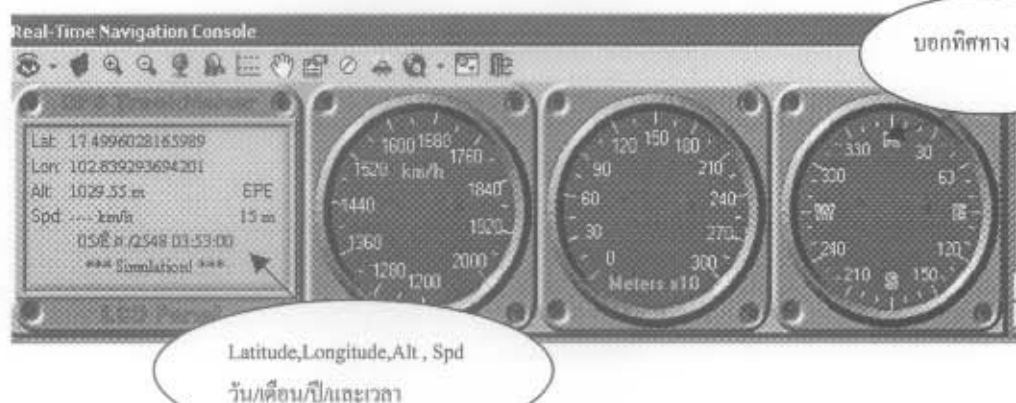
ภาพที่ 5.13 การตั้งค่าพิกัดตำแหน่งในแนวละติจูดและลองจิจูด

5.2.4 การเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณ GPS เข้ากับโปรแกรม GPS Track Maker สามารถทำได้โดยเลือกเมนู Interface จากนั้นเลือกเมนู NMEA 0183 ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องรับ GPS และ คอมพิวเตอร์ เลือก Baud Rate เป็น 4800 และช่องในการติดต่อสื่อสารผ่าน COM1



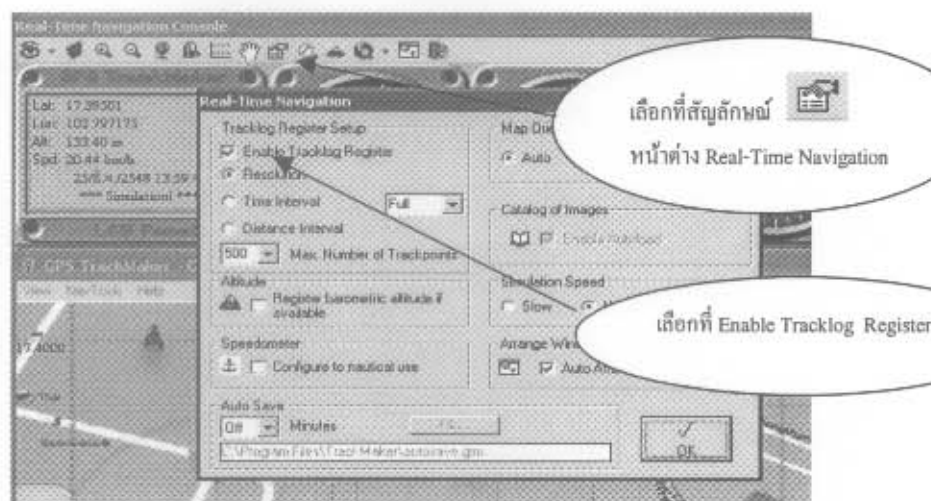
ภาพที่ 5.14 การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องรับ GPS และคอมพิวเตอร์

5.2.5 ถ้าเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวงขึ้นไปโปรแกรมจะแสดงหน้าจอ Real – Time Navigation Console ซึ่งแสดง วันที่ เวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว และความสูง ขึ้นมาทันที ดังภาพที่

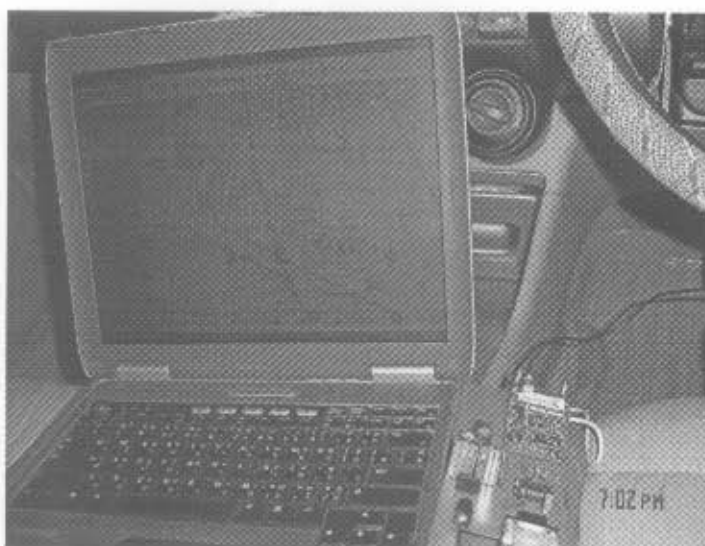


ภาพที่ 5.15 Real – Time Navigation Console เมื่อเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวง

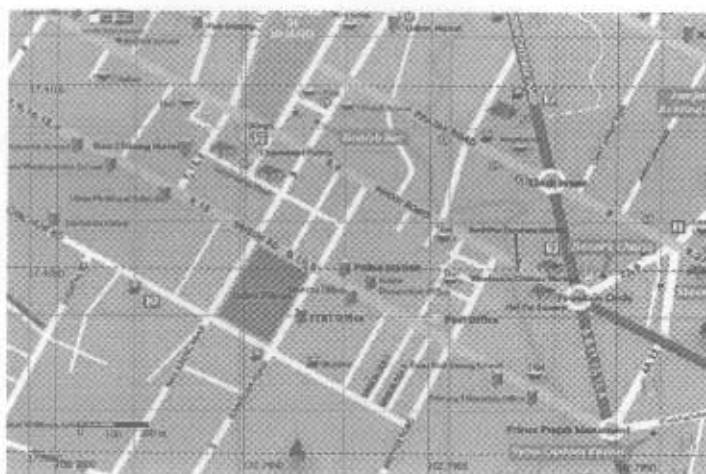
5.2.6 การแสดงเส้นทางขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ ไปในตำแหน่งต่างๆ สามารถทำได้โดยเลือกเมนู แล้วเลือก toolbox ชื่อ Enable Tracklog Register



ภาพที่ 5.16 การแสดงเส้นทางขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่



ภาพที่ 5.17 การติดตั้งเครื่องมือในรถยนต์เพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่งเส้นทางภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี 5 เส้นทาง



ภาพที่ 5.18 แผนที่เทศบาลนครอุดรธานีจากเว็บไซต์ Udonthanimap.com

5.3 การปรับแก้ค่าตำแหน่ง

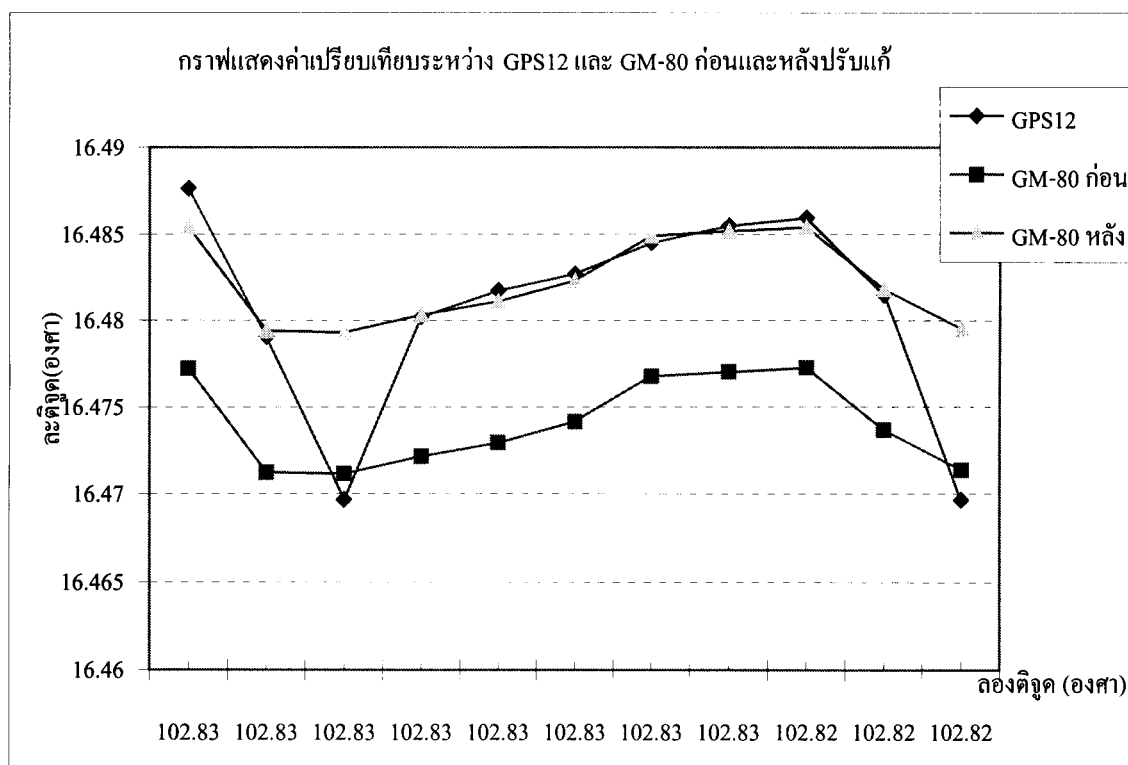
5.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ทำการคำนวณค่าความผิดพลาดของตำแหน่งโดยแทนค่าตำแหน่งที่ได้จากการเก็บข้อมูลลงในแบบจำลอง พิจารณาจากค่าความผิดพลาดของแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดของข้อมูลเครื่องรับสัญญาณ GPS GM-80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้อีกกับเครื่องรับ GPS-12 หากผลต่างความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

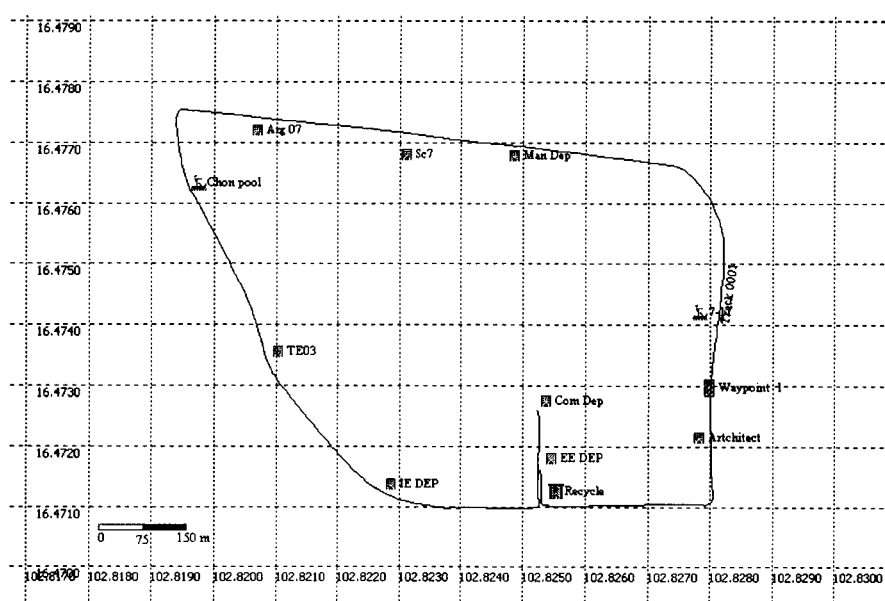
5.3.2 สำรวจเส้นทางภายใน มหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 1 เส้นทาง กำหนดตำแหน่งพิกัดที่สำคัญ และทำการวาดกราฟเปรียบเทียบค่าที่ได้จากเครื่องรับ GPS12 กับ GPS GM-80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องรับสัญญาณเมื่อผ่านตัวกรองสัญญาณแบบคาลมาน

ตารางที่ 5.2 พิกัดตำแหน่งของเส้นทางภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตำแหน่ง	GPS12			GM-80 ก่อนปรับแก้			GM-80 หลังปรับแก้		
	ละติจูด (องศา)	ลองจิจูด (องศา)	ความสูง (m)	ละติจูด (องศา)	ลองจิจูด (องศา)	ความสูง (m)	ละติจูด (องศา)	ลองจิจูด (องศา)	ความสูง (m)
ภาควิชาคอมพิวเตอร์	16.48762	102.8883	174.5	16.47719	102.8287	175.3	16.4854	102.8287	174.508
ศูนย์วิจัยเคิล	16.47903	102.8297	175	16.47122	102.8259	174.3	16.4794	102.8267	174.3801
สามแยกเกสส์	16.46966	102.8318	176	16.47117	102.828	174.5	16.4793	102.8288	174.5801
คณะสถาปัตยกรรม	16.48017	102.8317	175	16.47215	102.825	177	16.4803	102.8258	177.0801
สี่แยกศาลาพระราชม ทานปริญญาบัตร	16.48172	102.8316	176	16.47293	102.828	175	16.4811	102.8287	175.08
สะพานเห็นชอบ	16.48269	102.8318	177	16.47413	102.8282	179	16.4823	102.829	179.08
คณะมนุษยศาสตร์	16.48451	102.8319	181	16.47677	102.8267	180	16.4849	102.8275	180.08
อาคาร SC7	16.48549	102.8275	178	16.47701	102.824	179	16.4852	102.8284	179.58
ภาควิชาภูมิวิทยา	16.48594	102.8245	181	16.47725	102.8195	180.3	16.4854	102.8203	180.38
อาคาร TE03	16.48146	102.825	177	16.47365	102.8208	178	16.4818	102.8216	178.88
ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหกรรม	16.46964	102.8261	179	16.47136	102.8225	180	16.4795	102.8233	180.8



ภาพที่ 5.19 กราฟเปรียบเทียบพิกัดตำแหน่งในมหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 5.20 พิกัดตำแหน่งภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยใช้โปรแกรม GPS Track Maker

5.3.3 สํารวจเส้นทางจํานวน 5 เส้นทางโดยพิจารณาเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี และการกําหนดจํานวนดําเนินงานภายในเส้นทางขึ้นโดยพิจารณาจากระยะทางและสถานที่สําคัญระหว่างเส้นทาง

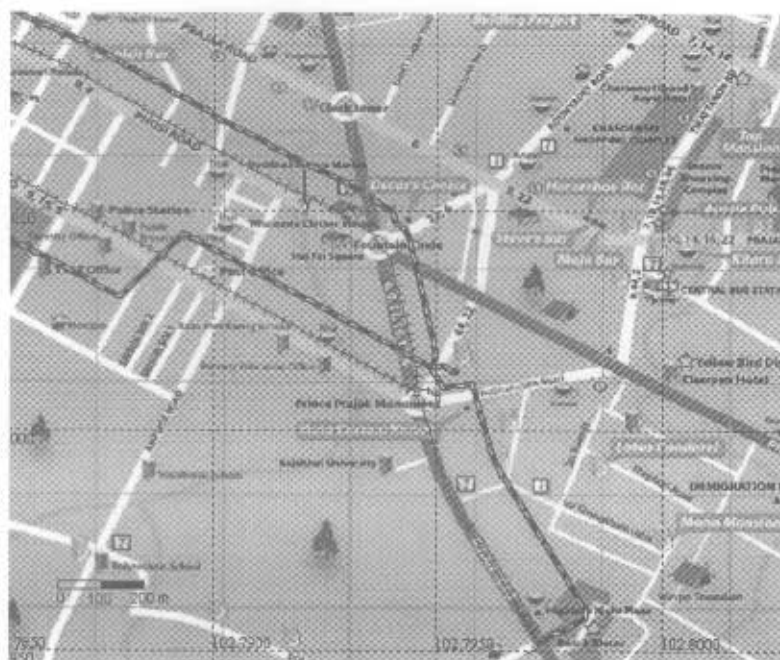
ตารางที่ 5.3 เส้นทางที่ 1 ความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนและหลังแก้ค่าดําเนินงาน กับเครื่องรับสัญญาณ GPS12

ดําเนินงาน	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
อาร์คิมิดีส	-0.18692	-1.48515	-7	0.747664	0.49505	0.4
สามแยก ข.จินตคาม	1.962617	3.960396	-1.1	-0.65421	-0.9901	-1.1
ไฮเทคสแควร์	-0.74766	-0.89109	0.6	-0.93458	-0.09901	-0.1
เซเวนอีเลฟเวฟ ถนนทหาร	0.560748	1.980198	1.1	-0.74766	-3.9604	-0.6
ม.ราชภัฏอุดรธานี	-0.74766	2.475248	1	0.841121	-0.49505	-1.1
วงเวียนกรมหลวงประจักษ์	1.775701	2.376238	-33.3	-0.74766	-0.39604	-1.4
วงเวียนห้าแยกน้ำพุ	-3.36449	-1.9802	-1.9	-0.09346	-0.9901	1.4
ตลาดห้าแยกสแควร์	-4.48598	-1.9802	-0.9	-0.84112	0.990099	0.7
ร้านอาหารมิสเตอร์ที	-12.6168	-1.9802	-1.1	-0.93458	-0.9901	1.1
โรงแรมคิงส์	-4.76636	-1.9802	1.8	0.560748	-0.9901	-0.9
สถานีดับเพลิง	-1.68224	13.46535	-0.8	-1.40187	-0.59406	1.1
สำนักงานตำรวจท้องที่	-2.42991	5.445545	-1.5	-0.46729	-0.49505	0.6
เซเวนอีเลฟเวฟบ้านโนน	-0.5514	-0.9901	-1.5	-3.17757	14.85149	0.7
พาลวิลเลียนสเปา	2.056075	17.82178	0.8	-0.28037	-17.8218	-0.9
โรงพยาบาลวัฒนา	8.317757	4.851485	-0.6	-0.46729	-1.88119	0.9
ร้านอาหารกิมลมชมิว	-4666.54	4.257426	-0.9	1.869159	-0.29703	0.5
สำนักงานเกษตรจังหวัด	9.813084	-0.9901	1.2	-1.02804	0.990099	-1.1
พระตำหนักหนองประจักษ์	6.261682	2.772277	0.7	0.747664	0.19802	0.3
สำนักงานประปา	5.981308	4.554455	2.9	-0.93458	0.39604	-3

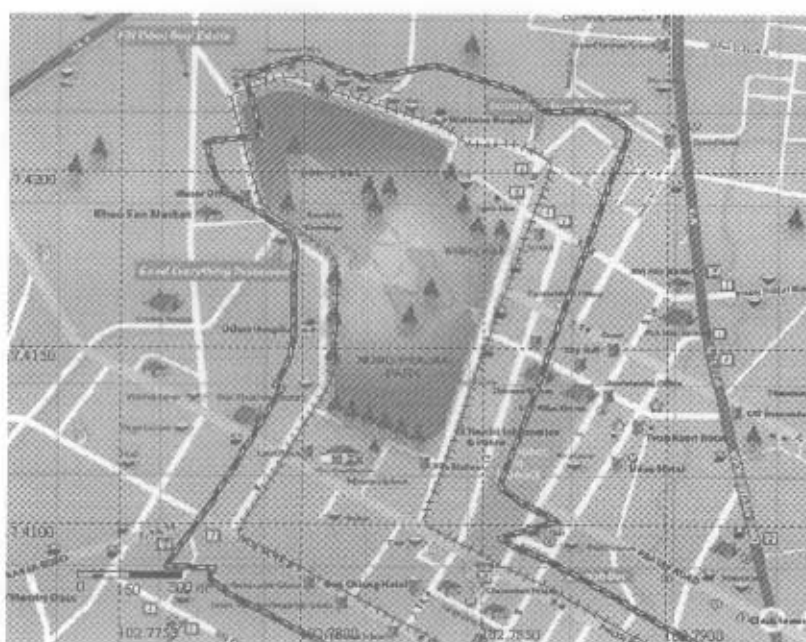
ตารางที่ 5.3 เส้นทางที่ 1 ความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนและหลังแก้ค่าตำแหน่งกับเครื่องรับสัญญาณ GPS12 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
ร้านอาหารภูคอฟเวอร์รี่ดิง	6.915888	7.227723	0.3	0.841121	-0.29703	-0.9
โรงพยาบาลอุดรธานี	1.121495	-105.248	2.1	-0.74766	0.29703	-0.9
วัดโพธิ์สมภรณ์	-1.58879	-2.9703	0.7	-0.28037	-0.9901	-0.7
สี่แยกวัดโพธิ์สมภรณ์	3.084112	-3.46535	-1.3	-1.02804	-0.49505	1.5
สี่แยกอาชีวศึกษา	0	2.970297	-0.7	1.308411	-0.9901	0.8
ร.ร.อนุบาลอุดรธานี	-3.17757	17.82178	0.9	-0.46729	-0.9901	-1.2
ร.ร.อุดรพิทยานุกูล	-6.26168	-2.67327	0.8	1.775701	-0.29703	-0.1
สำนักงานป่าไม้	-3.64486	-3.92079	0.3	-1.1215	0.950495	0.5
สกอ. เมืองอุดรธานี	-3.64486	-4.9505	-0.1	-0.74766	1.980198	0.2
ไปรษณีย์ศรีสุข	-4.6729	-3.15842	-1.2	-0.09346	0.188119	0.4
ร.ร.บ้านหมากแข้ง	-4.57944	-1.08911	1.1	-1.30841	-1.88119	-1
สำนักงานประมงศึกษา	-0.18692	-1.48515	1.4	-4.57944	-1.40594	-1.1
ค่าเฉลี่ย	-146.355	-1.63212	-1.11563	-0.44685	-0.46937	-0.17188

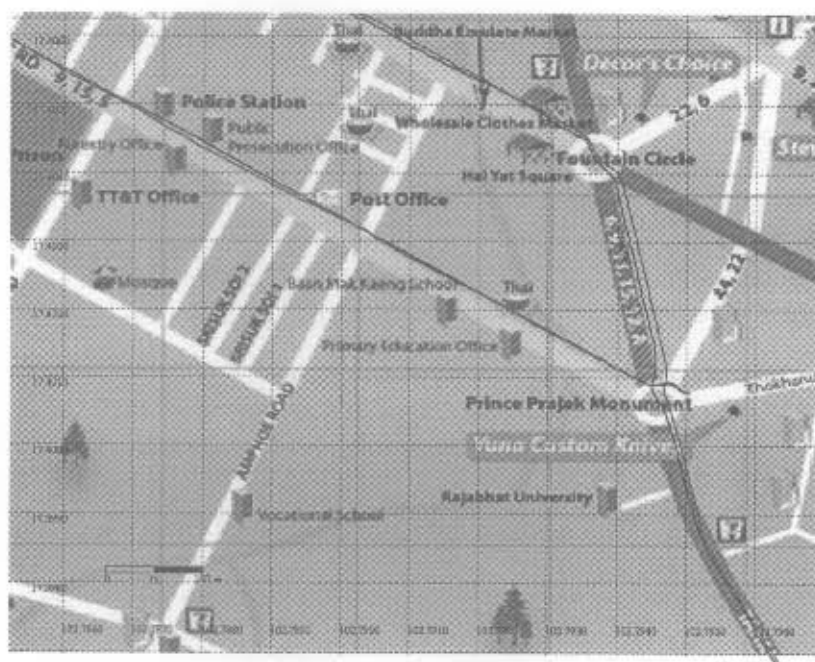
ในการปรับแก้ค่าตำแหน่งใหม่จะทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งหลายครั้งโดยพิจารณาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยหลังการปรับแก้ค่าเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของเครื่องรับ GPS12 แล้ว ถ้าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ เครื่องรับ GPS12 มีค่าความผิดพลาดของตัวเครื่องประมาณ 1-5 เมตร สาเหตุที่เลือกใช้เครื่องรับ GPS12 เป็นตัวอ้างอิงในการทดลองเนื่องจากในระบบแสดงเส้นทางยานพาหนะนิยมใช้เครื่องรุ่นนี้ในการสำรวจเส้นทาง



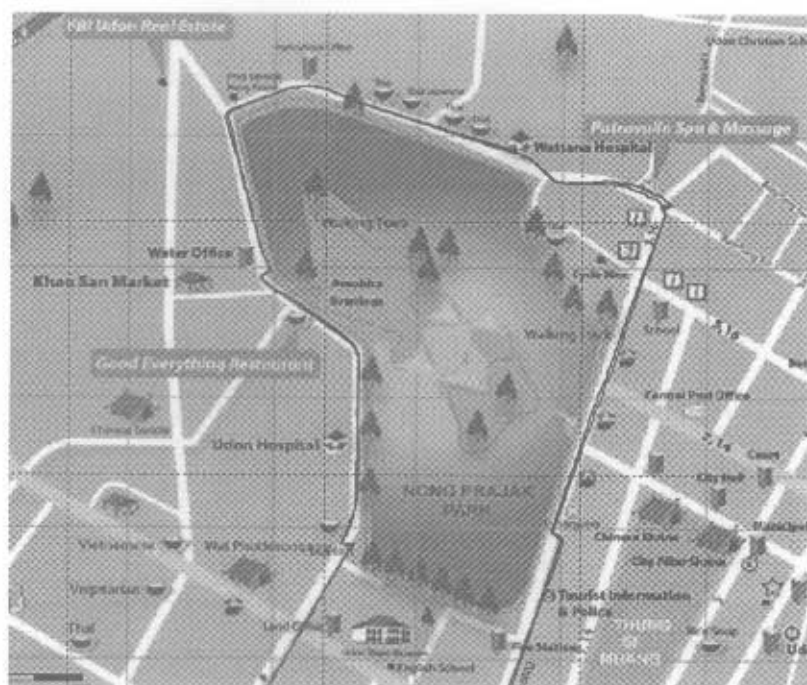
ภาพที่ 5.21 เส้นทางที่ 1 ส่วนที่ 1 เส้นหนาแสดงเส้นทางก่อนปรับแก้ตำแหน่ง เส้นบางแสดงเส้นทางหลังปรับแก้ตำแหน่งครั้งที่ 1



ภาพที่ 5.22 เส้นทางที่ 1 ส่วนที่ 2 เส้นหนาแสดงเส้นทางก่อนปรับแก้ตำแหน่ง เส้นบางแสดงเส้นทางหลังปรับแก้ตำแหน่งครั้งที่ 1



ภาพที่ 5.23 เส้นทางที่ 1 ส่วนที่ 1 หลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง



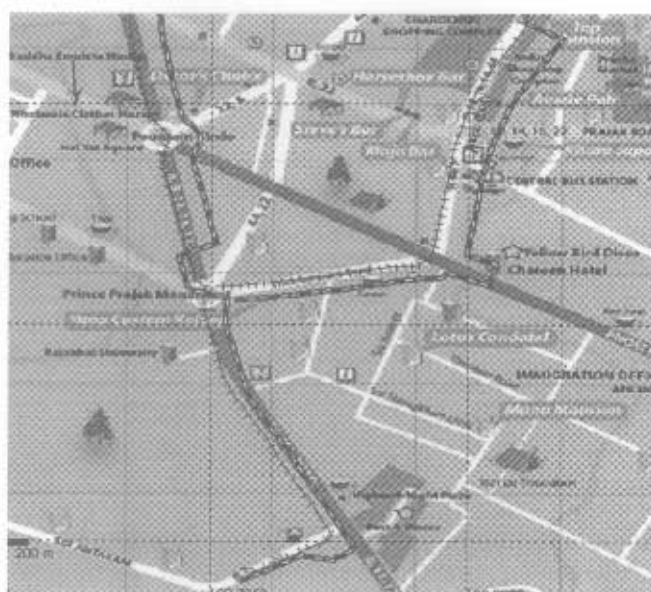
ภาพที่ 5.24 เส้นทางที่ 1 ส่วนที่ 2 หลังปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง

ตารางที่ 5.4 เส้นทางที่ 2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องรับ GPS- GM80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง
กับเครื่องรับ GPS-12

ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
คริสตจักร	-4.392523	5.6074766	0.8	-1.308411	-0.990099	0.9
Art Mini Mart	-5.700934	-2.803738	1.8	-1.214953	-5.940594	1.8
ปากซอยจินตคาม	-7.102803	17.757009	-1.2	-3.831775	10.891089	0.9
High tech พลาซ่า	11.19626	5620.5607	3.4	0.168224	9.9009900	0.8
7-Eleven ถนนทหาร	-2.149532	7.4766355	3.1	-2.336448	1.9801980	3
ม.ราชภัฏอุดรธานี	-3.644859	2.8037383	-2	-4.205607	-1.980198	-1.2
วงเวียนกรมหลวงประจักษ์	5.046728	1.8691588	5.56	4.018691	-2.970297	-2.9
วงเวียน 5 แยกน้ำพุ	-1.401869	0.467289	0.3	-1.401869	-2.475247	1.7
ตลาดค้า 5 แยก	-2.710280	9.3457943	0.5	-4.205607	3.9603960	1.4
7-Eleven 5 แยกน้ำพุ	-1.869158	52.149532	0.4	-3.271028	-1.188118	2.3
วงเวียนหอนาฬิกา	0.925233	12.056074	0.7	-0.009345	9.8019801	0.7
7-Eleven อุดรคู่ขวัญ	-2.242990	-10.28037	-2.1	-2.897196	-14.85148	-1.9
กสท. CAT	-3.644859	-6.542056	0.3	-3.644859	9.9009900	-0.4
สี่แยกชลประทาน	8.785046	-25.23364	0.6	2.710280	-29.70297	0.8
บริษัท ท.ศ.ท.	4.579439	4.6728971	1.4	-0.934579	-0.990099	1.4
โรงแรมการิน	10.84112	23.364485	-5	4.953271	21.782178	-5
อาคารแจ่มเจริญ	8.971962	23.364485	1.9	2.897196	20.792079	2
สี่แยกวัฒนาวงศ์	1.588785	4.6728971	2.2	-5.046728	2.9702970	1.1
สามแยก ซิมขนาบนท์	-1.962616	7.4766355	-4	-3.271028	4.9504950	-3
รร.เจริญศรีมกรนตร์ร้อย	-0.934579	-0.467289	-1.3	-0.467289	-0.495049	-1.4
เจริญศรีคอมเพล็กซ์	4.205607	-3.738317	-3.7	6.261682	-7.920792	-4
สี่แยกเจริญศรีคอมเพล็กซ์	-3.271024	4.2056074	2.8	-2.523349	0.4950495	1.5
7-Eleven บขส.	6.635514	6.1682242	-1	7.009345	0.5940594	1

ตารางที่ 5.4 เส้นทางที่ 2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องรับ GPS- GM80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งกับเครื่องรับ GPS-12 (ต่อ)

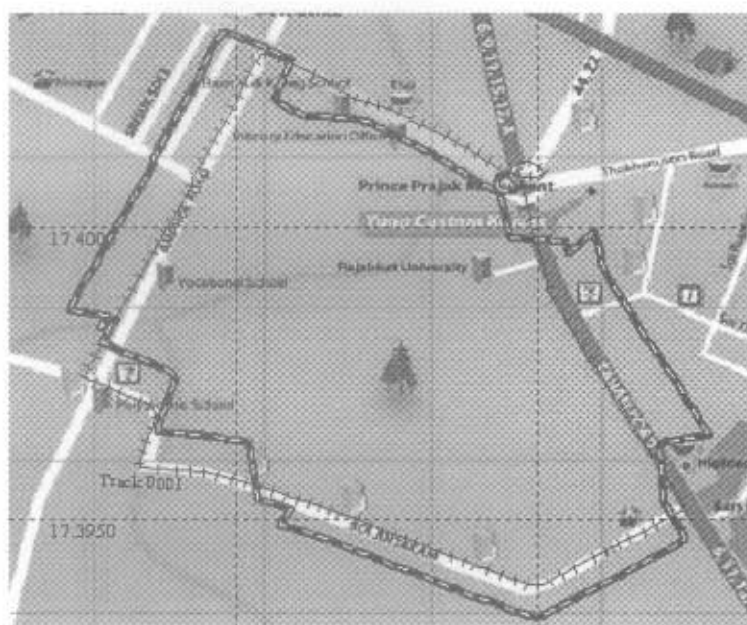
ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
สถานีขนส่งแห่งที่ 1	-4.766355	-6.074766	-1.1	-4.766355	-0.495049	1.6
สี่แยก อ. โพธิ์ศรี	-3.084112	9.0654205	-2.8	0.934579	0.6930693	0.8
ร้านซ่อมรถ	-1.495327	1.0280373	-11.3	-0.841121	-1.089108	-1.2
ประดับยนต์	16.26168	-5.607476	-3.7	-1.682242	-5.940594	4
ศูนย์ยามาฮ่า	3.084112	-4.672897	1.4	3.084112	-4.950495	1.4
คริสตจักร	1.133845	205.31041	-0.43	-0.565086	0.5975954	0.289286
Art Mini Mart	-4.392523	5.6074766	0.8	-1.308411	-0.990099	0.9
ศาลเจดีย์	1.133845	205.31041	-0.43	-0.565086	0.5975954	0.289286



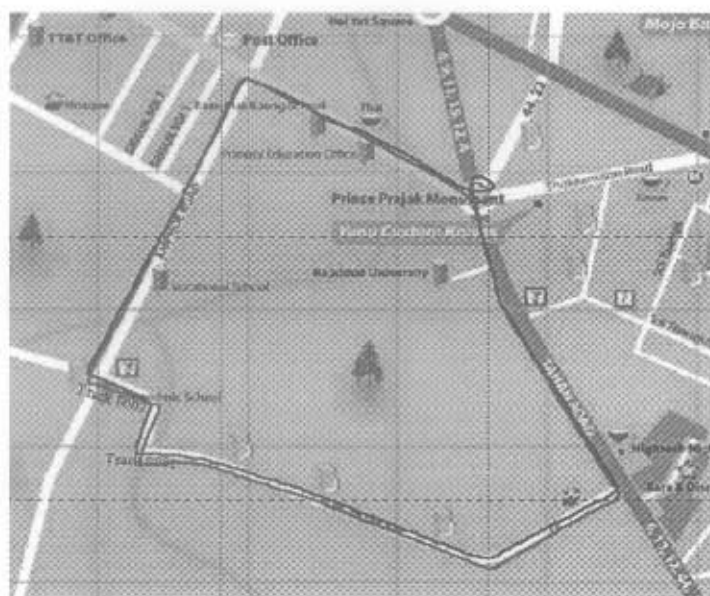
ภาพที่ 5.25 เส้นทางที่ 2 ส่วนที่ 1 เส้นหนาแสดงเส้นทางก่อนทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง เส้นบางแสดงเส้นทางหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง

ตารางที่ 5.5 เส้นทางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างเครื่องรับ GPS- GM80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งกับเครื่องรับ GPS-12 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
คลองหมากแข้ง	1.028037	-0.990099	0.3	0.373831	-2.970297	0.4
วิทยาลัยช่างกล	4.205607	-3.960396	1.8	-0.186915	-4.950495	2.4
วีเคแมนชั่น	3.271028	1.9801980	0.7	-0.280373	1.9801980	0.8
หอพัก	5.738317	-5.940594	-1.3	0.467289	-6.930693	-1.4
ทางโค้งโลตัสคอนโดเทล	0.747663	-0.297029	2.1	-0.467289	-0.297029	-0.4
คริสตจักร	-2.616822	-1.980198	1.1	0.280373	-3.960396	1.1
อาร์คมีนิมาร์ท	1.214953	4.9504950	1.4	4.672897	1.9801980	-0.8
ปากซอยจินตคาม	1.869158	9.9009900	3.8	-4.672897	2.9702970	0.4
ไฮเทคพลาซ่า	-1.869158	-0.990099	0.8	0.467289	4.9504950	0.7
เซเวนอีเลเวน ถนนทหาร	2.242990	7.9207920	-0.5	-0.467289	1.9801980	-0.5
ม.ราชภัฏอุดรธานี	1.775700	6.9306930	-1	0.280373	1.9801980	-0.5
ค่าเฉลี่ย	2.056074	1.1307972	0.4210526	0.467289	0.4533611	0.2210526



ภาพที่ 5.29 เส้นทางที่ 3 เส้นหนาเส้นทางก่อนทำการปรับแก้ตำแหน่งเส้นบางเส้นทางหลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง



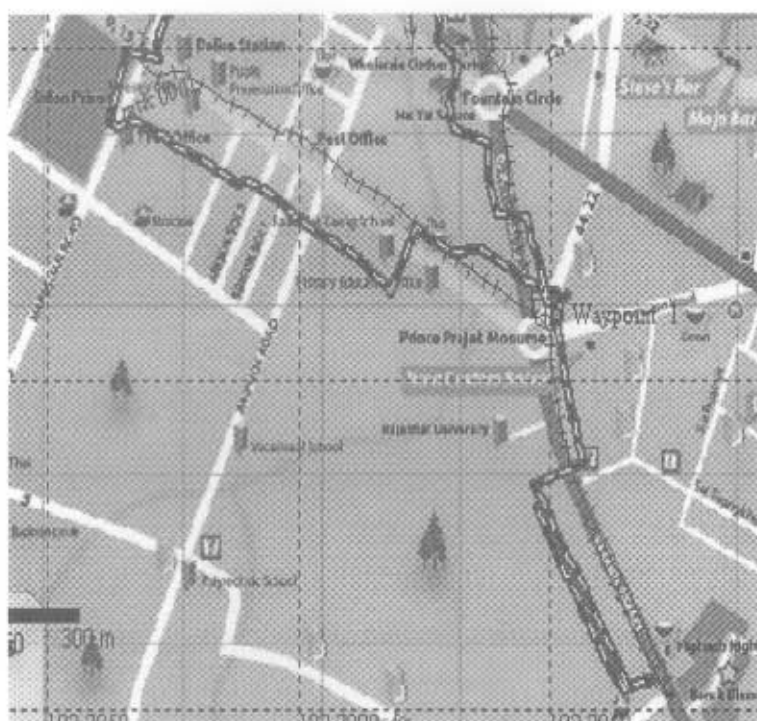
ภาพที่ 5.30 เส้นทางที่ 3 หลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง

ตารางที่ 5.6 เส้นทางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างเครื่องรับ GPS- GM80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง
กับเครื่องรับ GPS-12

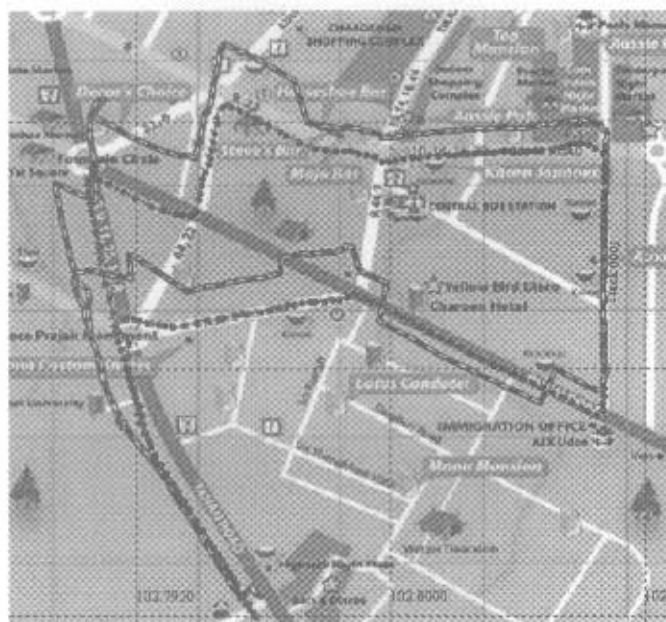
ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
วงเวียนกรมหลวงประจักษ์	4.112149	9.9009900	1.9	0.560747	5.9405940	1.2
วงเวียนน้ำพุ	4.672897	39.603960	-0.1	1.214953	-2.970297	-1
ตลาดผ้าห้ายก	1.401869	15.841584	2	0.560747	2.9702970	-1
7-Eleven สาขาวงเวียนน้ำพุ	3.457943	11.881188	2	0.560747	-1.980198	-1
วงเวียนหอนาฬิกา	-2.897196	36.633663	-0.8	-0.467289	-4.950495	-1
7-Eleven อุดรธานี	-2.149532	16.831683	2.8	-0.560747	3.9603960	-1.6
CAT	4.018691	40.594059	3	1.214953	-1.980198	-0.6
4 แยกชลประทาน	0.934579	39.603960	2.8	0.560747	1.9801980	0.5
ศาลจังหวัด	40.84112	18.811881	1.9	6.542056	1.9801980	-1.3
ไปรษณีย์จังหวัด	-4.112149	93.069306	0.9	-0.560747	-3.960396	-0.5
ศาลเจ้า	-3.271028	34.653465	2.1	0.186915	6.9306930	-0.8
ศาลากลาง	-2.803738	28.712871	1.9	0.280373	1.9801980	1
ศาลหลักเมือง	-3.644859	94.059405	1.1	-0.186915	-2.970297	-1
เทศบาลนครอุดรธานี	3.663551	-57.42574	1.5	0.373831	3.9603960	-0.3
ร้านข้าวต้มกันเอง	2.523364	11.881188	-5.1	-0.560747	-2.970297	0.3
3 แยก ถนนประจักษ์	6.355140	92.079207	1.4	1.869158	7.9207920	-0.4
รร.เจริญศรีพาเลข	-3.551401	-61.38613	1.9	0.934579	-2.970297	-0.6
3 แยก ถนนโพธิ์ศรี	5.046728	93.069306	2.9	0.560747	2.9702970	-0.8
4 แยก ศรีสุข	-0.934579	26.732673	-1.3	-0.280373	0.9900990	0.8
สถานีตำรวจภูธร	-2.056074	-48.51485	-2.2	-0.654205	1.9801980	1
สำนักงานป่าไม้ จ.อุดรธานี	3.364485	-61.38613	-2.1	-0.747663	4.9504950	1
สนง.ไปรษณีย์ศรีสุข	3.177570	36.633663	-3.4	0.467289	-2.970297	-1

ตารางที่ 5.6 เส้นทางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างเครื่องรับ GPS- GM80 ก่อนและหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง
กับเครื่องรับ GPS-12 (ต่อ)

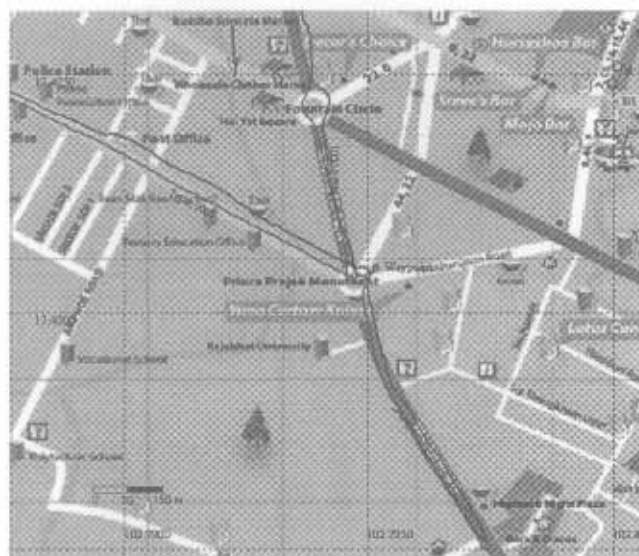
ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
รร.บ้านหมากแข้ง	3.177570	13.861386	-4.2	-0.934579	1.9801980	1.2
สำนักงานประถมศึกษา	4.485981	26.732673	1.1	0.654205	-2.970297	-1
ม.ราชภัฏอุดรธานี	-8.130841	-31.68316	2.1	0.467289	-2.970297	-1
7-Eleven ราชภัฏอุดร	-28.78504	-6.732673	2	-0.560747	-3.960396	-1.5
ค่าเฉลี่ย	1.111430	19.771515	0.6192307	0.442128	0.4950495	-0.36153



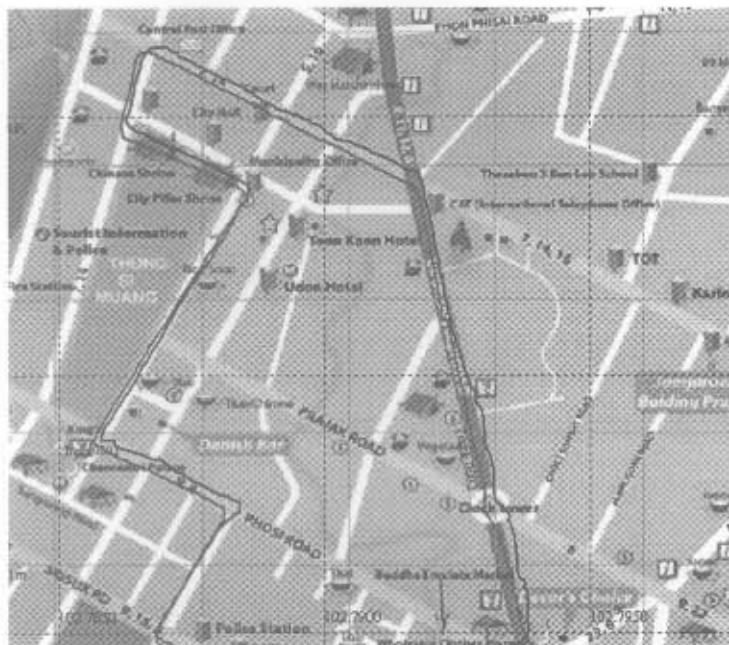
ภาพที่ 5.31 เส้นทางที่ 4 ส่วนที่ 1 เส้นหนาเส้นทางก่อนทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งเส้นบางเส้นทางหลังทำการปรับแก้
ค่าตำแหน่ง



ภาพที่ 5.32 เส้นทางที่ 4 ส่วนที่ 2 เส้นหนาเส้นทางก่อนทำการปรับแก้ค่าตำแหน่งเส้นบางเส้นทางหลังทำการปรับแก้ค่าตำแหน่ง



ภาพที่ 5.33 เส้นทางที่ 4 ส่วนที่ 1 หลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง



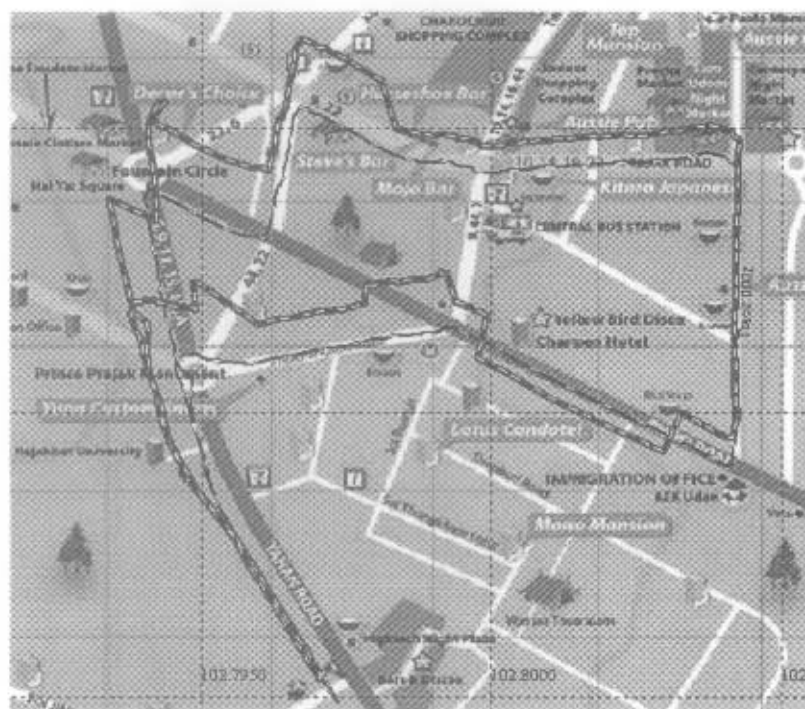
ภาพที่ 5.34 เส้นทางที่ 4 ส่วนที่ 2 หลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง

ตารางที่ 5.7 เส้นทางที่ 5 ความแตกต่างของตำแหน่งใน ระหว่างเครื่องรับ GPS-GM80 ก่อนและหลังการปรับแก้ตำแหน่งใหม่ กับเครื่องรับ GPS- 12

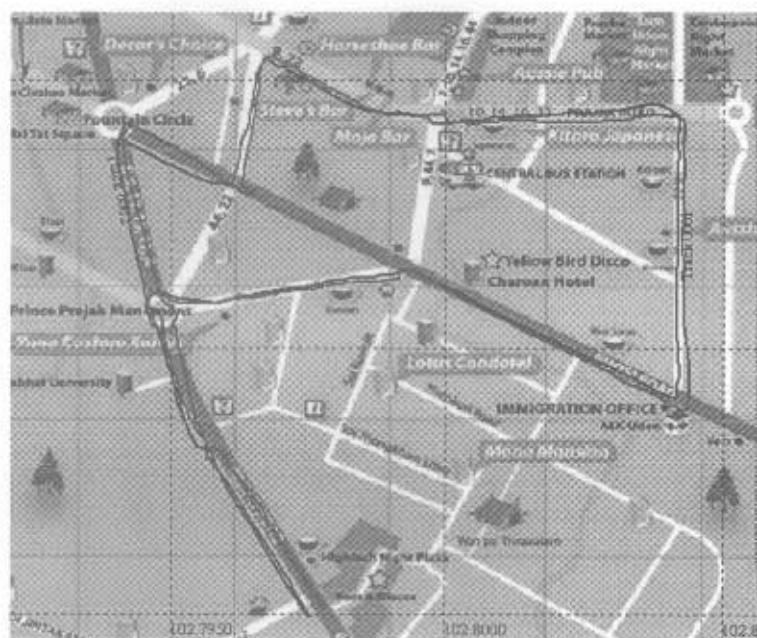
ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	ละติจูด _{avg} (m)	ลองจิจูด _{avg} (m)	ความสูง _{avg} (m)	ละติจูด _{avg} (m)	ลองจิจูด _{avg} (m)	ความสูง _{avg} (m)
ป้อมบางจาก	-15.70093	-148.5148	-1.2	-0.29703	0.934579	0.2
ไฮเทค	2.242990	-0.990099	0.5	0.29703	-4.6729	-0.5
7-Eleven ถนนพหลโยธิน	0.280373	19.801980	12.5	-0.19802	-3.73832	0.7
ม.ราชภัฏจตุจักร	1.121495	12.871287	0.6	0.29703	-1.86916	-0.3
กรมหลวง	0.747663	12.871287	1.8	0.39604	3.738318	0.9
ศูนย์ยามาฮา	2.616822	11.881188	0.4	-0.39604	2.803738	0.6

ตารางที่ 5.7 เส้นทางที่ 5 ความแตกต่างของตำแหน่งใน ระหว่างเครื่องรับ GPS-GM80 ก่อนและหลังการปรับแก้ค่า ตำแหน่งใหม่ กับเครื่องรับ GPS- 12 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 ก่อนปรับแก้ค่า และ GPS12			ค่าความแตกต่างระหว่าง GPS – GM 80 เมื่อปรับแก้ค่าใหม่ และ GPS12		
	ละติจูด _{avg} (m)	ลองจิจูด _{avg} (m)	ความสูง _{avg} (m)	ละติจูด _{avg} (m)	ลองจิจูด _{avg} (m)	ความสูง _{avg} (m)
4 แยก บขส.	3.084112	-3.960396	0.5	-0.39604	-3.73832	0.5
รร.เจริญโฮเทล	-5.607476	9.9009900	-0.5	-0.19802	-0.93458	0.2
เอ็มโอช	-2.336448	-9.900990	0.4	0.29703	1.869159	0.8
ตรวจคนเข้าเมือง	-3.271028	-9.900990	1.1	-0.19802	1.869159	0.8
เอกอุดร	0.280373	-4.950495	0.3	0.29703	-2.80374	1.2
Aussie Pub2	0.560747	-5.940594	0.5	0.19802	-2.80374	0.3
เพ็ญนี้อย่างเกาหลี	42.99065	-5.940594	-0.6	-3.9604	-2.80374	-0.5
สี่แยกสถานีรถไฟ	-1.028037	-9.900990	0.5	-1.58416	-5.60748	0.4
ตลาดเริ่มอุดม	2.056074	4.9504950	4.2	-1.9802	2.803738	1.1
ตลาดปรีชา	3.925233	28.712871	0.3	-0.39604	4.672897	0.5
Kitaro อาหารญี่ปุ่น	3.364485	9.9009900	-2.5	-0.29703	-0.93458	-0.7
สี่แยกเจริญศรี	5.981308	3.9603960	0.4	-2.9703	3.738318	0.5
Mojo Bar	3.644859	5.9405940	0.8	-0.29703	3.738318	0.4
Stere Bar	4.018691	0	-0.7	0.39604	-4.6729	-0.2
Horse Shoe Bar	3.364485	10.891089	0.8	0.39604	-2.80374	0.2
สี่แยกตลาดไทยอิสาน	2.056074	8.9108910	1.5	-0.59406	4.672897	0.9
วงเวียนน้ำพุ	5.794392	7.920792	-2.9	-0.69307	-2.80374	-1.4
กศ.น.	-0.467289	-3.960396	1.2	0.39604	-1.86916	1.1
ค่าเฉลี่ย	2.488317	-2.310231	0.8291666	-0.47855	-0.46729	0.320833



ภาพที่ 5.35 เส้นทางที่ 5 เหนวก่อนทำการปรับแก้ตำแหน่ง เส้นทางหลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง



ภาพที่ 5.36 เส้นทางที่ 5 หลังทำการปรับแก้ตำแหน่ง 2 ครั้ง