

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของค่าพิกัดดาวเทียม GPS ที่รับวัดในระบบ DGPS เพื่อประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดอันเป็นผลเนื่องมาจากระยะห่างระหว่างสถานีอ้างอิงนั้นได้ทำการรับวัดเก็บข้อมูลบนหมุดตัวอย่างที่มีระยะห่างจากสถานีอ้างอิงแตกต่างกันจำนวน 38 หมุด โดยแต่ละหมุดนั้นทราบค่าพิกัดอ้างอิงแล้วเพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในการเก็บข้อมูลบนหมุดตัวอย่างโดยทำการรับวัดใน 2 ลักษณะคือ การรับวัดแบบสัมบูรณ์เพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการใช้เครื่องหาค่าพิกัด GPS ในภาวะปกติ และการรับวัดแบบสัมพัทธ์โดยเปิดรับค่าแก้ไขในระบบ DGPS ผ่านทาง internet เพื่อหาความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่เกิดขึ้นอันเป็นผลเนื่องมาจากระยะห่างจากสถานีอ้างอิงซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากระยะห่างระหว่างสถานีอ้างอิงในระบบ DGPS

หลังจากดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยพบหมุดหลักฐานที่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้จำนวน 3 หมุด ได้แก่

หมุดหมายเลข 3435 ตั้งอยู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเกาะเสม็ด เจ้าหน้าที่ไม่อนุญาตให้นักอุตสาหณนอกเข้าทำการรับวัดยกเว้นหน่วยงานราชการ

หมุดหมายเลข 3452 และ 3659 เป็นหมุดที่อยู่ใน UTM Zone 48 แต่ค่าพิกัดที่ปรับแก้พร้อมโครงข่ายจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) พื้นที่ภาคตะวันออกซึ่งใช้ในงานวิจัยอ้างอิงอยู่ใน UTM Zone 47 ทำให้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าต่างทางราบได้

สำหรับข้อมูลการรับวัดที่ได้จากหมุดตัวอย่างมีรายละเอียดดังแสดงในหัวข้อต่อไป

การรับวัดแบบสัมบูรณ์

เมื่อนำเครื่องมือหาค่าพิกัดพีจีเอสไปทำการรับวัดแบบสัมบูรณ์เพื่อเก็บค่าพิกัดเหนือหมุดตัวอย่างได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6 สำหรับการรับวัดแบบสัมบูรณ์นี้เครื่องหาค่าพิกัด GPS ยี่ห้อ Magellan รุ่น Promark X-CM สามารถให้ค่าพิกัดที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่ 1.379 ม. มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 4.717 ม. มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ 2.026 ม. โดยในการรับวัดนั้นมีค่า PDOP ต่ำสุดที่ 1.8 สูงสุดที่ 4.5 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานในการรับวัด

ตารางที่ 5 ผลการรังวัดแบบสามมุมเหนือหมุดหลักฐานชั้นที่ 1

หมายเลขหมุด	ค่าพิกัดเฉลี่ย		ความคลาดเคลื่อน (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	Northing	Easting		
3009	1618020.36	609757.98	1.786	0.204
3427	1451362.42	721665.98	1.590	0.177
3435	-	-	-	-
3436	1411367.38	783951.16	1.542	0.237
3452	-	-	-	-
3492	1679147.38	680049.81	1.689	0.101
3515	1564613.73	810495.69	1.678	0.298
3519	1522326.3	757846.91	2.008	0.556
3539	1617213.26	703857.12	1.288	0.125
3654	1657069.62	539022.57	1.873	0.214
3659	-	-	-	-
3660	1547730.47	554290.4	1.798	0.108
3661	1503379.37	583850.37	1.922	0.542
3662	1456462.87	609634.86	2.220	0.342
3663	1428655.71	576930.22	1.527	0.180

ภาพหมุดหลักฐานแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การรังวัดเก็บ
ข้อมูลแสดงในภาคผนวก ก ผลการรังวัดแบบสามมุมเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ข-1 และ ข-2

ตารางที่ 6 ผลการรังวัดแบบสามบุรณ์เหนือจุดควบคุมภาคพื้นดิน(GCP) ของ สทอภ.

หมายเลขหมุด	ค่าพิกัดเฉลี่ย		ความคลาดเคลื่อน (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	Northing	Easting		
26332200	1534180.78	675299.83	1.663	0.181
26332201	1574827.62	704596.9	1.576	0.297
26332206	1577454.59	689760.21	1.939	0.329
26332208	1572902.86	738017.12	1.990	0.227
26332300	1521792.03	695709.49	3.063	0.213
26332301	1502700.07	670227.15	1.663	0.445
26332302	1493090.96	699563.1	2.218	0.259
26332305	1522477.22	655011.21	1.379	0.550
26332306	1461892.76	711539.85	4.717	1.636
26332308	1499121.22	719297.61	1.835	0.030
26432201	1535998.45	780978.55	1.507	0.244
26432202	1523913.48	747351.05	1.817	0.121
26432215	1551654.59	785587.55	1.861	0.050
26432303	1479509.89	743614.07	1.625	0.430
26432310	1466137.15	760682.75	2.034	0.122
26432411	1409196.9	742185.12	2.570	0.175
26432502	1402383.22	746546.21	2.380	0.368
26432504	1403204.24	723659.47	2.185	0.202
26432508	1428589.33	703267.24	2.976	0.277
26532401	1414518.22	793995.63	3.187	0.459
26532501	1399991.15	773510.42	1.966	0.332
26632501	1398623.44	818265.71	1.860	0.237
26632503	1409530.16	801967.8	1.965	0.167

การรังวัดแบบ DGPS

เมื่อนำเครื่องมือหาค่าพิกัดพีจีเอสไปทำการรังวัดแบบปรับแก้ผลต่างโดยรับค่าแก้ผ่านทาง internet เพื่อเก็บค่าพิกัดเหนือหมุดตัวอย่างได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ในการรังวัดแบบ DGPS นี้เครื่องหาค่าพิกัด GPS ยี่ห้อ Magellan รุ่น Promark X-CM สามารถให้ค่าพิกัดที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่ 0.589 ม. มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 1.803 ม. มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ 1.195 ม. มีค่า PDOP ต่ำสุดที่ 1.8 สูงสุดที่ 4.3 โดยสามารถรับค่าแก้ได้ในทุกคาบการรังวัด

ตารางที่ 7 ผลการรังวัดแบบ DGPS เหนือหมุดหลักฐานชั้นที่ 1

หมายเลขหมุด	ค่าพิกัดเฉลี่ย		ระยะห่างจากสถานี อ้างอิง (กม.)	ความคลาด เคลื่อน (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	Northing	Easting			
3009	1618019.939	609757.582	113.923	1.381	0.111
3427	1451362.575	721665.969	86.967	1.117	0.178
3436	1411366.581	783950.192	158.330	1.444	0.053
3492	1679146.490	680049.760	158.077	1.429	0.004
3515	1564613.384	810497.071	146.913	1.307	0.113
3519	1522324.289	757844.964	87.763	0.991	0.140
3539	1617213.216	703856.192	101.607	1.190	0.116
3654	1657067.860	539021.722	188.650	1.559	0.265
3660	1547732.417	554289.993	118.758	1.803	0.115
3661	1503378.865	583852.270	88.095	1.254	0.200
3662	1456461.125	609632.864	88.710	0.921	0.094
3663	1428655.095	576928.718	131.441	1.327	0.214

ผลการรังวัดแบบ DGPS เพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ข-3 และ ข-4

ตารางที่ 8 ผลการรังวัดแบบ DGPS เหนือจุดควบคุมภาคพื้นดิน(GCP) ของ สทอภ.

หมายเลขหมุด	ค่าพิกัดเฉลี่ย		ระยะห่างจากสถานี อ้างอิง (กม.)	ความคลาด เคลื่อน (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	Northing	Easting			
26332200	1534179.542	675299.240	13.817	0.797	0.062
26332201	1574826.997	704596.107	63.616	0.734	0.252
26332206	1577453.143	689758.723	59.421	0.621	0.057
26332208	1572904.492	738016.603	85.257	0.891	0.175
26332300	1521790.798	695709.202	25.626	1.255	0.356
26332301	1502699.242	670226.057	18.685	0.589	0.061
26332302	1493090.032	699562.307	40.857	1.016	0.241
26332305	1522476.200	655011.219	15.116	0.832	0.158
26332306	1461889.269	711539.076	72.510	1.078	0.201
26332308	1499121.621	719296.504	54.010	0.787	0.207
26432201	1535998.765	780978.845	111.850	0.823	0.067
26432202	1523913.783	747350.343	77.305	0.883	0.050
26432215	1551654.302	785589.254	119.402	1.105	0.118
26432303	1479508.434	743611.980	84.614	0.990	0.276
26432310	1466136.931	760680.946	106.110	1.159	0.107
26432411	1409195.163	742185.837	133.357	1.602	0.120
26432502	1402383.335	746547.414	141.446	1.502	0.026
26432504	1403204.952	723659.363	129.754	1.476	0.122
26432508	1428588.100	703266.642	98.548	1.515	0.206
26532401	1414517.705	793995.634	163.626	1.682	0.162
26532501	1399990.537	773510.626	159.475	1.089	0.124
26632501	1398623.215	818263.797	192.422	1.750	0.082
26632503	1409529.543	801967.806	172.927	1.660	0.153

การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ สถิติที (t-Test) ดังสมการที่ (5) ทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยกำหนดให้

$H_0: \rho = 0$ (สมมติฐาน H_0 ความคลาดเคลื่อนและระยะทางไม่มีความสัมพันธ์กัน)

$H_A: \rho \neq 0$ (สมมติฐาน H_A ความคลาดเคลื่อนและระยะทางมีความสัมพันธ์กัน)

ข้อมูลการรังวัดในแบบ DGPS ที่รังวัดได้จากหมุดตัวอย่างทั้ง 35 หมุด เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson Correlation ได้ผลการคำนวณดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ที่คำนวณได้มีค่า

$$r = 0.763 \text{ (ผลการคำนวณเพิ่มเติมในภาคผนวก ข-5)}$$

นำค่า r ที่คำนวณได้แทนค่าในสมการ (5) เพื่อหาค่า t จะได้

$$t = 6.785$$

ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จะได้

$$df = 35 - 2 = 33$$

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดสอบแบบสองข้าง ดังนั้นบริเวณวิกฤตคือ

$$t < -2.733, t > 2.733$$

ค่า t ที่คำนวณได้ตกอยู่ในบริเวณวิกฤตจึงสามารถสรุปได้ว่าต้องทำการปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_A ซึ่งหมายความว่าความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดที่รังวัดด้วยวิธีการ DGPS โดยรับค่าแก้ผ่านทาง internet มีความสัมพันธ์กับระยะทางจากสถานีอ้างอิง โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางที่เป็นบวก (Positive Correlations) กล่าวคือเมื่อระยะทางจากสถานีอ้างอิงมีค่าเพิ่มมากขึ้นค่าพิกัดที่รังวัดได้โดยวิธีการ DGPS จะมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้นด้วย

การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น

จากการทดสอบสมมติฐานการวิจัยพบว่าระยะทางจากสถานีอ้างอิงมีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดที่รังวัดได้ด้วยวิธี DGPS โดยมีความสัมพันธ์เป็นไปในทางบวก ด้วยความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถนำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น (Regression Equation) เพื่อใช้สำหรับประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดที่รังวัดในระบบ DGPS ซึ่งเกิดจากระยะทางระหว่างสถานีอ้างอิงกับผู้ใช้ได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องรับ GPS แบบนำหนที่ทำการรังวัดค่าพิกัดด้วยวิธี DGPS โดยรับค่าแก้ผ่านทาง internet สามารถทราบความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดที่รังวัดได้เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจนำค่าพิกัดไปใช้งาน

การสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเริ่มจากกำหนดตัวแปรอิสระ (Predictor Variable) และตัวแปรตาม (Criterion Variable) สำหรับในการวิจัยนี้ตัวแปรอิสระ (X) ได้แก่ระยะทางระหว่างสถานีอ้างอิงกับหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS ที่ทำการทดสอบ ตัวแปรตาม (Y) ได้แก่ค่าความต่างระหว่างค่าพิกัดที่รังวัดได้กับค่าพิกัดอ้างอิงของหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS ที่ทำการทดสอบ

จากตารางที่ 8 จะได้

$$\Sigma X_i = 3608.985 \quad \Sigma Y_i = 41.556$$

$$\Sigma X_i^2 = 453559.990 \quad \Sigma Y_i^2 = 53.154$$

$$\Sigma X_i Y_i = 4710.333 \quad n = 35$$

เมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดแทนค่าในสมการ (8) เพื่อคำนวณหาค่าความชันของเส้นถดถอยหรือค่าประมาณการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เพิ่มขึ้น 1 หน่วย (b) จะได้

$$b = 0.005$$

นำค่า b ที่คำนวณได้ไปแทนค่าในสมการ (9) เพื่อหาจุดตัดแกน Y ของค่าถดถอย

(a) จะได้

$$a = (41.556/35) - 0.005224(3608.985/35)$$

$$a = 0.649$$

นำค่า a และค่า b ที่คำนวณได้ (ผลการคำนวณเพิ่มเติมในภาคผนวก ข-6) ไปแทนค่าในสมการ (7) จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อใช้สำหรับประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดที่รังวัดในระบบ DGPS โดยรับค่าผ่านทางอินเทอร์เน็ตซึ่งเกิดจากระยะทางระหว่างสถานีอ้างอิงกับผู้ใช้คือ

$$\hat{Y}_i = 0.649 + 0.005X_i$$

การทดสอบสมการถดถอยเชิงเส้น

เป็นการทดสอบสมการถดถอยเชิงเส้นในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน โดยทำการคัดเลือกหมุดทดสอบชุดใหม่จำนวน 10 หมุดซึ่งเป็นหมุดที่ไม่ได้ใช้เก็บข้อมูลในการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแต่ละหมุดมีระยะห่างจากสถานีอ้างอิงที่แตกต่างกัน ทำการรังวัดแบบปรับแก้ผลต่างโดยรับค่าผ่านทางอินเทอร์เน็ต แล้วนำความคลาดเคลื่อนที่รังวัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมการถดถอยเชิงเส้น

หมายเลข หมุด	ค่าอ้างอิง(WGS84)		ระยะห่างจาก สถานีอ้างอิง (กม.)	ความคลาด เคลื่อนที่ได้จาก สมการ(ม.)	ความคลาดเคลื่อนที่ ได้จากการรังวัด(ม.)
	Northing	Easting			
26332303	1511082.835	712644.978	43.786	0.868	1.006
26332307	1507566.545	683732.807	19.419	0.746	0.704
26432216	1527417.896	732920.567	63.122	0.965	1.078
26432305	1474023.398	725032.026	72.539	1.012	1.090
26432400	1445721.648	709587.245	85.352	1.076	1.217
26432405	1444874.015	725892.770	94.699	1.122	0.997
26432500	1402957.668	705170.329	123.513	1.267	1.359
26532302	1499604.303	808543.070	140.158	1.350	1.490
26532410	1457767.880	767807.984	116.603	1.232	1.198
26532509	1427750.456	806241.228	165.242	1.475	1.558

กำหนดสมมติฐานคือ

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (การกระจายข้อมูลของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน)

$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ (การกระจายข้อมูลของประชากรทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน)

ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

นำค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการถดถอยและความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการรังวัดไปวิเคราะห์ด้วยวิธี independent samples t-Test เพื่อทดสอบสมมติฐานโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองชุดว่าแตกต่างกันหรือไม่โดยให้พิจารณาค่าสถิติจาก Levene's Test for Equality of Variances ค่า sig ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.787 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่ได้กำหนดไว้ ($0.787 > 0.01$) จึงยอมรับสมมติฐาน $H_0: \mu_1 = \mu_2$ กล่าวคือ การกระจายข้อมูลของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน (ผลการคำนวณเพิ่มเติมในภาคผนวก ข-7)

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากทราบการกระจายของข้อมูลทั้งสองชุดว่าแตกต่างกันหรือไม่ต่อไปให้ทำการพิจารณาค่าสถิติจาก t-Test for Equality of Means แบบสองทาง โดยค่า sig (2-tailed) ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.593 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่ได้กำหนดไว้ ($0.593 > 0.01$) หมายความว่าข้อมูลทั้งสองชุดไม่มีความแตกต่างกัน (ผลการคำนวณเพิ่มเติมในภาคผนวก ข-8)

สรุปผลการทดสอบสมการถดถอยเชิงเส้นโดยใช้ค่าทางสถิติได้ว่า ความคลาดเคลื่อน
ของค่าพิกัดที่รับวัดในระบบ DGPS ที่คำนวณได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นไม่แตกต่างกับ
ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการรับวัดทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University