การประเมินความถูกต้องทางดิ่งของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ความละเอียดทางราบ 90 เมตร จากโครงการสำรวจภูมิประเทศด้วยเรดาร์บนกระสวยอวกาศ

The Assessing Vertical Accuracy of Digital Elevation Model Horizontal Accuracy 90 m from Shuttle Radar Topography Mission

สุริยะ ผลพูน
ชาติชาย ไวยสุระสิงห์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์
ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Suriya Polpoon
Chattichai Waisurasingha
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering KhonKaen University
Charat Mongkolsawat
Geo-Informatics Center for Development of
Northeast Thailand, KhonKaen University

บทคัดย่อ

ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model [DEM]) ซึ่งมีความละเอียดทางราบ 90 เมตร จากโครงการสำรวจภูมิประเทศด้วยเรดาร์บนกระสวยอวกาศ (Shuttle Radar Topography Mission DEM [SRTM DEM]) สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีผ่านอินเตอร์เน็ต โดยครอบคลุมพื้นที่ถึง 80 % ของพื้นแผ่นดินทั่วโลก วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อประเมินความถูกต้องของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขนี้ โดยเลือกเอาพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ ที่ปกคลุมด้วยพืชหลากชนิดขนาด 1200 ไร่ ณ อำเภอสระใคร จังหวัดหนองคาย โดยที่ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขจากกระทรวงเกษตรฯ (Ministry of Agriculture and Cooperation DEM [MOAC DEM]) ซึ่งมีความละเอียดทางราบ 5 เมตรได้ถูกนำมาเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทดสอบความถูกต้องของข้อมูล SRTM DEM ตลอดจนข้อมูลระดับในลักษณะของรูปตัดตามยาวทุกๆ 5 เมตรจากงานสำรวจภาคสนามก็ได้ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการนี้ด้วย นอกจากนี้ข้อมูล SRTM DEM ยังได้ปรับให้มีความละเอียดทางราบสูงขึ้น ด้วยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ โดยมีความละเอียดทางราบ เป็น 5 เมตร ด้วยวิธีน้ำหนักผกผันกับระยะทาง และวิธีคริกิง โดยจะอ้างถึงเป็น SRTM5_IDW DEM และ SRTM5_KRG DEM ตามลำดับ เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับ MOAC DEM กระบวนการทางสถิติได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความถูกต้องทางดิ่งของข้อมูล SRTM DEM และข้อมูล SRTM DEM ที่ปรับปรุงความละเอียดทางราบด้วยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ปรากฏว่ามีค่าคลาดเคลื่อนจาก MOAC DEM ประมาณ ±0.9 เมตร นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวของข้อมูล SRTM DEM และข้อมูล SRTM DEM ที่ปรับปรุงความละเอียดทางราบด้วยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ กับรูปตัดตามยาวที่ได้จากงานสำรวจภาคสนามแล้วยังพบว่า มีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ ±0.6 เมตร และมีทิศทางสัมพันธ์กันดียิ่ง

ABSTRACT

With a horizontal resolution of 90 m, a digital elevation model (DEM) from the 11 day Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) covering 80 % of Earth's land surface is freely available for download from internet. Taking a vegetated area of 1200 rai in Sri-Khai District, Nong Khai Province, as a study

area, the aim of this study is to assess the vertical accuracy of the DEM. A 5-m DEM from the Ministry of Agriculture and Cooperation (MOAC DEM) were used as reference elevation data. The elevation profile at every 5 m obtained from electronic-ground-surveying technique was used to compare the elevation profile with these two DEMs. In addition, using spatial interpolation technique, a SRTM DEM was interpolated into higher horizontal resolution 5 meter. by Inverse Distance Weighting technique and Kriging technique, here referred to "SRTM5_IDW DEM" and "SRTM5_KRG DEM" respectively, in order to compare with the MOAC DEM . Statistical tests were used to evaluate the vertical accuracy of the SRTM DEM as well as the 5-m interpolated DEM, resulting the error of these MOAC DEM of ±0.9 meter. In addition, the mean deviation of the elevation values between the interpolated DEM and those of ground surveying is about ±0.6 meter with highly correlated direction

บทนำ

ภูมิประเทศ โดยทั่วไปแล้วจะมีพื้นผิวที่มีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous Surface) และถึงแม้ว่าลักษณะภูมิประเทศอาจมีการเปลี่ยนแปลงระดับอย่างฉับพลันอยู่บ้าง เช่น พื้นที่ที่เป็นขั้นบันได เหวลึก หรือแม้กระทั่งเป็นหน้าผาสูงชัน เป็นต้น แต่ภูมิประเทศตามลักษณะที่กล่าวมานั้นก็ถือเป็นกรณีเฉพาะเท่านั้น โดยเหตุนี้เอง ในการบันทึกหรือนำเสนอข้อมูลลักษณะภูมิประเทศนั้นสามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของเส้นชั้นความสูง แต่ทว่าไม่สะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นชั้นความสูงเข้ากับข้อมูลหรือสูตรต่างๆ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเลข (Numerical Analysis) ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาระบบการจัดเก็บและแสดงการแปรเปลี่ยนความสูงต่ำของภูมิประเทศเป็นเชิงเลขหรือเรียกว่า แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model [DEM]) โดยเทคนิคในการสร้างDEMนั้นมีด้วยกันหลายวิธี อาทิ เทคนิครังวัดแผนที่ภูมิประเทศ (Topographical Survey) การรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) ตลอดจนเทคนิคการวัดการแทรกสอดของข้อมูลเรดาห์ชนิดช่องเปิดสังเคราะห์ (Interferometric Synthetics Aperture Radar data [InSAR]) เป็นต้น ในบรรดาเทคนิคต่างๆที่กล่าวมานั้น เทคนิคการทำแผนที่ภูมิประเทศแบบ InSAR นั้นสามารถที่จะสร้างแผนที่ภูมิประเทศได้ในทุกสภาวะอากาศ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากคุณสมบัติในการทะลุทะลวงเมฆ (Cloud Penetration) ของคลื่นไมโครเวฟ (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2540; Waisurasingha et al., 2008) ซึ่งใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการสแกนพื้นผิวภูมิประเทศของโลกของการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ชนิดช่องเปิดสังเคราะห์ (Synthetics Aperture Radar [SAR]) ตัวอย่างหนึ่งของความสำเร็จในการทำแผนที่ด้วยเทคนิค InSAR คือ โครงการสำรวจภูมิประเทศด้วยเรดาร์บนกระสวยอวกาศ(Shuttle Radar Topography Mission DEM [SRTM DEM]) ซึ่งจัดเป็นโครงการแรกของมนุษยชาติที่มีการแสกนโดยกวาดเอาข้อมูลพื้นผิวภูมิประเทศทั่วโลกเพื่อการรังวัดค่าระดับให้คลอบคลุมทั่วทุกภูมิภาคของโลกมากที่สุด (80% ของพื้นผิวโลก) ภายในเวลา 11 วัน (11 – 20 กุมภาพันธ์ 2543)

SRTM DEM นั้นแบ่งเป็น 2 ชนิดแบ่งตามความละเอียดทางราบ คือ (ก) 1-arc-sec SRTM DEM และ (ข) 3-arc-sec SRTM DEM โดยมีความละเอียดทางราบประมาณ 30 และ 90 เมตร ตามลำดับ และนอกจากนี้ ข้อมูล 3-arc-sec SRTM DEM นั้นได้มีการเผยแพร่โดยสามารถดาวโหลดได้ฟรีบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่นที่ srtm.csi.cgiar.org/ หรือ seamless.usgs.gov/ ดังนั้น ข้อมูล 3-arc-sec SRTM DEM หรือ ที่นิยมเรียกกันในนามของ 90-m SRTM DEM นั้น จึงได้มีการประยุกต์ใช้ในงานประเภทต่างๆ อาทิ การศึกษาจำลองการเติบโตของเมือง (Gamba et al., 2002) งานด้านธรณีสัณฐาน (Guth, 2003) และงานประเมินผลจากพิบัติภัย Tsunami (Blumberg et al., 2005) อย่างไรก็ตาม ในการนำเอา 90-m SRTM DEM มาใช้นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประเมินถึงความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบและทางดิ่งของข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งความถูกต้องทางดิ่งของข้อมูลนั้นจะเป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงคุณภาพของข้อมูลในการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ (Waisurasingha et al., 2008)

Rodríguez et al. (2006) ได้ศึกษาและประเมินความถูกต้องสัมบูรณ์ทางดิ่งโดยรวม (Global vertical absolute accuracy) ไว้ที่ประมาณ ± 16 เมตรที่ระดับความเชื่อมั่น 0.1 รวมทั้งได้ประเมินความคลาดเคลื่อนทางดิ่งสัมบูรณ์และสัมพัทธ์ (Absolute and relative height errors) ของข้อมูล SRTM DEM บริเวณแผ่นเปลือกโลก Eurasia ไว้ที่ ±6.2 และ ± 8.7 เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ Gorokhovich & Voustianiouk (2006) ยังได้มีการศึกษาความถูกต้องเชิงตำแหน่งสัมบูรณ์ทางดิ่งบริเวณเกาะภูเก็ต โดยผลการศึกษาพบว่า 90-m SRTM DEM บริเวณนี้มีความถูกต้องอยู่ประมาณ ±7.58 เมตร แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาประเมินความความถูกต้องของทั้งสองงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วนั้น (Rodríguez et al., 2006; Gorokhovich & Voustianiouk, 2006) จะเป็นการนำ SRTM DEM ไปเทียบกับตำแหน่งที่ได้จากเทคนิค Kinematics Global Positioning Systems (KGPS) ซึ่งเป็นค่าความสูงอยู่เหนือระดับอ้างอิงรูปทรงรี World Geodetic Systems 1984 (WGS84) ซึ่งเป็นความสูงทรงรี (Ellipsoidal height) หากแต่ว่า ความสูงที่ใช้สำหรับประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ ของประเทศไทยนั้นจะเป็นความสูงยีออยด์ (Geoidal height) ซึ่งเป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยเมื่อไม่นานมานี้ Nikolakopoulos et al. (2008) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณประเทศ Greece ของ SRTM DEM กับ DEM ที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายดาวเทียม ASTER (หรือ ASTER DEM) โดยที่ DEM จากทั้งสองแหล่งนั้นได้ทำการแปลงจากความสูงทรงรีเป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองยีออยด์ EGM96 และนอกจากนี้ ในงานศึกษาวิจัยของ Nikolakopoulos et al. (2008) มีจุดเด่นในเรื่องของการเปรียบเทียบพื้นผิวของแบบจำลองสองแหล่งคือ SRTM DEM กับ ASTER DEM ซึ่งในการเปรียบเทียบพื้นผิวนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำเอาหลักสถิติเข้ามาวิเคราะห์ข้อมูลความสูง แต่อย่างไรก็ตาม ในงานศึกษาวิจัยของ Nikolakopoulos et al. (2008) ได้มีการลดคุณภาพข้อมูล ASTER DEM โดยลดความละเอียดทางราบจาก 15 เมตร เป็น 90 เมตร และผลที่ได้จากการนี้เอง ความถูกต้องของข้อมูล ASTER นั้นจะถูกลดทอนลงไป ซึ่งอาจจะไม่ได้บ่งชี้ไปถึงค่าความถูกต้องของ DEM ที่ควรจะเป็นมากที่สุด (The Most Probable Value) โดยทั้งนี้สืบเนื่องมาจาก DEM นั้นนิยมจัดเก็บในรูปแบบของ ตาราง กริด (grid) หรือ รูปแบบของข้อมูลภาพที่ไม่ได้มีการบีบอัดขนาด อาทิ GeoTiff จึงทำให้เวลาที่จะนำมาเปรียบเทียบหาค่าต่างความสูงระหว่าง ASTER DEM และ SRTM DEM ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบภาพนั้น ข้อมูลที่มีความละเอียดทางราบสูงกว่า (15 เมตร) จะถูกลดทอนความละเอียดลงไปเป็นความละเอียดที่หยาบ (90 เมตร) แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูล DEM นั้น คือ จุดระดับความสูงที่มีความคลาดเคลื่อนทั้งทางราบและทางดิ่ง โดยความคลาดเคลื่อนทางราบนั้นเป็นตัวบ่งชี้ ตำแหน่งของจุดระดับแต่ละจุดในข้อมูล DEM ที่อาจจะคลาดเคลื่อนได้เสมอ โดยที่ตำแหน่งของจุดระดับนั้นๆอาจจะไม่ตรงกับจุดที่ต้องการเปรียบเทียบ (Zhu et al., 2005) ดังนั้น ในการเปรียบเทียบข้อมูล 90-m SRTM DEM กับ DEM ใดๆที่มีความละเอียดทางราบสูงกว่า จึงควรที่จะปรับความละเอียดของ 90-m SRTM DEM ให้เท่ากันกับความละเอียดของ DEM จากแหล่งอื่นๆ แล้วค่อยเปรียบเทียบ นอกจากนี้ การศึกษาในอดีตยังพบว่า การเพิ่มความละเอียดทางราบของ DEM ใดๆโดยใช้เทคนิคการประมาณเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) จะปรับปรุงคุณภาพของ DEM ให้มีความถูกต้องดีขึ้น (Rees, 2000; Kicher, 2003)

ดังนั้น จากงานวิจัยในอดีตดังที่กล่าว ในการศึกษาครั้งนี้จะได้ทำการประเมินความถูกต้องทางดิ่งของ 90-m SRTM DEM โดยเปรียบเทียบกับ DEM อื่นๆที่ผลิตโดยหน่วยงานราชการในประเทศไทย อาทิ DEM ของกรมพัฒนาที่ดิน ความละเอียดทางราบ 5 เมตร (MOAC DEM) และ DEM ของกรมแผนที่ทหาร ความละเอียดทางราบ 30 เมตร (RTSD DEM) (Waisurasingha et al., 2008) โดยจะทำการเปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลทั้งสองชนิดโดยตรงและยังได้เปรียบเทียบข้อมูลโดยการเพิ่มความละเอียดทางราบของ SRTM DEM จาก 90 เมตรให้เป็น 5 เมตร โดยใช้ เทคนิคการประมาณแบบน้ำหนักผกผันกับระยะทาง (Inverse Distance Weighting [IDW]) และ เทคนิคการประมาณแบบคริกิง (Kriging) (Davis, 2002) นอกจากนี้ ยังได้มีการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาว (Profile) ของพื้นผิวที่ได้จาก

SRTM DEM ทั้งสามแบบข้างต้นกับงานสำรวจภาคสนามด้วยกล้องระดับอิเล็กทรอนิคส์ NA3003

วัตถุประสงค์ของวิจัย

1. เพื่อประเมินความถูกต้องของทางดิ่งของข้อมูล SRTM DEM โดยเปรียบเทียบกับข้อมูล MOAC DEM โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ ตลอดจนเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพโดยอาศัยการเปรียบเทียบ Profile ของ SRTM DEM กับ Profile ที่ได้จากงานรังวัดภาคสนาม

2. เพื่อประเมินความถูกต้องของทางดิ่งข้อมูล SRTM DEM ที่ได้มีการเพิ่มความละเอียดทางราบด้วยเทคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ วิธี IDW และ Kriging ทั้งในเชิงสถิติและเชิงกายภาพ

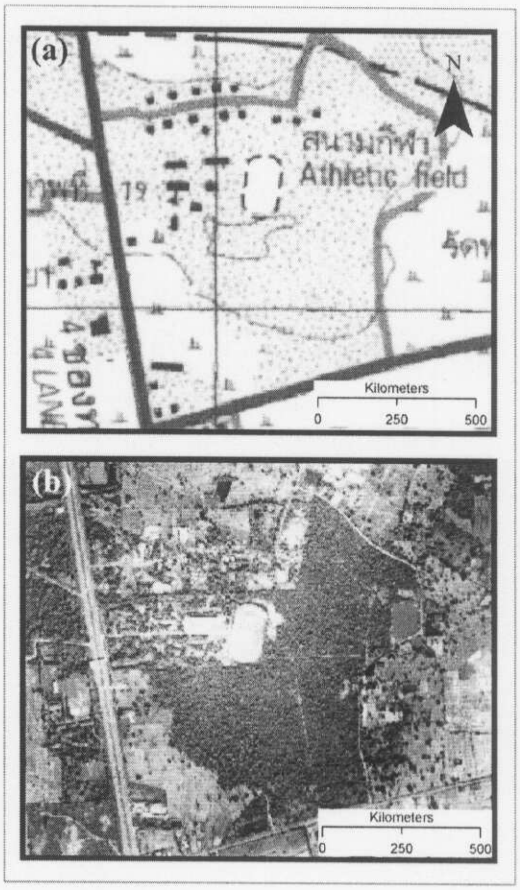
พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่สาธารณะขนาด 1,200 ไร่ บริเวณตำบลบ้านโคกโพธิ์ อ.สระใคร จ.หนองคาย โดยอยู่ห่างจากอำเภอเมืองจังหวัดหนองคายประมาณ 20 กิโลเมตร ดังรูปที่ 1 ลักษณะของภูมิประเทศบริเวณนี้เป็นพื้นที่เนินสูง โดยมีความสูงประมาณ 160-180 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีสิ่งปกคลุมส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นป่าโปร่ง นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายเช่น เป็นที่อยู่อาศัย หน่วยงานราชการ และใช้เพื่อการเกษตร อาทิ การปลูกพืชผักสวนครัว การทำนาข้าว เป็นต้น

ข้อมูลในการทำวิจัยและวิธีการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

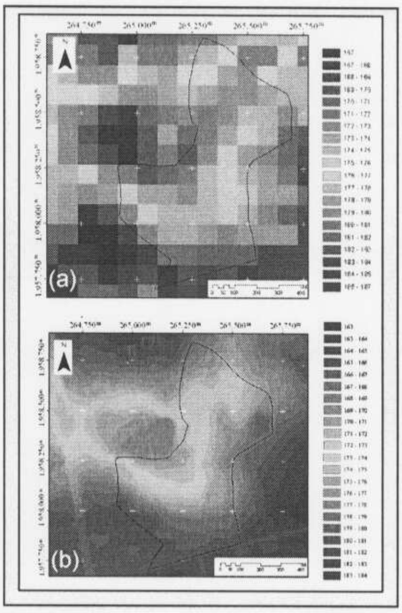
1. ข้อมูล DEM ความละเอียดทางราบ 90 เมตร ที่ได้จากโครงการสำรวจภูมิประเทศด้วยเรดาร์บนกระสวยอวกาศ (90-m SRTM DEM) เวอร์ชั่น 4 ดาวโหลดจากเว็ปไซต์ http://srtm.csi.cgiar.org (CGIAR Consortium for Spatial Information) มาประเมินความถูกต้อง ดังรูปที่ 2a



รูปที่ 1 (a) แผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 และ (b) แผนที่ภาพถ่ายออร์โธแสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

2. ข้อมูล DEM จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ซึ่งมีความละเอียดทางราบ 5 เมตร (Ministry of Agriculture and Cooperation Digital Elevation Model [MOAC DEM]) ที่ได้จากโครงการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ดังรูปที่ 2b เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ประเมิน SRTM DEM

3. ข้อมูลการรังวัดจากภาคพื้นดิน เป็นข้อมูลที่ได้จากการรังวัดเพื่อหาจุดระดับของภูมิประเทศ เป็นลักษณะทั้งแบบรูปตัดตามยาว และจุดระดับแบบสุ่มในภูมิประเทศ (Spot Elevation) ซึ่งข้อมูลนี้จะถือว่ามีความน่าเชื่อถือ สามารถนำมาประเมินแบบจำลองระดับจากทั้งสองแหล่งข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 2 (a) ข้อมูล SRTM DEM และ (b) MOAC DEM

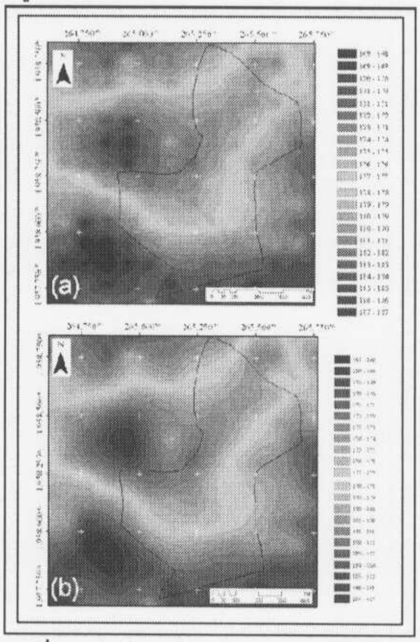
วิธีการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล DEM ได้แก่ SRTM DEM และ MOAC DEM โดยนำมาซ้อนทับเพื่อหาความแตกต่างของแบบจำลองระดับสูงเหล่านี้ ในขั้นแรกของการวิเคราะห์นั้น จะต้องแปลงข้อมูลDEM ต่างๆให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้ากันได้ โดยในการศึกษานี้ ข้อมูลของ SRTM DEM ได้ถูกปรับความละเอียดทางราบให้ละเอียดขึ้นโดยใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation Technique) ด้วยวิธีคริกิง (Kriging) โดยผลลัพธ์จะได้เป็น SRTM DEM ที่มีความละเอียด 5 เมตร โดยอ้างถึงเป็น SRTM5_KRG (ดูรูปที่ 3a) และนอกจากนี้ ยังได้ใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีน้ำหนักผกผันกับระยะทางปรับปรุง SRTM DEM ปรับปรุงความละเอียดทางราบของ DEM เป็น 5 เมตรด้วยเช่นกัน ซึ่งในที่นี้จะได้อ้างเป็น SRTM5_IDW (ดูรูปที่ 3b) และเนื่องจาก แบบจำลองระดับสูงคือจุดความสูงที่อยู่ในรูปตารางกริดที่มีระยะห่างสม่ำเสมอ (Zhu et al., 2005) ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จึงได้แปลงข้อมูล DEM ต่างๆในงานวิจัยนี้ จากรูปแบบราสเตอร์ให้อยู่ในรูปของจุดระดับที่มีระยะห่างสม่ำเสมอตามความละเอียดทางราบด้วยฟังก์ชั่น Spatial Analyst ในโปรแกรม ArcGIS แล้วจากนั้นใช้ฟังก์ชั่น 3D Analyst หาค่าระดับในแบบของรูปตัดตามยาว ของข้อมูล DEM เหล่านี้ แล้วจึงได้นำรูปตัดตามยาวที่ได้ไปเทียบกับ ค่าระดับตามยาวจากการรังวัดในสนามซึ่งเป็นข้อมูลที่ความละเอียดสูงเป็นข้อมูลอ้างอิง นอกจากนี้ ข้อมูลจุดระดับใน DEM ทั้งหมดได้ถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยฟังก์ชั่น Geostatical Analyst ในโปรแกรม ArcGIS

2. การรังวัดภาคพื้นดิน

การประเมินความแม่นยำของข้อมูลความสูงมีอยู่หลายวิธี การสำรวจภาคพื้นดินด้วยกล้องระดับแบบดิจิตอล และกล้องรังวัดแบบประมวล เป็นวิธีการทำแผนที่ภูมิประเทศ ที่มีความแม่นยำสูง ในการศึกษานี้ การ การรังวัดด้วยกล้องระดับแบบดิจิตอล เพื่อสร้างหมุดควบคุมทางดิ่ง โดยวิธี Differential leveling ด้วยเครื่องรุ่น Leica NA3003 เป็นการหาความสูงต่างของจุดที่ให้ความแม่นยำสูง การรังวัดด้วยกล้องแบบประมวลผล (Total Station) เพื่อสร้างหมุดควบคุมทางราบ ด้วยวิธีการทำวงรอบ และสร้างจุดระดับ ด้วยวิธี Controlling point method ด้วยเครื่องรุ่น Leica TC1800 เป็นวิธีการสร้างหมุดควบคุมทางราบและจุดระดับที่นิยมใช้ และให้ความถูกต้องสูงในการทำแผนที่ภูมิประเทศ



รูปที่ 3 (a) ข้อมูล DEM 5-m SRTM ประมาณค่าโดยวิธี Kriging (SRTM5_KRG)และ(b) ข้อมูล DEM 5-m SRTM ที่ประมาณค่าโดยวิธีน้ำหนักผกผันกับระยะทาง (SRTM5_IDW)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ แต่ละชุดข้อมูลมีความละเอียดทางราบที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำมาใช้ประเมินร่วมกันจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเชิงพื้นที่เสียก่อน เพื่อที่จะดูว่าความแปรปรวนเชิงพื้นที่ ของภูมิประเทศจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข 3 ข้อมูลมีค่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด (Nikolakopoulos et al., 2006) ในการที่จะศึกษาจะหาค่าความแปรปรวนของพื้นที่โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลแบบภูมิสถิติ (Geostatistical Analysis) ด้วยโมดูล Geostatistical Analysis ในโปรแกรม ArcGIS-Arc Info โดยการวิเคราะห์ Semivariogram ของข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขอ้างอิง และข้อมูล SRTM DEMซึ่งผลการวิเคราะห์Semivariogram และ Semivariance Surface แสดงดัง รูปที่ 4 (a)–(d) จะเห็นว่า Semivariogram และ Semivariance Surface ของข้อมูลทั้งสี่ มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน นั้นแสดงว่ามีลักษณะความแปรปรวนของภูมิประเทศเหมือนกัน ถึงแม้จะมีความละเอียดทางราบต่างกัน

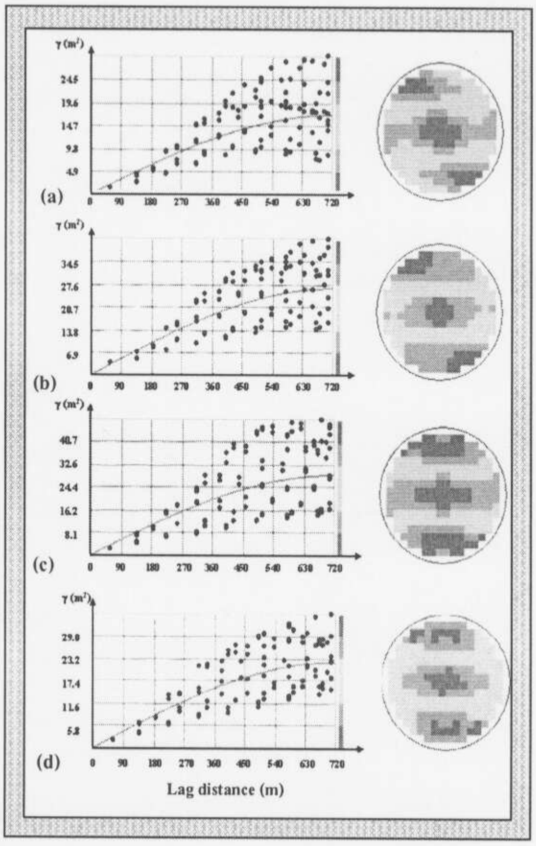
เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเชิงพื้นที่แล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูลทางสถิติของข้อมูล DEM ทั้งสี่ โดยเปรียบเทียบระหว่างข้อมูล SRTM DEM, SRTM5_KRGและ SRTM5_IDW กับข้อมูล MOAC DEM โดยผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิตินี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จะพบว่า ข้อมูล DEM ทั้ง 4 ชุด มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกันกล่าวคืออยู่ระหว่าง ±4 ถึง ± 5 เมตร มีค่าความเบ้ (Skewness) เป็นบวกซึ่งแสดงถึงข้อมูล DEM ทุกชุดมีลักษณะเบ้ขวา และมีค่าความโด่ง (Kurtosis) ที่มากกว่าศูนย์แสดงถึงข้อมูลโด่งมาก ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า ข้อมูล SRTM DEM นั้น ถึงแม้หยาบในเชิงตำแหน่งแต่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แตกต่างจากค่าของ MOAC DEM ไม่มาก และนอกจากนี้ การปรับปรุงคุณภาพความละเอียดทางราบของ SRTM DEM ให้มีความละเอียดทางราบเป็น 5 เมตร นั้นด้วยเทคนิคการประมาณเชิงพื้นที่ทั้งสองแบบนั้นไม่ได้ทำให้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงนั้นเพี้ยนไป แต่ในทางกลับกันนั้นผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกันกับข้อมูลอ้างอิงเป็นอย่างดี

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูล SRTM DEM, SRTM5_KRG และ SRTM5_IDW แล้วพบว่า จะห่างจาก ค่าเฉลี่ยของ MOAC DEM อยู่ประมาณ 6 เมตร และเมื่อทดลองนำค่าพิกัด ณ กลางสนามกีฬา (ดูรูปที่ 1) ไปหาคำนวณค่าความสูงยีออยด์ (Geoid Height) ด้วยโปรแกรม GeoidEval Utility (GeographicLib, 2010) โดยใช้แบบจำลองยีออยสากล EGM96 และ EGM 2008 จะมีค่า -31.5 และ -31.6 เมตร ตามลำดับ โดยการนี้เองจะเป็นสิ่งยืนยันถึงความถูกต้องของ EGM96 ว่า มีความถูกต้องในระดับ +/- 1 เมตร ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความคลาดเคลื่อนของ SRTM ณ พื้นที่ศึกษาจะมีค่า local bias อยู่ประมาณ 6 เมตร และนอกจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ และค่าทางสถิติของข้อมูลแล้ว การวิเคราะห์พื้นผิวก็มีความจำเป็น เพื่อที่จะดูว่าค่าต่างระดับระหว่างพื้นผิวอ้างอิง กับพื้นผิวของ SRTM DEM , SRTM5_IDW DEMและ SRTM5_KRG DEM ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็น "แผนที่ความคลาดเคลื่อนของ SRTM DEM" และเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อการสำรวจภาคสนาม ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์พื้นผิวของข้อมูลโดยการพิจารณา ค่าคลาดเคลื่อนของ SRTM DEM โดยเทียบกับแบบจำลองอ้างอิง โดยใช้โมดูล 3D Analyst ในโปรแกรม ArcGIS-Arc Info ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 5 (a)- 5(c) จะพบว่าพบว่าทั้งสามข้อมูลส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มที่เหมือนกัน จากการพิจารณาภาพถ่ายทางอากาศพบว่าบริเวณที่มีค่าต่างระดับสูง จะเป็นบริเวณพื้นที่ป่านั้นแสดงว่า SRTM DEM ยังมีค่าคลาดเคลื่อนสูงบริเวณพื้นที่ป่าเนื่องจาก ค่าความคลาดเคลื่อนจากการตัดลดความสูงของต้นไม้ที่ยังไม่ดีพอ

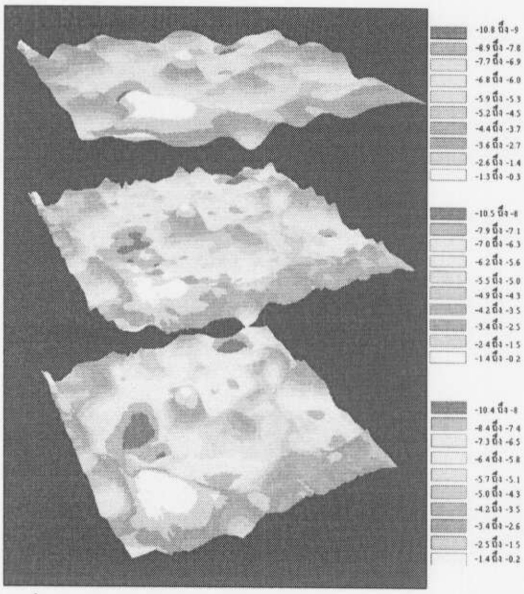
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในการเปรียบเทียบ DEM จากแหล่งต่างๆนั้น ในงานศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์เอาวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี "การถดถอยเชิงเส้น" (Linear Regression) เพื่อหาค่าแก้local bias ระหว่าง SRTM DEM กับ MOAC DEM โดยผลลัพธ์ในการแก้ ค่า local bias นั้น จะออกมาในรูปของสมการ

เชิงเส้น ดังแสดงในรูปที่ 6(a) - 6(c)โดยจากผลของการวิเคราะห์เพื่อหา สมการถดถอยเชิงเส้น ของ SRTM DEM จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ 1 ทั้งสามชุดข้อมูล แสดงว่าค่าความสูงของ SRTM DEM (ตัวแปร x) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับข้อมูลความสูงของ MOAC DEM (ตัวแปร y) อยู่สูง ทำให้สมการถดถอยเชิงเส้น มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549)



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพื้นที่ของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (a) Semivariogram และ Semivariance surface ของ MOAC DEM, (b) Semivariogram และ Semivariance surface ของ SRTM DEM, (c) Semivariogram และ Semivariance surface ของ SRTM5_IDW DEM, และ (d) Semivariogram และ Semivariance surface ของ SRTM5_KRG DEM



รูปที่ 5 ผลต่างระดับของแบบจำลองความสูงเชิงเลข (a) MOAC DEM – SRTM DEM, (b) MOAC DEM – SRTM5_IDW DEM และ (c) MOAC DEM – SRTM5_KRG DEM

ภายหลังจากการปรับแก้ Local Bias ออกไปแล้ว ได้นำเอาค่าระดับตามยาวมาเปรียบเทียบเป็นกราฟดังรูปที่ 7(a) - 7(c) และผลสรุปดังตารางที่ 2 โดยจะเห็นว่า ข้อมูล SRTM DEM, SRTM5_KRG และ SRTM5_IDW ทั้งสามแบบภายหลังจากที่ได้แก้ค่า Local Bias ออกไปแล้วจะมีแนวโน้มของความสูงและค่าความสูงใกล้เคียงกับ MOAC DEM มากโดยเมื่อทำการคำนวณค่าต่างระหว่าง SRTM ทั้งสามกับ MOAC DEM แล้วพบว่า มีค่าคลาดเคลื่อน ± 0.9 เมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าระดับตามยาวจากงานสำรวจภาคสนามมาเทียบกับข้อมูล SRTM DEM, SRTM5_KRG และ SRTM5_IDW แล้วพบว่า แนวโน้มของความสูงและค่าความสูงใกล้เคียงกันมากโดยมีค่าคลาดเคลื่อน ±0.6 เมตร จากผลลัพธ์ที่กล่าวมาทั้งหมด จะพบว่า หากขจัดความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบของ SRTM DEM ออกไปแล้ว ค่าระดับที่ได้จะมีความถูกต้องค่อนข้างสูง และในการทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค IDW และ Kriging จะช่วยให้ข้อมูลมีความละเอียดทางราบดีขึ้น และข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีนี้ก็ไม่ได้แต่ต่างจากข้อมูลจริงในสนามมากนัก(ประมาณ 0.6 เมตร) ซึ่ง

เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ในด้านต่างๆ นอกจากนี้ จากการศึกษาครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะการทำงานวิจัยในพื้นที่ขนาดไม่ใหญ่นัก(ประมาณ 1,200 ไร่) แต่ผลที่ได้ก็เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ถึงการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมาณเชิงพื้นที่ร่วมกับการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบในบริเวณอื่นๆที่มีลักษณะภูมิประเทศและการใช้ที่ดินที่หลากหลายต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า ความถูกต้องของ SRTM DEM, SRTM5_IDW และ SRTM5_KRG เมื่อเทียบกับ MOAC DEM ให้ความถูกต้องที่ค่อนข้างสูงโดยมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ ±0.9 เมตร และเมื่อเทียบกับค่าระดับที่ได้จากงานสำรวจภาคสนามจะมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่ประมาณ ±0.6 เมตร และเมื่อพิจารณาจากรูปตัดตามยาวแล้ว แนวโน้มของภูมิประเทศที่ได้จาก SRTM DEM, SRTM5_IDW และ SRTM5_KRG มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิง นอกจากนี้ จากการศึกษาครั้งนี้ยังได้ข้อสรุปที่ว่า การประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิคทางด้านภูมิสถิติ ทั้งสองวิธี (IDW และ Kriging) นอกจากจะทำให้ความละเอียดทางราบดีขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้อมูลระดับที่ได้ มีค่าใกล้เคียงกันกับข้อมูลอ้างอิงอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยครั้งหน้า (Future Work) จะได้มีการขยายงานวิจัยโดยเปรียบเทียบแบบจำลองความสูง SRTM โดยเทียบกับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณDual frequency GPS/GNSS ซึ่งรับสัญญาณ 24 ชั่วโมงและประมวลด้วย Precision Point Positioning (PPP)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.วัชรินทร์ กาสลัก อดีตหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้เอื้ออำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทั้งทางเครื่องมือที่ใช้ในงานสำรวจภาคสนาม ตลอดจนข้อมูล DEM จากกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้ในการศึกษาและขอขอบคุณ คุณศิริชัย ห่วงจริง ที่ได้ช่วยตรวจทานบทความนี้และขอกราบขอบพระคุณคำแนะนำในอันมีประโยชน์จาก ผศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการปรับปรุงบทความให้สมบูรณ์แบบมากขึ้น

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติข้อมูลทั้ง 2 ชุด ของข้อมูล DEM

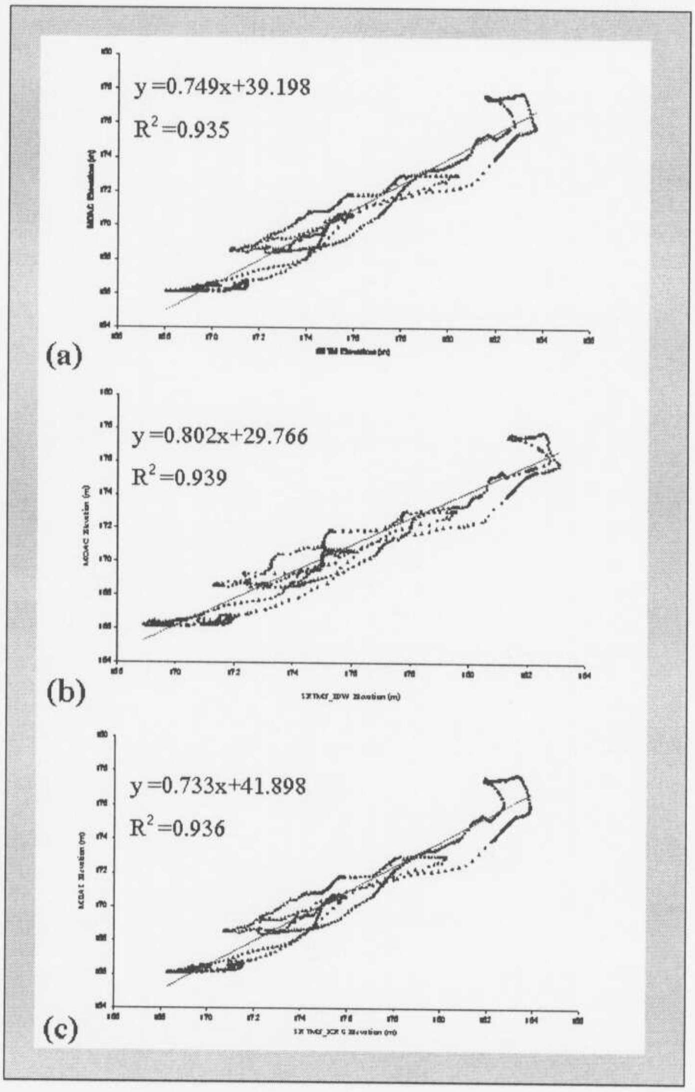
DEM	Statistic Measures							
	Size (Pixel)	Mean* (m)	Min* (m)	Max* (m)	SD* (m)	Median* (m)	Skewness* (m^3)	Kurtosis* (m^4)
MOAC**	74,525	169	163	179	±4	168	0.7	2.5
SRTM **	196	175	167	187	±5	171	0.3	2.3
SRTM5_IDW**	53,360	175	167	187	±4	175	0.2	2.1
SRTM5_KRG**	53,360	175	167	187	±5	175	0.2	2.2

** MOAC:ข้อมูล DEM กระทรวงเกษตรฯ, SRTM:SRTM DEM ความละเอียดทางราบ 90 เมตร , SRTM5_IDW และ SRTM5_KRG: ข้อมูล SRTM DEM ที่ปรับปรุงความละเอียดทางราบเป็น 5 เมตร ด้วยเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยวิธี น้ำหนักผกผันกับระยะทาง และวิธี คริกิง ตามลำดับ

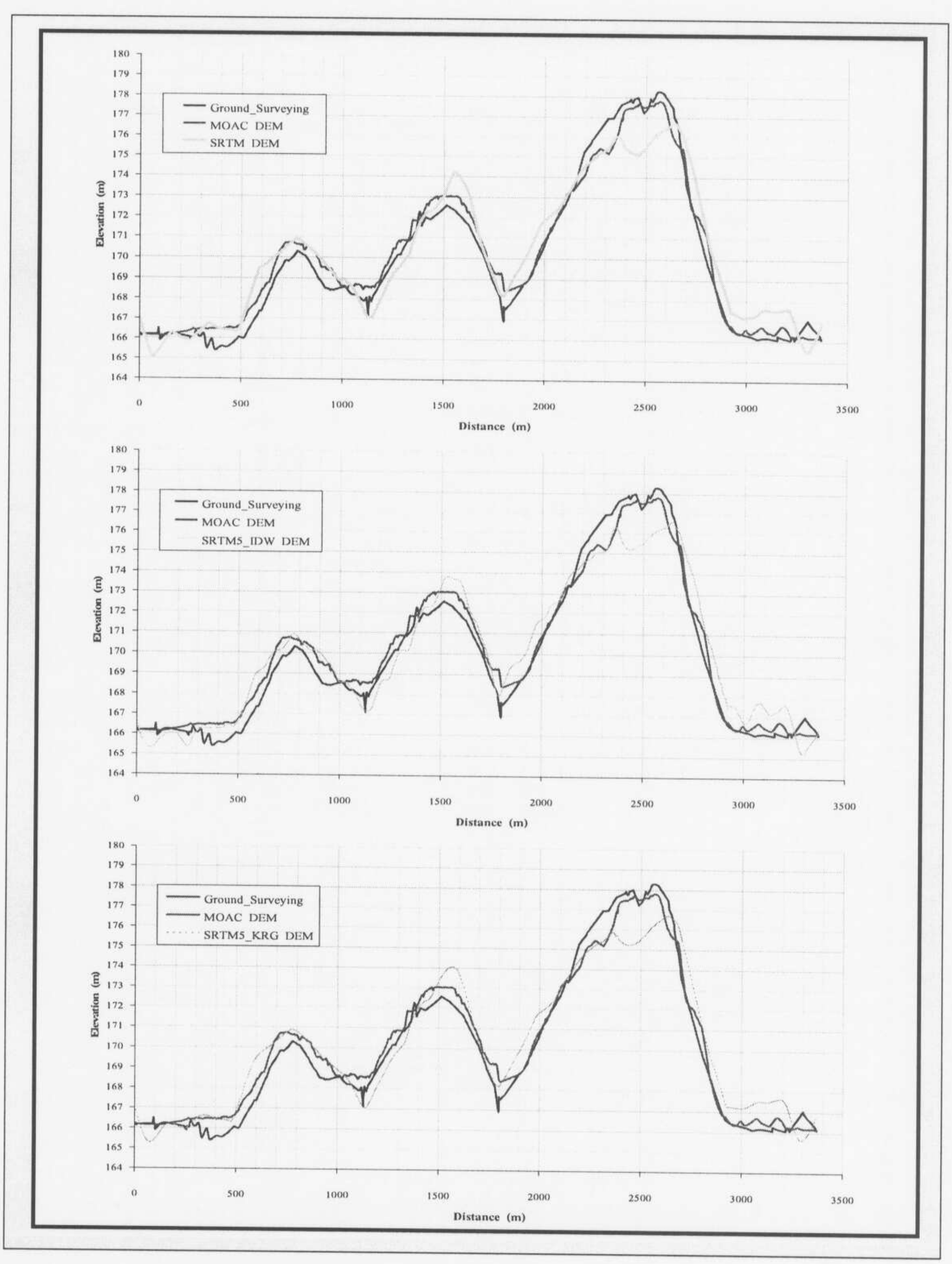
*Mean:ค่าเฉลี่ย, Min: ค่าน้อยที่สุด, Max: ค่ามากที่สุด, SD: ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน, Median: ค่ามัธยฐาน,Skewness: ค่าความเบ้, Kurtosis: ค่าความโด่ง

ตารางที่ 2 สรุปผลค่าคลาดเคลื่อนของข้อมูลแบบจำลองระดับสูงที่นำมาประเมินโดยเทียบกับข้อมูลสำรวจภาคสนามและแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขอ้างอิง ตามแนวการตรวจสอบ

Profile Data	Error (m)
SRTM DEM เทียบกับ Ground Survey	± 0.6
SRTM5_IDW DEM เทียบกับ Ground Survey	± 0.6
SRTM5_KRG DEM เทียบกับ Ground Survey	± 0.6
SRTM DEM เทียบกับ MOAC DEM	± 0.9
SRTM5_IDW DEM เทียบกับ MOAC DEM	± 0.9
SRTM5_KRG DEM เทียบกับ MOAC DEM	± 0.9



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของข้อมูลจุดระดับตามแนวรูปตัดตามยาวระหว่างข้อมูล (a) MOAC DEM กับ SRTM DEM ,(b) ข้อมูล MOAC DEM กับ SRTM5_IDW DEM และ (c) ข้อมูล MOAC DEM กับ SRTM5_KRG DEM



รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับของรูปตัดตามยาวจาก (a) ข้อมูลภาคสนาม, MOAC DEM และ SRTM DEM (b) ข้อมูลภาคสนาม, MOAC DEM และ SRTM5_IDW DEM (c) ข้อมูลภาคสนาม, MOAC DEM และ SRTM5_KRG DEM

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). **สถิติสำหรับงานวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.].

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2540). **การสำรวจข้อมูลระยะไกล.** ขอนแก่น: หจก.ขอนแก่นการพิมพ์.

Blumberg, D., Bach, D., Weissel, J., Gorokhovich, Y., Small, C., & Balk, D. (2005). The 2004 Sumatra tsunami event: contribution of SRTM data to the analysis of devastation. **The Shuttle Radar Topography Mission—Data Validation and Applications,** Workshop; June 14–16 2005; Reston, Virginia.

CGIAR Consortium for Spatial Information. [n.d.]. **SRTM 90m Digital Elevation Data.** Retrieved November 1, 2007, from http://srtm.csi.cgiar.org/

Davis, J. C. (2002). **Statistics and data analysis in geology.** 3 nd ed. USA: John Wiley & Sons, Inc

Gamba, P., Dell'Acqua, F., & Houshmand, B. (2002). SRTM data characterization in urban areas. **International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Commission III, Symposium 2002:** September 9– 13, 2002; Graz, Austria 2004–2008.

GeographicLib, 2010, **Online geoid calculations using the GeoidEval utility.** Retrieved August 20, 2010 from http://geographiclib.sourceforge.net/cgi-bin/GeoidEval

Gorokhovich, Y. & Voustianiouk, A. (2006). Accuracy assessment of the processed SRTM-based elevation data by CGIAR using field data from USA and Thailand and its relation to the terrain characteristics. **Remote Sensing of Environment,** (104), 409–415.

Guth, P. (2003). **Geomorphology of DEMs: Quality assessment and scale effects.** Proceedings of GSA, Seattle Annual Meeting. [n.p.].

Kicher, D.B. (2003). Higher-order interpolation of regular grid digital elevation models. **International Journalof Remote Sensing,** (24), 2981–2987.

Nikolakopoulos, K.G., Kamaratakis, E. K., & Chrysoulakis, N. (2006). SRTM vs ASTER elevation products. comparison for two regions in Crete, Greece. **International Journal of Remote Sensing** , (27), 4819–4838.

Rees, W.G. (2000). The accuracy of digital elevation interpolated to higher resolutions. **International Journalof Remote Sensing** , (21), 7–20.

Rodríguez, E., Morris, C.S., & Belz, J.E.(2006). A global assessment of the SRTM performance. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,** (72), 249–260.

Waisurasingha, C., Aniya, M., Hirano, A., Sang-Arun, J., & Sommut, W. (2008). Application of RemoteSensing and GIS for Improving Rice Production in Flood-prone Areas: A Case Study in Lower Chi-River Basin, Thailand. **Japan Agricultural Research Quarterly.,** 42 (3), 193 - 201

Zhu, C., Shi, W., Li, Q., Wang, G., Cheung, T. C. K., Dai, E., & Shea, G.Y.K. (2005). Estimation of average DEM accuracy under linear interpolation considering random error at the nodes of TIN model. **International Journal of Remote Sensing.,** (26), 5509–5523.