

การคำนวณปริมาตรกองสต็อกหิน กรณีศึกษาเปรียบเทียบผลการคำนวณ จากโปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D

Volume Estimation of Stock Pile: A Study Case Comparing Estimation Results between Surpac and AutoCAD C3D

พงศ์ศิริ จุลพงศ์¹ วิษณุ ศรีสวัสดิ์²

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹pongsiri.j@psu.ac.th

²wikhanet.d@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรของโปรแกรมประยุกต์ระหว่างโปรแกรม Surpac และโปรแกรม AutoCAD Civil 3D (C3D) โดยทำการรังวัดเก็บข้อมูลกองสต็อกจำนวน 7 กอง และนำข้อมูลรังวัดมาทำเป็นไฟล์ CSV (Comma Separated Values) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในการคำนวณปริมาตรของทั้ง 2 โปรแกรม แล้วทำการวิเคราะห์ผลการคำนวณปริมาตรจากโปรแกรมเปรียบเทียบกับผลการคำนวณปริมาตรด้วยวิธี Average End Area โดยพบว่าความแตกต่างของการคำนวณปริมาตรของโปรแกรม Surpac และโปรแกรม AutoCAD C3D เทียบกับการคำนวณปริมาตรด้วยวิธี Average End Area มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างร้อยละ 3.2 และ 3.5 ตามลำดับ โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เท่ากันคือ 2.9 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการคำนวณของทั้งสองโปรแกรมพบว่ามีความแตกต่างของผลการคำนวณร้อยละ 5.3

คำสำคัญ: ปริมาตรกองสต็อก, Surpac, C3D

ABSTRACT

This research is a study of the differential of volume estimation results between Surpac and AutoCAD Civil 3D (C3D). The survey data from 7 stockpiles were transformed to CSV (Comma Separated Values) file extension, it is the input data for volume estimation of both C3D and Surpac. The estimation results from both software were analyzed and compared with the estimation result of Average End Area method. The result show the average percentage of absolute differential between Surpac and Average End Area with AutoCAD C3D and Average End Area are 3.2% and 3.5% respectively. While the standard deviation of both case are 2.9. The comparing of estimation results between Surpac and AutoCAD C3D show the average percentage of absolute differential is around 5.3.

Keywords: Stockpile volume, Surpac, C3D

1) บทนำ

ปริมาตรและพื้นที่ผิวเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบของงานเหมืองแร่และงานโยธา ซึ่งจำเป็นต้องทราบปริมาตรเพื่อคำนวณปริมาณงานหรือ

วางแผนงานในขั้นต่อไป การที่จะทราบปริมาตรได้ต้องทำการรังวัดเพื่อระบุข้อมูลพิกัดตามลักษณะพื้นผิวของบริเวณนั้นๆ แล้วนำข้อมูลรังวัดนั้นมาคำนวณปริมาตร โดยปกติแล้วในการคำนวณปริมาตรของรูปทรงเลขาคณิตจะมีสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการคำนวณอยู่แล้ว แต่สำหรับปริมาตรของงานพื้นผิวทางด้านงานเหมืองแร่และงานโยธา รูปทรงของงานจะไม่อยู่ในรูปของรูปทรงเลขาคณิต ซึ่งไม่สามารถใช้สมการหรือสูตรคำนวณของรูปทรงเลขาคณิตทั่วไปมาคำนวณได้ โดยการคำนวณปริมาตรงานพื้นผิวทางด้านเหมืองแร่และโยธา จะใช้ลักษณะของการหาพื้นที่ภาพตัดขวางของปริมาตรนั้นๆ แล้วคำนวณปริมาตรระหว่างภาพตัดขวางแต่ละภาพนำมารวมกัน [1] ซึ่งสมการในการคำนวณแสดงดังสมการที่ 1

$$V = \frac{L}{2} (A_1 + A_n + 2(A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1})) \quad (1)$$

โดย V คือปริมาตร A คือพื้นที่ของภาพตัดขวาง และ L คือระยะห่างระหว่างภาพตัดขวาง โดยเรียกวิธีการคำนวณปริมาตรจากสมการที่ 1 ว่า Average End Area Method ซึ่งเป็นการประยุกต์การคำนวณปริมาตรจากการหาพื้นที่แบบ Trapezoid rule ซึ่งวิธี Average End Area สามารถคำนวณปริมาตรได้ทั้งในกรณีที่จำนวนของภาพตัดขวางเป็นจำนวนคู่และจำนวนคี่ แต่ในกรณีที่ภาพตัดขวางเป็นจำนวนคี่ สามารถคำนวณปริมาตรได้ด้วยสมการที่ 2 ซึ่งเรียกว่า Prismoidal Method [1] โดยประยุกต์จากการคำนวณพื้นที่แบบ Simpson's rule โดย n ต้องเป็นจำนวนคี่

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + A_n + 2(A_3 + A_5 + \dots + A_{n-2}) + 4(A_2 + A_4 + \dots + A_{n-1})) \quad (2)$$

ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมประยุกต์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกหลากหลายโปรแกรม เช่น Surpac, AutoCAD C3D, MineSight, Surfer, Micro Station ซึ่งผลการคำนวณของโปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ให้ค่าที่มีความแตกต่างกัน งานวิจัยนี้สนใจโปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมทางด้านงานเหมืองแร่และงานโยธา เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาปรับแก้หรือเปรียบเทียบ

ให้ใกล้เคียงกับปริมาตรจริงมากที่สุด ทั้งนี้ความถูกต้องหรือความแม่นยำในการคำนวณขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยสำคัญคือข้อมูลรังวัดหรือพิกัดพื้นผิว ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษาเปรียบเทียบการรังวัดด้วยเครื่องมือรับส่งสัญญาณดาวเทียมและระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกหรือที่เรียกว่า GPS (Global Positioning System) และการรังวัดข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) โดยข้อมูลรังวัดที่ได้จากการรังวัดด้วย GPS รุ่น Leica viva GS08 plus จะนำมาคำนวณปริมาตรด้วยโปรแกรม AutoCAD C3D ส่วนข้อมูลรังวัดที่ได้จาก UAV รุ่น senseFly eBee ซึ่งอยู่ในรูปของภาพถ่ายจะนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4D เพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายเปลี่ยนเป็นกลุ่มข้อมูลจุดแล้วจึงคำนวณปริมาตร พบว่า ผลการคำนวณปริมาตรมีความแตกต่างกัน 1.1% โดยผลการคำนวณปริมาตรด้วยโปรแกรม Pix4D ซึ่งใช้ข้อมูลรังวัดจาก UAV จะให้ผลการคำนวณที่มากกว่าโปรแกรม AutoCAD C3D ซึ่งใช้ข้อมูลรังวัดจาก GPS สำหรับในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่การรังวัดด้วย UAV จะให้ความสะดวกรวดเร็วและแม่นยำกว่าการรังวัดด้วย GPS [2] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบการรังวัดด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total station) รุ่น Leica TPS 1200 กับการรังวัดด้วยสแกนเนอร์สามมิติ (Laser scanner) รุ่น Leica HDS 3000 โดยการนำข้อมูลรังวัดมาประมวลผลกับโปรแกรมประยุกต์สามโปรแกรมคือ Geo Geograf และ Cyclone พบว่าการรังวัดทั้งสองวิธีให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่การรังวัดด้วยสแกนเนอร์สามมิติจะให้ความสะดวกรวดเร็ว แต่ก็มีข้อเสียกรณีที่พื้นที่รังวัดมีขนาดใหญ่จะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการรังวัดซึ่งอยู่ในรูปเมฆจุด (point cloud) หรือกลุ่มข้อมูลจุดที่มีปริมาณมากส่งผลกระทบต่อการทำงานเข้าและอาจหยุดหรือค้างในการประมวลผล ในส่วนของการเปรียบเทียบผลการคำนวณของทั้งสามโปรแกรมพบว่า ผลการคำนวณของโปรแกรม Geo และ Geograf ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่ทั้งสองโปรแกรมให้ผลการคำนวณที่ค่อนข้างแตกต่างจากโปรแกรม Cyclone [3] ยังมีเครื่องมือรังวัดอีกประเภทที่ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจสอบปริมาตรกองสโตค คือ Imaging Station (IS) โดยในการศึกษาได้มีการเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมกับปริมาตรกองสโตคที่ทราบค่า ซึ่งในการเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาตรของกองสโตคนั้นได้นำข้อมูลรังวัดจาก IS มาคำนวณด้วยโปรแกรม Image Master และข้อมูลรังวัดที่ได้จากกล้องประมวลผลรวมมาคำนวณด้วยโปรแกรม 12D พบว่าการรังวัดด้วย IS ซึ่งนำข้อมูลไปคำนวณด้วยโปรแกรม Image Master ให้ผลการคำนวณที่แตกต่างจากปริมาตรจริง 0.05% ส่วนการรังวัดด้วยกล้องประมวลผลรวมที่นำข้อมูลไปคำนวณปริมาตรด้วยโปรแกรม 12D ให้ผลการคำนวณที่แตกต่างจากปริมาตรจริง 5.34% [4]

2) วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรกองสโตคโดยโปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D ในบทความวิจัยฉบับนี้ ใช้ข้อมูลการรังวัดเป็นข้อมูลในการสร้างพื้นผิวของทั้งสองโปรแกรม โดยข้อมูลรังวัดที่ได้จะถูกทำให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV (Comma Separated Values) ซึ่งลำดับของสแตมข้อมูลคือ ลำดับ ลำดับค่าพิกัดเหนือ ลำดับค่าพิกัดตะวันออก และลำดับค่าระดับ (ตารางที่ 1) โดยทำการ

รังวัดข้อมูลด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total station) รุ่น Sokkia CX101 ที่บริษัท เหมืองแร่ลิวง จำกัด อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา จำนวน 7 กอง โดยตัวอย่างเครื่องมือรังวัดและลักษณะกองสโตคแสดงไว้ในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 : รูปแบบการเรียงลำดับข้อมูลรังวัดของไฟล์นามสกุล CSV (กรณีเปิดไฟล์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel)

สแตมที่ 1	สแตมที่ 2	สแตมที่ 3	สแตมที่ 4
ลำดับของข้อมูล	ค่าพิกัดเหนือ	ค่าพิกัดตะวันออก	ค่าระดับ

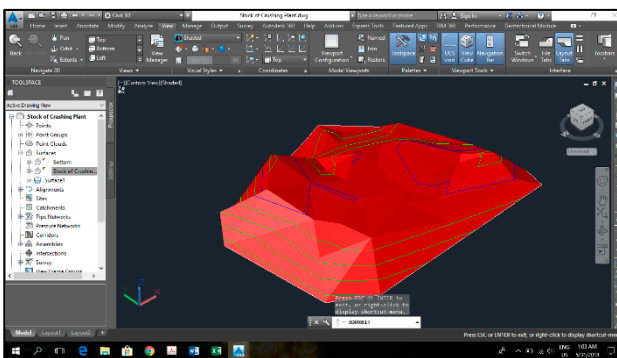
ข้อมูลรังวัดกองสโตคทั้ง 7 กองที่ถูกทำให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลชนิด CSV จะนำมาเป็นข้อมูลตั้งต้นในการสร้างพื้นผิวของโปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D โดยในการคำนวณปริมาตรของโปรแกรม AutoCAD C3D จะใช้การคำนวณปริมาตรโดยการสร้างพื้นผิวขึ้นมาจำนวน 2 พื้นผิว (Two surface method) [5] โดยพื้นผิวแรกเป็นพื้นผิวที่สร้างจากข้อมูลรังวัดที่ทำการรังวัดบริเวณกองสโตค ส่วนพื้นผิวที่สองจะสร้างจากข้อมูลรังวัดที่เป็นระดับพื้นล่างของกองสโตค (รูปที่ 2) และผลที่ได้จากการคำนวณปริมาตรของโปรแกรมจะถูกส่งออกเป็นไฟล์ PDF โดยในการสร้างพื้นผิวเพื่อคำนวณปริมาตรนั้นจะทำการกำหนดให้โปรแกรมสร้างพื้นผิวแบบ TIN (Triangulate Irregular Network) เพื่อให้พื้นผิวที่ได้มีสมบัติเดียวกับพื้นผิว DTM (Digital Terrain Model) ของโปรแกรม Surpac ส่วนการคำนวณปริมาตรของโปรแกรม Surpac จะทำโดยการสร้าง DTM จากข้อมูลรังวัดที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ CSV เช่นเดียวกับกับโปรแกรม AutoCAD C3D ซึ่งพื้นผิวที่ได้จากโปรแกรม Surpac จะเป็นลักษณะพื้นผิวเปิด จากนั้นจึงสร้าง DTM เพิ่มเติมในบริเวณด้านล่างของกองสโตค (ระดับพื้นของกองสโตค) เพื่อให้พื้นที่ด้านล่างของ DTM เป็นรูปทรงที่ปิดสนิท (รูปที่ 3) และผลที่ได้จากการคำนวณปริมาตรของโปรแกรมจะถูกส่งออกเป็นไฟล์ PDF เช่นเดียวกัน



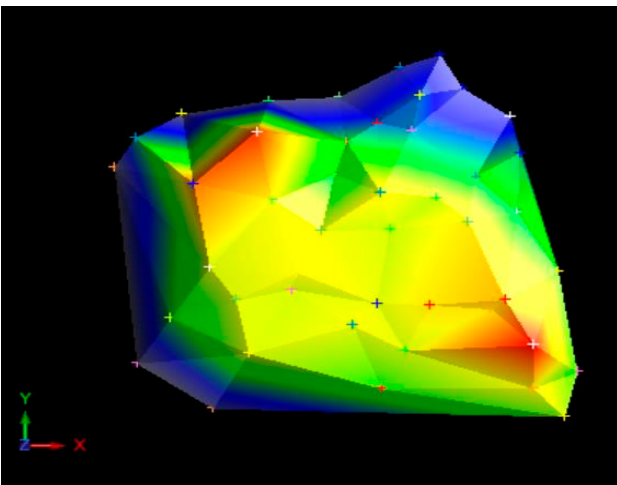
รูปที่ 1 : ก. เครื่องมือรังวัดและกองสโตคหินหน้าเหมือง



รูปที่ 1 : ข. กองสต็อกหินคลุก 2



รูปที่ 2 : การคำนวณปริมาตรโดยใช้โปรแกรม C3D



รูปที่ 3 : การคำนวณปริมาตรโดยใช้โปรแกรม Surpac

ผลการคำนวณของทั้งสองโปรแกรมจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณปริมาตรโดยการหาพื้นที่ของเส้นชั้นความสูงแต่ละเส้น โดยให้โปรแกรมประยุกต์ทั้งสองโปรแกรมแสดงเส้นชั้นความสูงและค่าพื้นที่ภายในเส้นชั้นความสูงแต่ละเส้นซึ่งจะกำหนดระยะห่างของเส้นชั้นความสูงที่ 1 เมตร หรือกล่าวอีกนัยคือการสร้างภาพตัดขวางในแนว

ระนาบ (Horizontal Cross Section) แล้วคำนวณปริมาตรด้วยวิธี Average End Area

3) ผลการทดลอง

จากการประมวลผลในการคำนวณปริมาตรของโปรแกรมประยุกต์ (ตารางที่ 2) ในส่วนของโปรแกรม Surpac เมื่อเทียบผลการคำนวณปริมาตรกับวิธี Average End Area พบว่ามีความแตกต่างสูงสุดที่ร้อยละ 7.6 และความแตกต่างน้อยสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.2 โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ร้อยละ 3.2 และ 2.9 ตามลำดับ ในส่วนของโปรแกรม AutoCAD C3D เมื่อเทียบผลการคำนวณปริมาตรกับการคำนวณปริมาตรด้วยวิธี Average End Area พบว่ามีความแตกต่างกันสูงสุดที่ร้อยละ 8.1 และน้อยสุดที่ร้อยละ 0.2 โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ร้อยละ 3.5 และ 2.9 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการคำนวณของทั้งสองโปรแกรม จะเห็นว่าปริมาตรกองสต็อกที่ได้มีความแตกต่างกันเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 5.3 โดยมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 12.7 ขณะที่ความแตกต่างน้อยสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.5 ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 4.6 ดังตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของความแตกต่างของผลการคำนวณของทั้งสองโปรแกรมประยุกต์กับค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) ซึ่งถูกคำนวณตามสมการที่ 3

$$Sphericity = \frac{\pi^{\frac{1}{3}}(6V_p)^{\frac{2}{3}}}{A_p} \quad (3)$$

โดย V_p คือปริมาตรของกองสต็อกและ A_p คือพื้นที่ผิวของกองสต็อก [6]

จากค่าความเป็นทรงกลมของกองสต็อกดังรูปที่ 4 จะเห็นว่าค่าความเป็นทรงกลมของกองสต็อกระหว่าง 0.362 – 0.548 และร้อยละความแตกต่างของผลการคำนวณไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นทรงกลมของกองสต็อก ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรของทั้งสองโปรแกรมประยุกต์กับพื้นที่ผิวของกองสต็อกดังแสดงในรูปที่ 5 กล่าวคือพื้นที่ผิวและความเป็นทรงกลมหรือความซับซ้อนของรูปทรงกองสต็อกไม่ได้มีผลต่อความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรของทั้งสองโปรแกรม

4) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จะเห็นว่าในการคำนวณปริมาตรโดยใช้โปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D ผลที่ได้จากการประมวลผลจะมีความแตกต่างของผลการคำนวณทั้งที่ข้อมูลในการนำเข้า (Input data) เป็นข้อมูลเดียวกัน ซึ่งปริมาตรจากการคำนวณระหว่างโปรแกรม Surpac และ AutoCAD C3D อาจจะน้อยกว่าหรือมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกัน โดยงานวิจัยนี้วิเคราะห์ความแตกต่างให้อยู่ในลักษณะค่าสัมบูรณ์เพื่อพิจารณาค่าร้อยละของความแตกต่างเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาตรของโปรแกรมประยุกต์

ตารางที่ 2 : ผลการคำนวณปริมาตรกองสัตของโปรแกรมประยุกต์ Surpac และ AutoCAD C3D
เทียบกับการคำนวณปริมาตรแบบ Average End Area

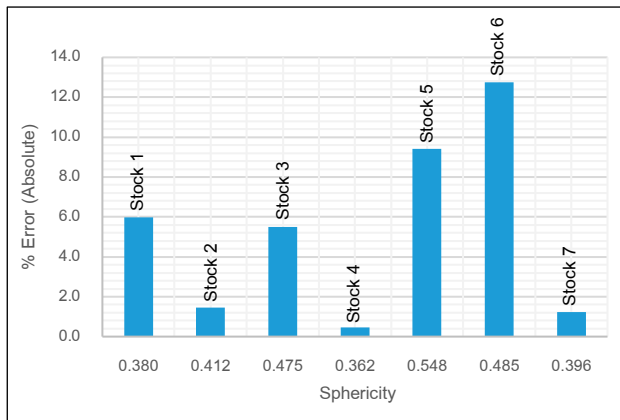
ลำดับที่ของ กองสัต	Surpac			C3D			หมายเหตุ
	Volume by Surpac (m ³)	Volume by Average End Area (m ³)	Abs. Error (%)	Volume by C3D (m ³)	Volume by Average End Area (m ³)	Abs. Error (%)	
กองสัต 1	13,596	12,632	7.6	12,783	11,981	6.7	สัตดินใหญ่หน้า เหมือง
กองสัต 2	2,564	2,394	7.1	2,527	2,486	1.6	สัตดินโคลง 1
กองสัต 3	10,046	9,818	2.3	10,599	10,580	0.2	สัตดินอุโมงค์
กองสัต 4	34,046	34,115	0.2	34,206	33,448	2.3	สัตดินฝุ่น
กองสัต 5	1,021	1,035	1.4	925	959	3.5	สัตทรายกองที่ 1
กองสัต 6	416	406	2.5	363	395	8.1	สัตทรายกองที่ 2
กองสัต 7	34,189	34,768	1.7	33,764	33,171	1.8	สัตดินโคลง 2
ค่าเฉลี่ย			3.2				3.5
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			2.9				2.9

ทั้งสองโปรแกรมพบว่า ปริมาตรที่คำนวณได้จะมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความแตกต่างประมาณ 5.3 โดยพบว่าค่าความเป็นทรงกลมและพื้นที่ผิวของกองสัตไม่มีผลต่อค่าร้อยละความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตรของทั้งสองโปรแกรมประยุกต์ ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณปริมาตรของโปรแกรม AutoCAD C3D เกิดจากการแบ่งปริมาตรของกองสัตเป็นปริซึมสามเหลี่ยมจำนวน n ตามลักษณะของพื้นผิว

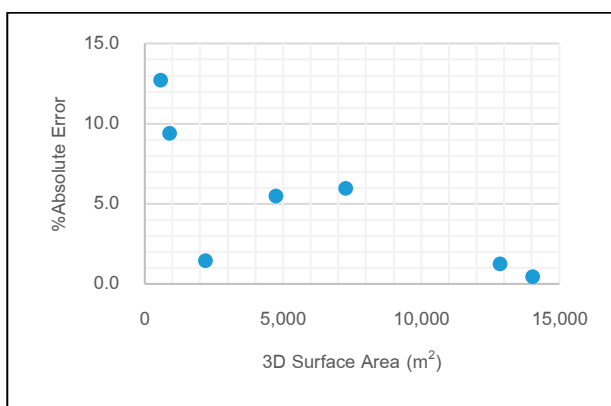
ด้านบนกับพื้นผิวด้านล่างเทียบกับพื้นผิวฐาน (base surface) [5] แล้วคำนวณปริมาตรจากแท่งปริซึมสามเหลี่ยมแต่ละแท่งรวมกัน ซึ่งทำให้ปริมาตรที่คำนวณได้ ไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นทรงกลมของกองสัตซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับการคำนวณปริมาตรของโปรแกรม Surpac

ตารางที่ 3 : ร้อยละความแตกต่างผลการคำนวณของทั้งสองโปรแกรม

ลำดับที่ของกองสัต	Absolute Different between Surpac and AutoCAD C3D (m ³)	3D Surface area by Surpac (m ²)	%Error (Absolute Different/Volume by Surpac)	หมายเหตุ
กองสัต 1	813	7,253	6.0	สัตดินใหญ่หน้าเหมือง
กองสัต 2	37	2,199	1.4	สัตดินโคลง 1
กองสัต 3	553	4,745	5.5	สัตดินอุโมงค์
กองสัต 4	160	14,034	0.5	สัตดินฝุ่น
กองสัต 5	96	894	9.4	สัตทรายกองที่ 1
กองสัต 6	53	556	12.7	สัตทรายกองที่ 2
กองสัต 7	425	12,851	1.2	สัตดินโคลง 2
ค่าเฉลี่ย			5.3	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			4.6	



รูปที่ 4 : ร้อยละของความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตร กับค่าความเป็นทรงกลมของกองสต็อก



รูปที่ 5 : ความสัมพันธ์ของร้อยละของความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาตร กับพื้นที่ผิวกองสต็อก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เหมืองแร่ลิวง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลรังวัดกองสต็อคนหิน ขอบคุนภาควิชาเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือรังวัดตลอดจนการใช้โปรแกรมประยุกต์ทั้งสองโปรแกรม และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในการสนับสนุนทุนพัฒนานักวิจัย เลขที่ ENG-60-2-7-01-0230S

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. T. Crawford and W. A. Hustralid, *Open Pit Mine Planning and Design*. New York: Society of Mining Engineers, 1979.
- [2] P. L. Raeva, S. L. Filipova, and D. G. Filipov, "Volume Computation of a Stockpile - a Study Case Comparing GPS and Uav Measurements in AN Open Pit Quarry," *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 41B1, pp. 999–1004, Jun. 2016.
- [3] B. Pflipsen, "Volume computation : a comparison of total station versus laser scanner and different software," MSc thesis (Geomagnetic), University of Gävle, Department of Technology and Built Environment, Sweden, 2007.
- [4] B. H. Hazida and M. S. Shaharuddin, "Measuring Volume of Stockpile using Imaging Station," *Geoinformation Science Journal*, vol. 11, no. 1, pp. 15–32, 2011.

- [5] S. LABANT, H. Stankova, and R. Weiss, "Geodetic Determining of Stockpile Volume of Mineral Excavated in Open Pit Mine," *GeoScience Engineering*, vol. 59, no. 1, pp. 30–40, 2013.
- [6] H. Wadell, "Sphericity and Roundness of Rock Particles," *The Journal of Geology*, vol. 41, no. 3, pp. 310–331, 1933.