

การตรวจสอบขนาดของรองเท้าเพื่อสุขภาพโดยการประยุกต์ใช้วิศวกรรมย้อนรอย (กรณีศึกษา)

To Check Size of Healthy Shoe by Applying Reverse Engineering (Case Study)

ธงชัย เพ็งจันทร์¹, บุญส่ง จงกลณี² และ เอกพล ทับพร^{3*}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

248 เพชรเกษม 110 เขตหนองแขม แขวงหนองค้างพลู กรุงเทพฯ 10160

Thongchai Pangjundee¹, Boonsong Chongkolnee² and Ekkapol Tubpond^{3*}

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thunyaburi

39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University

248 Soi Petchkasem 110, Nong Khang Phlu, Nong Khaem, Bangkok 10160

*Corresponding author Email: pew_ek@hotmail.com

(Received: December 03, 2024 / Revised: December 24, 2024 / Accepted: December 25, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างขั้นตอนการดำเนินงานด้านวิศวกรรมย้อนรอยโดยใช้เทคโนโลยีเลเซอร์สแกนเนอร์ 3 มิติ สำหรับรองเท้าเพื่อสุขภาพ และประเมินผลจากการวัดค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ไม้บรรทัด โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X โดยวัดขนาดความยาว กลางฝ่าเท้า และปลายเท้า ในจุดเดิมซ้ำๆ ทั้งหมดสามครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละค่าจากผลการวัดขนาดปรากฏว่าการวัดขนาดโดยไม้บรรทัดให้ค่าเฉลี่ยของพื้นรองเท้าขนาดความยาว 27.46 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 8.45 เซนติเมตร ปลายเท้า 6 เซนติเมตร ขนาดค่าเฉลี่ยของอินโซลขนาดความยาว 28.66 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 9.9 เซนติเมตร ปลายเท้า 6.66 เซนติเมตร การวัดขนาดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J ให้ค่าเฉลี่ยของพื้นรองเท้าขนาดความยาว 29.48 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 9.41 เซนติเมตร ปลายเท้า 6.4 เซนติเมตร ขนาดค่าเฉลี่ยของอินโซลขนาดความยาว 29.47 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 9.79 เซนติเมตร ปลายเท้า 6.83 เซนติเมตร และการวัดขนาดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X ให้ค่าเฉลี่ยของพื้นรองเท้าขนาดความยาว 27.56 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 8.19 เซนติเมตร ปลายเท้า 6.26 เซนติเมตร ขนาดค่าเฉลี่ยของอินโซลขนาดความยาว 28.49 เซนติเมตร กลางฝ่าเท้า 9.78 เซนติเมตร ปลายเท้า 6.73 เซนติเมตร จากผลการวัดวัดขนาดค่าเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าขนาดของอินโซลจะมีขนาดใหญ่กว่าพื้นรองเท้าเสมอเพราะว่าอินโซลจะมีส่วนโค้งขึ้นไปอยู่ติดกับรองเท้า

คำสำคัญ: วิศวกรรมย้อนรอย, คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Geomagic Design X), เลเซอร์สแกน

Abstract

This research aims to create a reverse engineering process using 3D laser scanner technology. It is used in tandem with 3D scanners, which provide high accuracy even at complex scales. This proven and reliable technology aims to create reverse engineering procedures by using laser scanning technology for health shoes, and evaluates the results by measuring tolerances using a ruler. ImageJ computer program and Geomagic Design X computer program by measuring the length, middle of the foot, and toe. From the results of the measurement, it turned out that the measurement by the ruler gave the average of the sole length as 27.46 centimeters, the middle of the foot as 8.45 centimeters, and the toe as 6 centimeters; the average size of the insole measures 28.66 centimeters in length, 9.9 centimeters in the middle of the foot, and 6.66 centimeters in the toe. The measurement by the computer program Image J gives the average size of the sole of the shoe, measuring 29.48 centimeters in length, 9.41 centimeters in the middle of the foot, and 6.4 centimeters in the toe; the average size of the insole is 29.47 centimeters in length, 9.79 centimeters in the middle of the foot, and 6.83 centimeters in the toe.

Keywords: Reverse Engineering, Geomagic Design, Laser Scanning

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมโรงงานรองเท้ามีการแข่งขันสูงทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการที่รัฐบาลลดภาษีการนำเข้ารองเท้าจากต่างประเทศ ทำให้รองเท้ามีขึ้นจากต่างประเทศเข้ามาขายในไทยมากขึ้นและราคาถูกลง ผู้ผลิตเพื่อขายสำหรับตลาดในประเทศจำเป็นต้องมีการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และประสิทธิภาพการผลิตรวมทั้งการนำกลยุทธ์ทางการตลาดมาใช้ เช่น การออกแบบให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น [1] ดังนั้นจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของวิศวกรรมย้อนรอยเพราะเป็นกระบวนการพัฒนาโดยใช้การวิเคราะห์การแก้ไขข้อบกพร่องของการประดิษฐ์เดิมให้ดียิ่งขึ้นโดยนำมาใช้ควบคู่กันกับการสแกนเนอร์ 3 มิติ ที่ให้ค่าความแม่นยำสูง แม้ขนาดงานที่มีความละเอียดซับซ้อน และเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงที่ได้รับการพิสูจน์ และเชื่อถือได้ อวัยวะภายในร่างกายของเราทุกส่วนถูกสร้างมาเพื่อตอบสนองการใช้งานทั้งเบา และหนักโดยเฉพาะอย่างยิ่ง“เท้า” หนึ่งในอวัยวะที่เรียกได้ว่าทำงานหนักเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่เราจะเดินไปไหนได้ไกล และนาน รวมถึงการแบกรับน้ำหนักของร่างกายโดยทั่วไป แล้วกลุ่มบุคคลที่มีปัญหาทางด้านสุขภาพเท้าในด้านต่างๆ จะส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน และโดยเฉพาะกลุ่มที่มีปัญหาด้านสุขภาพเท้าเป็นปัญหาของเท้าที่พบบ่อยปัญหาหนึ่งซึ่งอาจเป็นภาวะปกติหรือผิดปกติและอาจแสดงหรือไม่แสดงอาการใดๆ การเลือกรองเท้าที่เหมาะสมก็เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสุขภาพเท้ารองเท้าที่เหมาะสมนั้นมีหลักนิดเดียว คือ ใส่แล้วสบายเดินได้ทั้งวันแต่ถ้ารองเท้าที่สวมใส่ไม่เหมาะสม เช่น ใส่รองเท้าหน้าแคบหรือรองเท้าส้นสูงอาจทำให้เกิดอาการปวดเท้าหรือมีความผิดปกติกับรูปเท้า เนื่องจากเท้าถูกบีบรัดที่พบบ่อย คือ อาการหัวแม่เท้าเกหรือบิดเข้าสู่นิ้วชี้มากไปจนบางทีเกิดการชอนทับ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการรับน้ำหนักที่ไม่เหมาะสม และปวดเท้าตนเอง ถ้าคุณมีอาการปวดเท้าอยู่แล้ว แต่ยังเลือกสวมรองเท้าไม่เหมาะสมก็อาจส่งผลให้มีอาการปวดเท้าเรื้อรังต่อไปได้อีกเพราะรองเท้านั้นสำคัญ [2] จึงควรเลือกรองเท้าให้เหมาะกับเท้า เพื่อไม่ให้ส่งผลเสียภายหลังข้อมูลในการทำวิจัยศึกษาความต้องการลดปัญหาสุขภาพเท้าครั้งนี้จะสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์รองเท้าเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการกลุ่มรองเท้าเพื่อสุขภาพยิ่งขึ้น [3,4]

M.C.H.W. Fuchs, M.M.N. Hermans, H.J.J. Kars, J.G.E. Hendriks, M.C. van der Steen [5]. ได้ศึกษาการกระจายแรงกดฝ่าเท้า และลักษณะการสวมใส่ของรองเท้าจากปลายเท้า 3 คูในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีรองเท้าสำหรับขนถ่ายส่วนหน้าใช้เพื่อลดแรงกดบนบริเวณเฉพาะของเท้าจุดมุ่งหมายของการลดแรงกดทับคือการช่วยรักษาเนื้อเยื่ออ่อน และกระดูกป้องกันภาวะแทรกซ้อนโดยการรักษาความผิดปกติของเท้ามีรองเท้าสำหรับขนถ่ายหน้าเท้าหลายแบบให้เลือกในขั้นตอนแรก

ในการตรวจสอบการใช้รองเท้าเหล่านี้เหมาะสมในสถานที่เกี่ยวกับclyกรรมกระดูกเราได้ศึกษาการกระจายแรงกดฝ่าเท้า และลักษณะการสวมใส่ของรองเท้าสำหรับขนาถายที่ส่วนหน้า 3 แบบ ได้แก่ Mailand, Ortho Wedge และ Podalux ในประชากรที่มีสุขภาพดีผู้เข้ารับการทดลองจำนวน 20 คนเดินแบบสุ่มตามลำดับ โดยสวมรองเท้าสำหรับขนาถายด้วยเท้าหน้า 3 คู่ และรองเท้าอ้างอิง 1 คู่เป็นเวลาหกนาที่ใช้ระบบ Pedar วัดความดันใน 7 บริเวณอินทิกิริลความดันพิค และเวลาความดันถูกวิเคราะห์เพื่อใช้ในการวัดการกระจายแรงดัน [5,6] นอกจากนี้คุณลักษณะการสวมใส่ยังได้รับการแก้ไขโดยใช้ระดับคะแนนที่เป็นตัวเลข เมื่อเปรียบเทียบการกระจายแรงกด และการสวมใส่ของรองเท้าสำหรับขนาถายที่ส่วนหน้ากับรองเท้าอ้างอิง รองเท้าMailand และ Ortho Wedge ช่วยลดแรงกดสูงสุดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ได้ Hallux และมากกว่า 45เปอร์เซ็นต์ ได้ MTH1 ($p < .001$) Podalux ไม่ได้แสดงการลดแรงกดสูงสุดได้เท้าส่วนหน้าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับรองเท้าอ้างอิง ได้นี้เท้าที่เล็กกว่า บริเวณ MTH 4-5 และบริเวณสันเท้ารองเท้า Podalux แสดงให้เห็นว่าแรงกดสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p = .001$) เมื่อคุณลักษณะการสวมใส่รองเท้า Podalux และรองเท้าอ้างอิงทำคะแนนได้ดีกว่า รองเท้าสำหรับขนาถายส่วนหน้าอีก 2 คู่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .01$) ในการศึกษา นี้มีการประเมินความแตกต่างระหว่างรองเท้าสำหรับขนาถายส่วนหน้าแบบต่างๆ รองเท้า Mailand และ Ortho Wedge ช่วยลดแรงกดที่ส่วนหน้าเท้าได้ดีที่สุดแต่ใช้งานไม่สะดวกรองเท้าโยก Podalux ให้ผลลัพธ์ที่ตรงกันข้ามขั้นตอนต่อไปคือการศึกษานี้ [5] [7]

ดังนั้น คณะผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการตรวจสอบส่วนประกอบรองเท้าเพื่อสุขภาพด้วยวิศวกรรมย้อนรอยประกอบด้วย รองเท้า อินโซล และพื้นรองเท้าและเปรียบเทียบขนาดของรองเท้าที่ได้จากการสแกนโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. วัสดุ และอุปกรณ์

การทดลองนี้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับวิศวกรรมย้อนรอยรองเท้าโดยใช้รองเท้าผ้าใบสีขาวเพื่อสุขภาพขึ้นงานตัวอย่างเบอร์ 42 ทำการสแกนเก็บชิ้นงาน และการสร้างพื้นผิวโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X และประเมินผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจากการวัดตัวอย่างชิ้นงาน แสดงวัสดุและอุปกรณ์ ดังนี้

- ก. รองเท้าผ้าใบเพื่อสุขภาพ สีขาวเบอร์ 42 (รูปที่ 1 ก))
- ข. เครื่องสแกนสามมิติ รุ่น Handy SCAN 700 แบบพกพา (รูปที่ 1 ข))
- ค. จุดอ้างอิงตำแหน่ง (Reference Point) (รูปที่ 1 ค))
- ง. ที่วางชิ้นงานสแกน (รูปที่ 1 ง))
- จ. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Vxelement
- ฉ. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X
- ช. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ImageJ



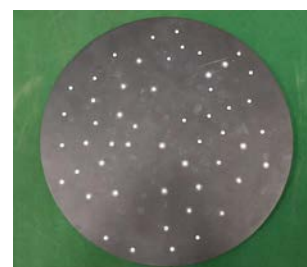
(ก)



(ข)



(ค)



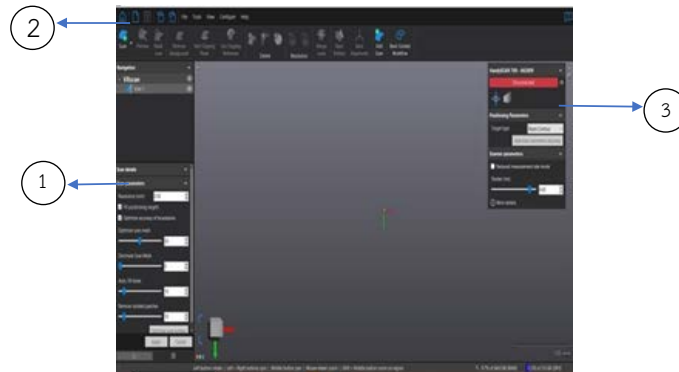
(ง)

รูปที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดลอง

3. วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานจะประยุกต์ใช้วิศวกรรมย้อนรอยในการตรวจสอบลักษณะรองเท้าเพื่อสุขภาพมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 การตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VXelements (VX)



รูปที่ 2 การตั้งค่าเริ่มต้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 2 ก. ตารางการตั้งค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VXelements (VX) (หมายเลข 1) ข. ตั้งค่า Shutter = 4.85 ms (หมายเลข 2) และ ค. กด Scan เพื่อเริ่มใช้งาน (หมายเลข 3)

ตารางที่ 1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม VXelements (VX)

Resolution	0.02 mm
Optimize Scan Meah	50 mm
Decimate Scan Meah	0 mm
Autofill holes	10 mm
Remove isolated patches	10 mm

3.2 การใช้จุดอ้างอิงตำแหน่ง (Reference Point)

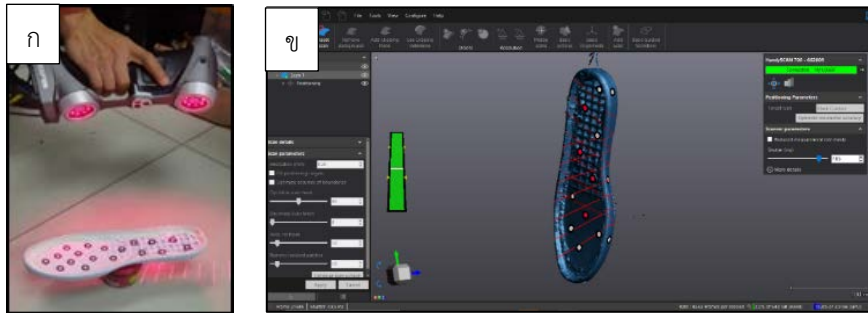
การติดจุดอ้างอิง (Reference Point) ให้อยู่ในลักษณะสามเหลี่ยมไม่ติดถึงกันเกินไปดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 (ก) พื้นรองเท้า (ข) รองเท้า (ค) อินโซล

3.3 สแกนชิ้นงานตัวอย่างโดยเครื่องสแกนเนอร์สามมิติ

การสแกนชิ้นงานให้ไฟล์สแกนขึ้นสีเขียวเพราะอยู่ในระยะห่างที่พอดี ทำการสแกนชิ้นงานให้ทั่วทั้งชิ้นงาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 (ก) การสแกนชิ้นงาน (ข) หน้าต่างโปรแกรม คอมพิวเตอร์ VXelements (VX)

ข. เมื่อสแกนชิ้นงานเสร็จสิ้น ใช้คำสั่ง Connect  (หมายเลข1)

ค. หลังจากนั้นกดที่คำสั่ง Delete Triangles  เพื่อลบสิ่งไม่ต้องการที่อาจจะติดมาจากการสแกน (หมายเลข 2)

ง. ทำการบันทึกไฟล์ชิ้นงาน โดยเข้าไปที่คำสั่ง File, Export และ Mesh

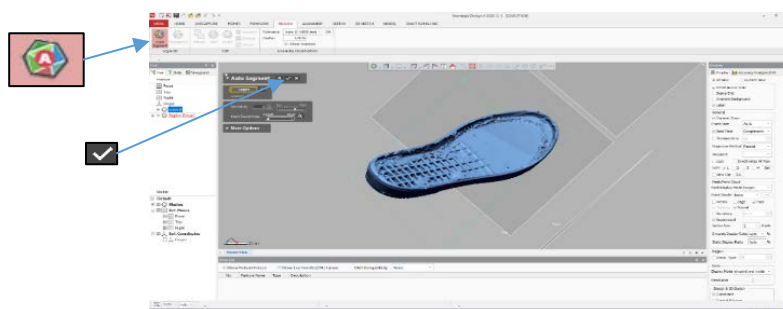
จ. เลือกบันทึกไฟล์งานใน Folder ที่ต้องการ ชื่อไฟล์ที่บันทึกต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้นส่วนนามสกุลใช้ STL เท่านั้น ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 (ก) ขั้นตอนการบันทึกไฟล์ (ข) บันทึกไฟล์เป็นนามสกุล STL.

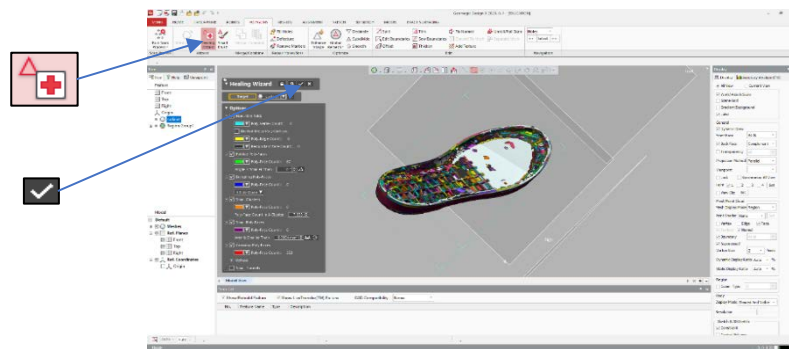
3.4 ขั้นตอนปรับพื้นผิวพื้นรองเท้าโดยใช้โปรแกรม Geomagic Design X

ก. เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment  จำแนกตาข่ายตามขอบเขตเรขาคณิตสีต่างๆ โดยอัตโนมัติ โดยพิจารณาจากความโค้ง และคุณลักษณะของข้อมูลการสแกนจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 6



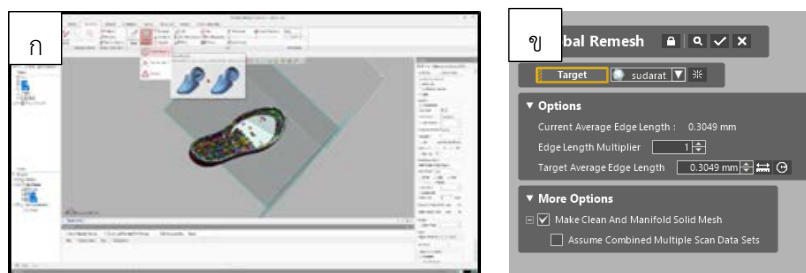
รูปที่ 6 เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment

ข. เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard  รักษาข้อบกพร่องต่าง ๆ ในตาข่ายโดยอัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 7



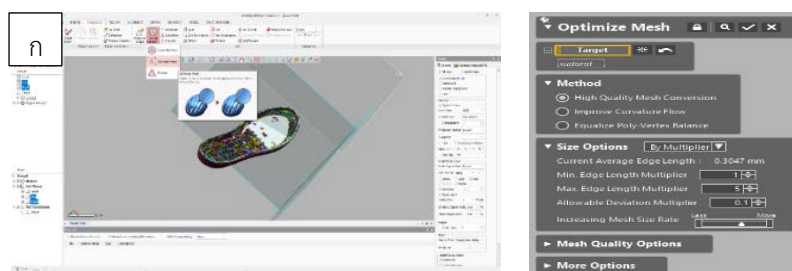
รูปที่ 7 เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard

ค. ใช้คำสั่ง Global Remesh  คำนวณตาข่ายทั้งหมดใหม่ และพิสูจน์คุณภาพตาข่ายจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 (ก) คำสั่ง Global Remesh  (ข) หน้าต่างคำสั่ง Global Remesh

ง. ใช้คำสั่ง Optimize Mesh  ปรับตาข่ายให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานดาวน์สตรีม เช่น CAE หรือพื้นผิวอัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 9

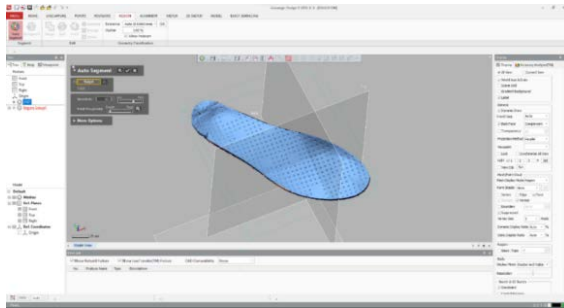


รูปที่ 9 (ก) คำสั่ง Optimize Mesh  (ข) หน้าต่างคำสั่ง Optimize Mesh

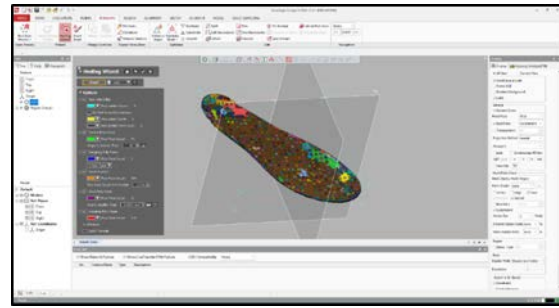
3.5 ขั้นตอนปรับพื้นผิว Insole โดยใช้โปรแกรม Geomagic Design X

ก. เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment  จำแนกตาข่ายตามขอบเขตเรขาคณิตที่ต่างกันโดยอัตโนมัติ โดยพิจารณาจากความโค้ง และคุณลักษณะของข้อมูลการสแกนจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 10

ข. เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard  รักษาข้อบกพร่องต่าง ๆ ในตาข่ายโดยอัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 11



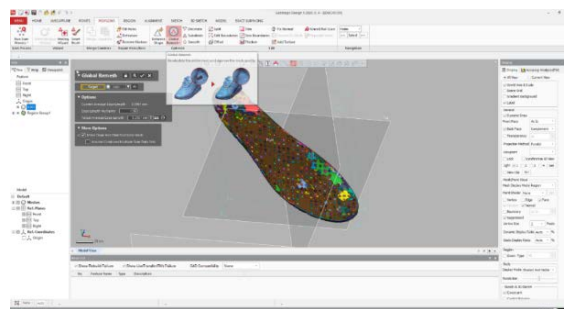
รูปที่ 10 เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment



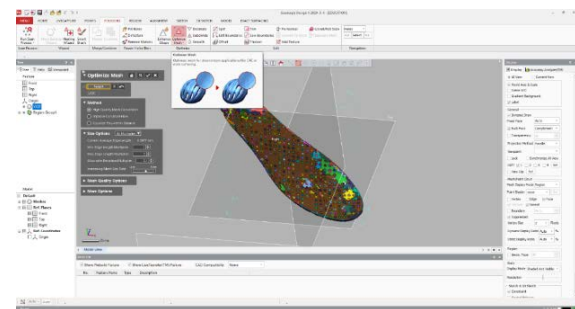
รูปที่ 11 เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard

ค. ใช้คำสั่ง Global Ramesh  คำนวณตาข่ายทั้งหมดใหม่ และพิสูจน์คุณภาพตาข่ายจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 12

ง. ใช้คำสั่ง Optimize Mesh  ปรับตาข่ายให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานดาวน์สตรีม เช่น CAE หรือพื้นผิวอัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 ใช้คำสั่ง Global Ramesh

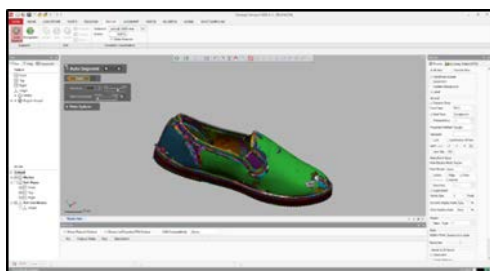


รูปที่ 13 ใช้คำสั่ง Optimize Mesh

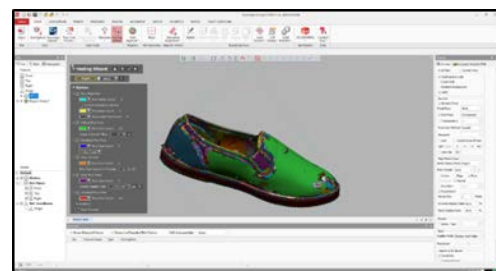
3.6 ขั้นตอนปรับพื้นผิวรองเท้าโดยใช้โปรแกรม Geomagic Design X

ก. เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment  จำแนกตาข่ายตามขอบเขตเรขาคณิตสีต่างๆ โดยอัตโนมัติพิจารณาจากความโค้ง และคุณลักษณะของข้อมูลการสแกนจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 14

ข. เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard  รักษาข้อบกพร่องต่าง ๆ ในตาข่ายโดยอัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 15



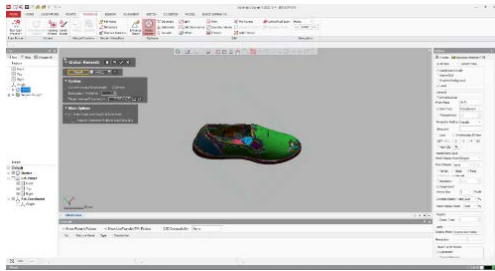
รูปที่ 14 เข้าไปที่ Region ใช้คำสั่ง Auto Segment



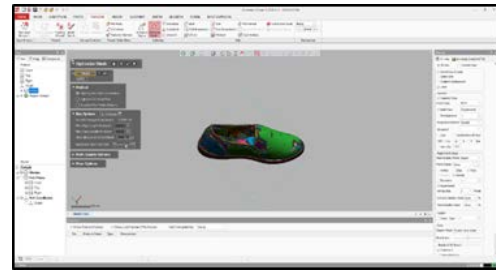
รูปที่ 15 เข้าไปที่ Polygons ใช้คำสั่ง Healing Wizard

ค. ใช้คำสั่ง Global Ramesh  คำนวณตาข่ายทั้งหมดใหม่ และพิสูจน์คุณภาพตาข่ายจากนั้นกดเครื่องหมาย 
ดังรูปที่ 16

ง. ใช้คำสั่ง Optimize Mesh  ปรับตาข่ายให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานดาวน์โหลดสตรึม เช่น CAE หรือพื้นผิว
อัตโนมัติจากนั้นกดเครื่องหมาย  ดังรูปที่ 17



รูปที่ 16 ใช้คำสั่ง Global Ramesh



รูปที่ 17 ใช้คำสั่ง Optimize Mesh

3.7 การวัดระยะพื้นรองเท้าโดยไม่บรรทัด

ทำการวัดความยาวพื้นรองเท้าโดยไม่บรรทัดที่มีขนาดความยาวทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุดทำให้ได้ค่าขนาดการวัด
ทำการวัดพื้นรองเท้าความกว้างฝ่าเท้าโดยไม่บรรทัด ที่มีขนาดความกว้างทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุดทำให้ได้ค่าขนาดการวัด
การวัดพื้นรองเท้าความกว้างปลายเท้าโดยไม่บรรทัด ที่มีขนาด ความกว้าง ทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุดทำให้ได้ค่าขนาดการ
วัด ดังรูปที่ 18

3.8 การวัดขนาดพื้นรองเท้าโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J

รูปที่19 ทำการวัดพื้นรองเท้าความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J ที่มีขนาดความยาวทั้งหมดสามครั้งจากแต่
ละจุดทำให้ได้ค่าขนาดการวัดดังนี้ ทำการวัดพื้นรองเท้าความกว้างฝ่าเท้าโดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J และวัด
พื้นรองเท้าความกว้างปลายเท้าโดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image j มีขนาดความกว้างทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุด

3.9 การวัดขนาดพื้นรองเท้าโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X

รูปที่ 20 ทำการวัดพื้นรองเท้าความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design ที่มีขนาดความยาวทั้งหมดสาม
ครั้งจากแต่ละจุด วัดพื้นรองเท้าความกว้างฝ่าเท้าขนาดความกว้างทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุด และวัดพื้นรองเท้าความกว้าง
ปลายเท้าขนาดความกว้างทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุด

3.10 การวัดอินโซลด้วยไม้บรรทัด

รูปที่ 21 ทำการอินโซลรองเท้าเพื่อสุขภาพทางยาวโดยไม้บรรทัดที่มีขนาดความยาวทั้งหมดสามครั้งจากแต่ละจุดความกว้าง
ฝ่าเท้าโดยไม้บรรทัดที่มีขนาดความกว้างทั้งหมดสามครั้ง

3.11 การวัดขนาดอินโซลรองเท้าโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J

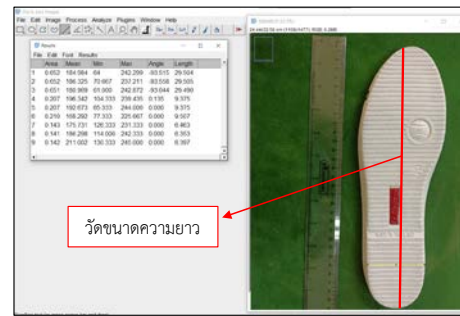
รูปที่ 22 ทำการอินโซลรองเท้าเพื่อสุขภาพความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J ที่มีขนาดความยาวทั้งหมดสาม
ครั้งจากแต่ละจุด

3.12 การวัดขนาดอินโซลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X

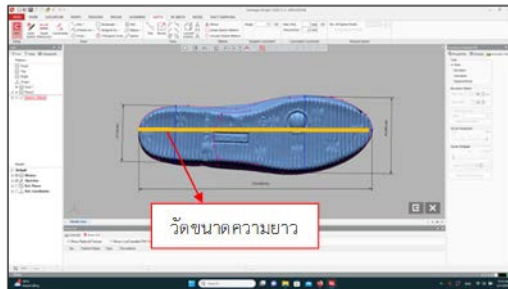
รูปที่ 23 ทำการวัดอินโซลความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X มีขนาดความยาวทั้งหมดสามครั้งจาก
แต่ละจุด



รูปที่ 18 การวัดความยาวพื้นรองเท้าโดยไม่บรรทัด



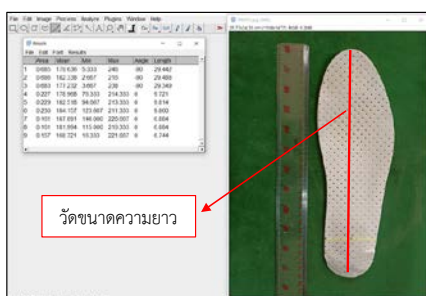
รูปที่ 19 วัดพื้นรองเท้าความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J



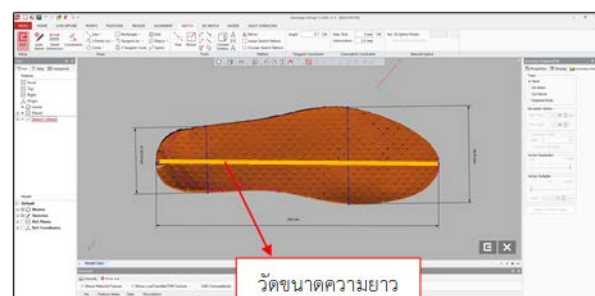
รูปที่ 20 ทำการวัดพื้นรองเท้าความยาว
โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design



รูปที่ 21 ทำการอินโซลรองเท้าเพื่อสุขภาพทางยาวโดยไม่บรรทัด



รูปที่ 22 วัดความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
Image



รูปที่ 23 วัดอินโซลความยาวโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
Geomagic Design X

4. ผลการทดลอง

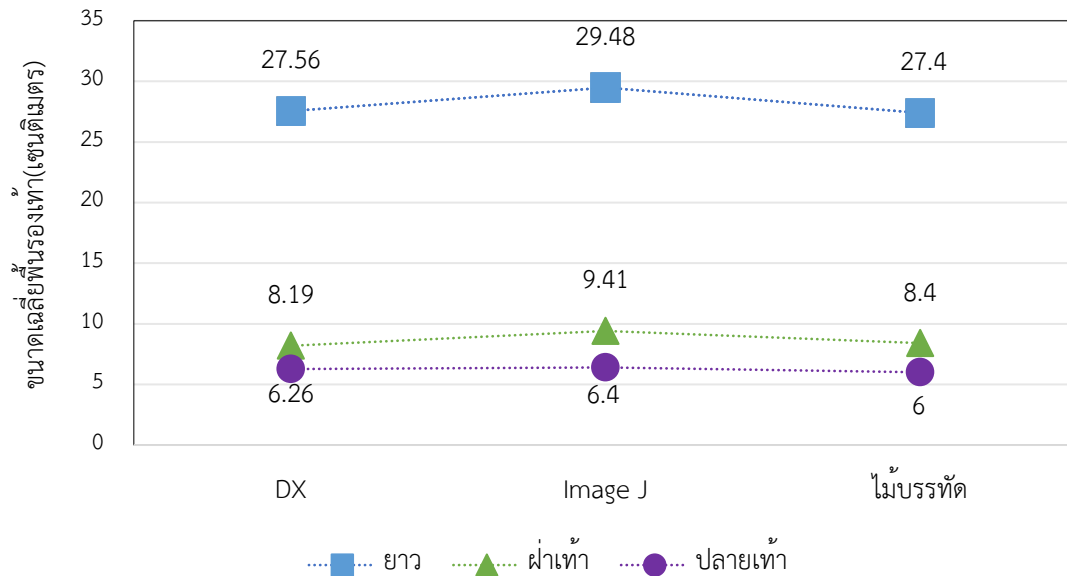
ผลการดำเนินตัวอย่างชิ้นงานสแกนสามมิติรองเท้าเพื่อสุขภาพรองเท้าผ้าใบเพื่อสุขภาพสีขาวเบอร์ 42 ด้วยเครื่องเครื่องสแกน 3 มิติ รุ่น Handy Scan 700 แบบพกพา แปรณต์ CREAFORM แสดงผลการวัดขนาดที่ได้จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีแสดงตามตารางที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าขนาดของอินโซลมีขนาดที่ใหญ่กว่าพื้นรองเท้า เนื่องจากว่าอินโซลจะมีส่วนที่หุ้มไปกับรองเท้าขึ้นไปประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร และการวัดขนาดต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดโดยไม่บรรทัด โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Image J และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Geomagic Design X มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่างกัน

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเฉลี่ยพื้นรองเท้า

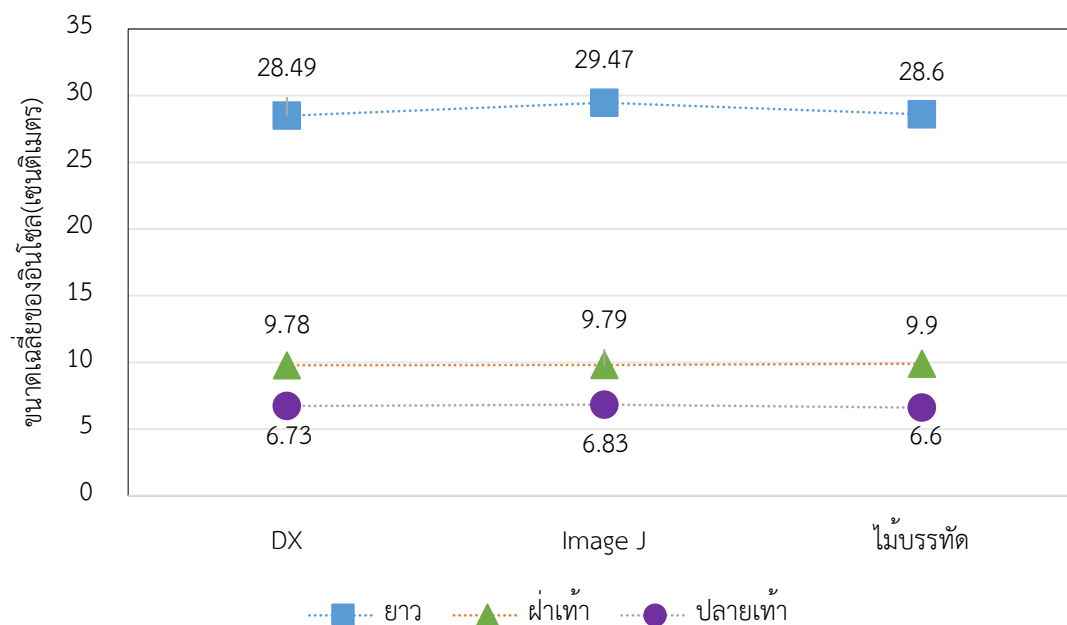
รายการ	DX (cm)	Image J (cm)	ไม้บรรทัด (cm)
ยาว	56.27	48.29	4.27
ฝ่าเท้า	19.8	41.9	4.8
ปลายเท้า	26.6	4.6	6

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเฉลี่ยอินโซล

รายการ	DX (cm)	Image J (cm)	ไม้บรรทัด (cm)
ยาว	49.28	47.29	6.28
ผ้าเท้า	78.9	79.9	9.9
ปลายเท้า	73.6	83.6	6.6



รูปที่ 24 เปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยพื้นรองเท้า



รูปที่ 25 เปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยอินโซล

จากกราฟรูปที่ 24 และ 25 แสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยพื้นรองเท้าและอินโซลที่ถูกวัดในแต่ละวิธีพบว่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันจากการวัดด้วยวิธี DX และ Image J ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดจึงมีความละเอียดของ

ค่าเฉลี่ยที่ได้มีการวัดไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งแตกต่างจากค่าที่วัดได้ด้วยวิธีใช้ไม้บรรทัดวัดจึงมีค่าความละเอียดจากการวัดที่ต่ำกว่าอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ ของผู้ทำการตรวจสอบจึงส่งผลต่อค่าที่ได้จากการวัดสำหรับการทดลองนี้

5. สรุปผล

1) จากผลการทำสแกนสามมิติรองเท้าเพื่อสุขภาพรองเท้าผ้าใบเพื่อสุขภาพ สีขาวเบอร์ 42 พบว่าลักษณะรองเท้าสุขภาพจาก 5 คุณสมบัติเด่นที่ควรคำนึงถึงในการเลือกใส่รองเท้าเพื่อสุขภาพปรากฏพบว่ารองเท้า เพื่อสุขภาพรองเท้าเพื่อสุขภาพ สีขาวเบอร์ 42 มีถึง 3 คุณสมบัติที่สมควรเลือกซื้อเพราะวัสดุของชิ้นส่วนตรงส่วนบนรองเท้า (Upper) ทำมาจากผ้าแคนวาสที่มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทาน รองรับน้ำหนัก และระบายความร้อนได้ดี การที่บุรองเท้าด้วยฟองน้ำนั้นทำให้ป้องกันการเจ็บบริเวณหน้าเท้า สวมใส่สบายช่วยให้เพิ่มความกระชับให้บริเวณหน้าเท้า และชิ้นส่วนตรงแผ่นรองเท้า (Insole) กับชิ้นส่วนตรงพื้นรองเท้า (Outsole) ทำมาจากวัสดุยางพาราเพราะมีคุณสมบัติยืดหยุ่น และเกาะติดถนนได้ดีทั้งการเดินการวิ่ง

2) จากผลการทำสแกนรองเท้าเพื่อสุขภาพรองเท้าผ้าใบ เพื่อสุขภาพสีขาวเบอร์ 42 ด้วย เครื่องสแกน 3 มิติ รุ่น Handy SCAN 700 แปรนด์ CREAFORM จากประเทศแคนาดาที่มีผลพบว่า Handy SCAN 700 ใช้กระบวนการที่เรียกว่า Triangulation กล้องอินฟราเรดสองตัวสามารถบันทึก การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ผิวชิ้นส่วนได้ทำให้ซอฟต์แวร์สร้างการจับคู่ที่ 48,000 จุดต่อวินาที มีเส้นสแกน ถึง 7 เส้นทำให้เวลาสแกนน้อยลง และความแม่นยำสูงสุด 0.030 มิลลิเมตร (0.0012 นิ้ว) ความละเอียดสูงสุด 0.050 มิลลิเมตร (0.002 นิ้ว) และโปรแกรมที่ใช้ในการสแกน VXelement ได้รับการออกแบบมา เพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการสแกนทั้งหมดการปรับพื้นผิวให้เหมาะสมหลีกเลี่ยงการสร้างเลย์เออร์การสแกนหลายชั้นสามารถส่งออก Mesh ที่ปรับให้เหมาะสมแล้วในรูปแบบมาตรฐานทั้งหมดได้ทันที ไม่จำเป็นต้องมีการจัดแนวที่ซับซ้อน หรือการประมวลผลพอยต์คลาวด์ไม่มีข้อจำกัดในความละเอียดการสแกนเพียงแค่ต้องป้อนค่าความละเอียด โดยไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุที่สแกน ความละเอียดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ก่อน หรือหลังการสแกน

3) จากผลการทำสแกนรองเท้าเพื่อสุขภาพรองเท้าผ้าใบเพื่อสุขภาพ สีขาวเบอร์ 42 ด้วยเครื่องสแกน 3 มิติ รุ่น Handy SCAN 700 แปรนด์ CREAFORM จากประเทศแคนาดาที่ได้ไฟล์สแกนมาแล้วเข้าสู่โปรแกรม Geomagic Design X เป็นซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองย้อนรอยที่สามารถสร้างข้อมูล CAD ได้โดยการกำหนด และแก้ไขมิติจากข้อมูลพอลิกอน (Point Cloud) ที่ได้รับจากเครื่องสแกนสามมิติสามารถสร้างโมเดลที่เป็น Solid ตามคุณลักษณะที่เข้ากันได้กับซอฟต์แวร์ CAD ทั่วไป

4) จากผลการสแกนสามมิติรองเท้าเพื่อสุขภาพ ใขสีขาวเบอร์ 42 จากการประเมินผลหาค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย และจากการทำการสแกนชิ้นงานตัวอย่างทำให้ทราบว่าชิ้นงานตัวอย่างเป็นรูปแบบงานรูปทรงอิสระมีความซับซ้อนจึงใช้ค่า Resolution 0.02 มิลลิเมตร เพื่อที่ต้องการสร้างพื้นผิวชิ้นงานอย่างสมบูรณ์ที่จะนำไปแก้ไขหรือต่อยอดจากชิ้นงานต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวสุภารัตน์ คาบแก้ว และ นายสิริวิทย์ เพ็ชรเมณี ผู้ช่วยวิจัย และอาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับดำเนินงานวิจัยการตรวจสอบขนาดของรองเท้าเพื่อสุขภาพโดยการประยุกต์ใช้วิศวกรรมย้อนรอย (กรณีศึกษา) จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

7. บรรณานุกรม

- [1] David Juárez-Varón, Ana Mengual-Recuerda, Alexandru Capatina, Marian Núñez Cansado 2023. “ Defining shoe consumers: Regulation of affective stimuli and components” Spain : Universitat Politècnica de València

- [2] Katsuhiro Saiga, AMM Sharif Ullah, Akihiko Kubo. 2021. “A Sustainable Reverse Engineering Process”. Japan : Mechanical and Electrical Engineering, Institute of Technology, Kitami
- [3] Ameersing Luximon, Yan Luximon. 2009. “Innovative Shoe Last design for a better shoe fit” Hong Kong : The Hong Kong Polytechnic University
- [4] O.E. Facey, I.D. Hannah, D. Rosen. 2008. “Shoe wear patterns and pressure distribution under the foot and shoe determined by image analysis”. United Kingdom : Birkbeck College
- [5] M.C.H.W. Fuchs, M.M.N. Hermans, H.J.J. Kars, J.G.E. Hendriks, M.C. van der Steen. 2020. “Plantar Pressure and Shoe Wear Characteristics Were Tracked From Three Pairs Of Toenails In Young Adults”. Netherland : Department of Orthopedic Surgery Catharina Hospital Eindhoven
- [6] Tony Lin-Wei Chen, Duo Wai-Chi Wong, Yonghua Peng, Yan Wang, Ivy Kwan-Kei Wong ,Tsz-Kit Lam, Wing-Kai Lam, Ming Zhang. 2022. “The effect of rocker angle and apex position in rocker shoe design on foot biomechanics and Achilles tendon loading”. Hong Kong : Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, The Hong Kong Polytechnic University
- [7] Yun Jae Cho, Choongho Lee, Jae Hee Lee, Min Gyu Kyung, Kyung Hwan Lee, Dong Yeon Lee. 2021. “Concentration Presses The Sole Of The Foot In The Shoe Between Each Level and Depth In The Man There”. South Korea : Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital.