

การทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชัน 2 ชนิด บนโทรศัพท์มือถือในการวัดระยะทาง: การศึกษานำร่อง

Validity and reliability of two smartphone applications for distance measurement: A pilot study

วรรณะ ชลายนเดชะ* กฤติน เหลืองเจริญวัฒนา ณรนา อ่อนศรี นพนรี เปลิยณัฐม และ สุภาสินี จตุรภัทร

Wattana Jalayondeja*, Krittin Luangchareanwatana, Narana Onsri, Nopnaree Plianuchum and Supasinee Jaturapat

คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Puthamonthon, Nakorn Pathom 73170 Thailand (wattana.jal@mahidol.edu)

*ผู้นิพนธ์หลัก

Received: December 17, 2020/ Revised: December 30, 2020/ Accepted: December 30, 2020

บทคัดย่อ: การศึกษานำร่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ ios® ในการวัดระยะทางต่างๆ โดยการเปรียบเทียบใน 2 แอปพลิเคชันคือ Measure® และ Ruler App® อาสาสมัครนักศึกษา 10 คน อายุระหว่าง 22-23 ปี ทำการวัดระยะทางกำหนด 8 ระยะ ที่มีความยาวต่างๆ 4 ระยะ ในแนวราบและแนวดิ่ง โดยใช้แอปพลิเคชันทั้ง 2 ชนิด ทำการวัดซ้ำในระยะเวลาทั้ง 8 ระยะ หลังจากการวัดครั้งแรก 1 สัปดาห์ พบว่าทั้งสองแอปพลิเคชันมีความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำและการวัดระหว่างบุคคลค่อนข้างสูง (ICC = 0.94-1.00) ค่าความผิดพลาดจากการวัดของทั้งสองแอปพลิเคชันมีค่าอยู่ระหว่าง 3.47-9.36 % เมื่อระยะทางที่วัดเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะมีค่าเพิ่มขึ้น การวัดในแนวดิ่งและแนวราบมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่แตกต่างกัน แอปพลิเคชัน Ruler App® มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่าเมื่อวัดในระยะทางที่ยาว

ABSTRACT: This pilot study attempted to determine the validity and reliability of 2 ios® applications (Measure® and Ruler App®) in measurements of distances. Ten university students aged between 22-23 years old measured 8 arranged distances with 4 lengths in horizontal and vertical lines with the above two applications. They repeated the measurement at least 1 week apart. Both applications had high inter and intra reliability (ICC = 0.94-1.00) The percentages of error of both application are 3.47-9.36%. No differences were shown between the measurement in horizontal and vertical directions. When the arranged distance was longer than the percentage of errors became higher. Ruler App® tended to have less percentages of error when compared to that of Measure® in long distance measurements.

คำสำคัญ: ค่าความถูกต้อง ค่าความน่าเชื่อถือ แอปพลิเคชัน การวัดระยะทาง

Keywords: Validity, Reliability, Smartphone application, Distance measurement

1. บทนำ

ในทศวรรษที่ผ่านมามีการใช้โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนอย่างแพร่หลาย ประมาณ 70% ของประชากรไทยมีการใช้และครอบครองโทรศัพท์มือถือ [1] มีการสร้างแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือออกมาจำนวนมากกว่า 4 ล้าน แอปพลิเคชันเพื่อไปใช้ในกิจกรรมและงานหลายอย่างที่จะช่วยให้การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน [2] มีการนำแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือมาช่วยในการวัดทางกายศาสตร์ เช่น การวัด ความดังของเสียง ความเข้มแสง และระยะทาง [3] โดยปกติการวัดระยะทาง ยกตัวอย่างเช่น การวัดความสูงของสถานที่ทำงาน ความกว้างของกล่อง ระยะทางในการเดินของคนทำงานจำเป็นต้องใช้สายวัด หรือ อุปกรณ์ อื่นๆ เช่น แสงเลเซอร์ ล้อวัดระยะทาง ซึ่งมีความยุ่งยาก ใช้เวลาในการวัด และบางครั้งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดที่มีราคาแพง การใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือในการวัดระยะทางในทางกายศาสตร์มีความสะดวก ไม่ต้องพกพาเครื่องมือในการวัด ใช้งานง่าย ได้ผลการวัดอย่างรวดเร็ว

การวัดระยะทางโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือจะใช้หลักการของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หรือ Augmented Reality [4] โดยกำหนดจุดและเส้นเสมือนไปบนพื้นผิวที่ต้องการวัดในจอมือถือ แอปพลิเคชัน

ชั้นจะวัดระยะทางจากจุดแรกถึงจุดสุดท้ายและรายงานระยะทางให้ทราบทันที [5] อย่างไรก็ตามการเนื่องจากการผลิตแอปพลิเคชันออกมาเป็นจำนวนแต่การทดสอบความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือยังมีน้อยอยู่ [3] การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบแบบนาร์รองในแอปพลิเคชัน 2 ชนิดที่อยู่บนระบบปฏิบัติการ ios ที่มีความเสถียรและทดสอบในโทรศัพท์มือถือเพียงเครื่องเดียว เพื่อลดความแตกต่างของอุปกรณ์ภายในระหว่างเครื่อง ผลที่ได้จากการทดลองคือการเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นของทั้งสองแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ซึ่งได้แก่ 1) ระยะทางในการวัด เช่น ระยะสั้น กลาง หรือ ยาว 2) การกำหนดจุดในโทรศัพท์มือถือและการลากเส้นในแนวระนาบและแนวตั้ง อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการวัด ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงออกแบบให้มีการวัดในระยะทางต่างๆ กัน ตั้งแต่ระยะสั้น ไปจนถึงระยะยาว และการวัดในแนวราบและแนวตั้ง

2. วิธีการศึกษา

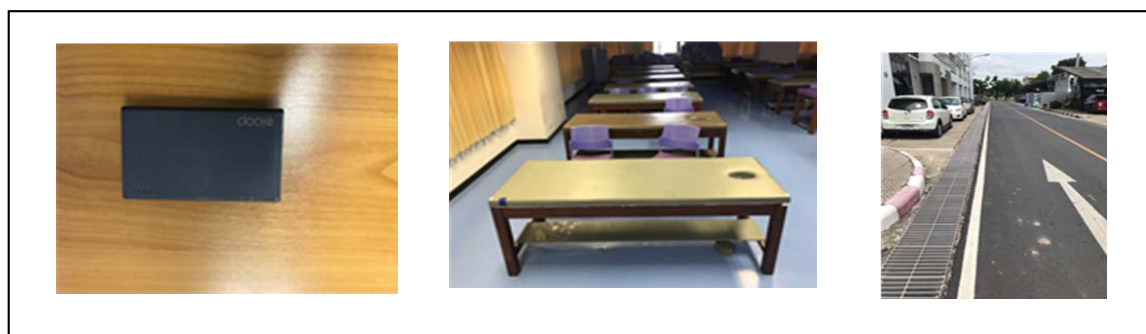
2.1 กลุ่มตัวอย่าง

เป็นอาสาสมัครจากนักศึกษากายภาพบำบัดที่ไม่มีโรคประจำตัว 10 คน เป็นชาย 3 คน มีอายุอยู่ระหว่าง 22-23 ปี ทั้งหมดมีโทรศัพท์มือถือและคุ้นเคยกับการใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

2.2 การเก็บข้อมูล

ผู้วัดทำการวัดระยะทาง 8 ระยะ โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ iPhone XS (iOS 13.6) 1 เครื่อง ด้วยแอปพลิเคชัน 1. Measure® สร้างโดย Apple Distribution International Ltd. 2. Ruler App® สร้างโดย GRIMALTA Ltd. โดยทำการวัดระยะต่างๆโดยสุ่มเริ่มจากแนวนอน/แนวตั้ง และสุ่มการใช้แอปพลิเคชัน ทำการวัดระยะจากน้อยไปหามาก 1 ครั้งต่อ 1 ระยะ จนครบ 8 ระยะ ทำการวัดซ้ำทั้งหมดห่างจากครั้งแรกอย่างน้อย 1 อาทิตย์ อีกอย่างละ 1 ครั้ง ขณะผู้วัดจะทำการอ่านค่าในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยจะทำการบันทึกค่าโดยไม่เฉลยค่าจริงของระยะที่ถูกวัดให้แก่ผู้วัด สำหรับความยาวที่กำหนดในแนวนอนมี 4 ระยะ ได้แก่ 1. ขอบด้านยาวของเครื่องแบบเตออร์สำรอง (0.125 เมตร) 2. ความยาวของเตียง (1.898 เมตร) 3. ความยาวของพื้นห้องโถง (23.985 เมตร) 4. ความยาวของพื้นถนน (66.0 เมตร) ส่วนความสูงที่กำหนดในแนวตั้งมี 4 ระยะ ได้แก่ 1. ความสูงของกระตักน้ำ (0.162 เมตร) 2. ความสูงของเตียง (0.695 เมตร) 3. ความสูงของประตูห้อง (1.979 เมตร) 4. ความสูงของเสา (2.591 เมตร) (รูปที่ 1)

ก่อนทำการวัดผู้วิจัยจะอธิบายวิธีการใช้ แอปพลิเคชันทั้ง 2 และให้ผู้วัดทดลองใช้ประมาณ 5 นาที สำหรับวิธีวัดความยาวของทั้ง 2 โปรแกรมจะใกล้เคียงกันโดย ต้องตั้งกล้องให้กรอบขอบภาพอยู่ในแนวที่ต้องการวัด หลังจากนั้นจึงกดปุ่มเพื่อปิดโหมดที่จุดเริ่มต้นของพื้นผิวที่ต้องการจะวัดและลากเส้นไปตามแนวของวัตถุ ทำการปิดโหมดในจุดสิ้นสุดของพื้นผิว ค่าความยาวหรือความสูงที่วัดได้จะปรากฏในจอ แอปพลิเคชัน Ruler App® จะมีขั้นตอนที่ต่างจาก แอปพลิเคชัน Measure® เล็กน้อย คือต้องมีการสแกนพื้นผิวก่อนทุกครั้ง จึงใช้เวลานานกว่าในการวัดเล็กน้อย



รูปที่ 1: ตัวอย่างวัตถุและทางเดินที่ใช้ในการวัดระยะ

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้ สถิติ Intraclass correlation coefficient, ICC (3,1) บน SPSS version 22.0 เพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำในแต่ละบุคคล และ ICC (3,10) สำหรับการหาค่าความน่าเชื่อถือระหว่างบุคคลของแอปพลิเคชันทั้ง 2 โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ค่า p น้อยกว่า 0.05 และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการวัดแต่ละระยะของทั้งสองแอปพลิเคชัน

3. ผลการศึกษา

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด 2 ครั้งในผู้วัด 10 คน ของการวัดความยาวและความสูงในการวัดระยะต่างๆ กัน 8 ระยะ โดยแอปพลิเคชันที่ 1 และ 2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากทั้ง 2 ครั้ง มีค่าตั้งแต่ 3.47%-9.36 % การวัดที่ความยาวระดับมาก เช่น ความยาวถนน หรือความสูงของเสา มีแนวโน้มที่จะมีความผิดพลาดสูงกว่าความยาวอื่นๆ (6.97%-9.36%) และ แอปพลิเคชัน Ruler App® มีแนวโน้มที่มีความผิดพลาดจากการวัดน้อยกว่า แอปพลิเคชัน Measure® ในการวัดความยาวถนน (7.47% vs. 9.36%) และความสูงของเสา (6.97% vs. 8.19%) เมื่อเปรียบเทียบความผิดพลาดจากการวัดในแนวดิ่งและแนวราบในความยาวและความสูงอื่นๆ ของทั้ง 2 แอปพลิเคชัน พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มากนัก

ตารางที่ 1: การวัดความยาวและความสูง ของวัตถุและระยะทางที่แตกต่างกันด้วยแอปพลิเคชัน 2 ชนิด ในครั้งที่ 1 และ 2 รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย

เครื่องมือวัด	การวัดความยาวและความสูงด้วยผู้วัดจำนวน 10 คน (mean±SD)		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
ชนิดที่ 1: Measure			
แนวราบ (m)			
แบตเตอรี่สำรอง(0.125m)	0.118±0.004	0.121±0.003	4.80
ความยาวเตียง(1.898m)	1.953±0.058	1.957±0.023	3.47
ความยาวห้อง (23.985m)	22.660±0.608	22.579±0.594	5.69
ความยาวถนน (66.000m)	59.832±3.287	59.806±5.142	9.36
แนวดิ่ง (m)			
ความสูงของกระตักน้ำ (0.162m)	0.155±0.008	0.155±0.005	4.81
ความสูงเตียง (0.695m)	0.676±0.020	0.685±0.033	3.38
ความสูงของประตู (1.979m)	1.934±0.030	1.979±0.051	2.16
ความสูงของเสา (2.591m)	2.392±0.148	2.579±0.349	8.19
ชนิดที่ 2: Ruler App			
แนวราบ (m)			
แบตเตอรี่สำรอง(0.125m)	0.123±0.010	0.119±0.003	5.40
ความยาวเตียง(1.898m)	1.960±0.023	1.961±0.020	3.30
ความยาวห้อง (23.985m)	21.923±0.705	22.766±0.534	6.84
ความยาวถนน (66.000m)	62.004±2.836	60.132±4.437	7.47
แนวดิ่ง (m)			
ความสูงของกระตักน้ำ (0.162m)	0.159±0.009	0.165±0.012	4.90
ความสูงเตียง (0.695m)	0.677±0.042	0.687±0.044	5.48
ความสูงของประตู (1.979m)	1.931±0.100	2.019±0.078	3.11
ความสูงของเสา (2.591m)	2.545±0.219	2.539±0.243	6.97

เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนไม่มากพอจึงทำการวิเคราะห์รวมในทุกความยาวและความสูงในการหาความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำผู้วัดแต่ละคนและระหว่างผู้วัด พบว่าความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำของผู้วัดแต่ละคนมีค่าค่อนข้างสูงและมีความสำคัญทางสถิติ ในทั้ง 2 แอปพลิเคชัน ($ICC(3,1) = 0.987-1.000$, $p < 0.001$) (ตารางที่ 2) ส่วนความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดมีค่าสูง ($ICC(3,10) = 0.999-1.000$, $p < 0.001$) ในทั้ง 2 แอปพลิเคชันเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2: ความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำ (intra-rater reliability) ในผู้วัดแต่ละคน

เครื่องมือวัด	ระยะทาง (mean±sd)		ICC _(3,1)	95%CI		p-value
	การวัดครั้งที่ 1	การวัดครั้งที่ 2		upper	lower	
ชนิดที่ 1: Measure®						
Rater1	10.89±20.02	11.69±22.15	0.994	0.969	0.999	<0.001**
Rater2	10.64±19.52	11.31±21.41	0.995	0.974	0.999	<0.001**
Rater3	10.85±20.14	11.05±20.55	1.000	0.999	1.000	<0.001**
Rater4	11.40±21.63	11.71±22.15	1.000	0.998	1.000	<0.001**
Rater5	11.21±21.17	11.14±21.12	1.000	0.999	1.000	<0.001**
Rater6	11.57±22.01	10.99±20.43	0.997	0.984	0.999	<0.001**
Rater7	11.81±22.86	12.01±22.88	0.999	0.997	1.000	<0.001**
Rater8	11.00±20.39	11.28±21.19	0.999	0.996	1.000	<0.001**
Rater9	11.63±22.03	11.63±21.68	1.000	0.998	1.000	<0.001**
Rater10	11.16±20.75	9.51±16.70	0.974	0.878	0.995	<0.001**
ชนิดที่ 2: Ruler App®						
Rater1	11.52±22.06	11.17±20.74	0.997	0.985	0.999	<0.001**
Rater2	11.04±20.77	10.46±19.12	0.995	0.974	0.999	<0.001**
Rater3	11.07±20.94	11.34±21.19	1.000	0.998	1.000	<0.001**
Rater4	11.07±20.90	11.96±22.75	0.996	0.982	0.999	<0.001**
Rater5	10.77±20.00	10.73±19.71	1.000	0.998	1.000	<0.001**
Rater6	11.57±22.33	11.51±21.93	1.000	0.999	1.000	<0.001**
Rater7	11.81±22.94	12.08±23.06	0.999	0.997	1.000	<0.001**
Rater8	11.86±22.64	11.66±22.19	1.000	0.999	1.000	<0.001**
Rater9	11.61±22.03	10.49±18.91	0.987	0.937	0.997	<0.001**
Rater10	11.84±22.44	11.59±21.85	1.000	0.998	1.000	<0.001**

**p-value<0.001

ตารางที่ 3: ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (inter-rater reliability) 10 คน เมื่อใช้เครื่องมือวัดแต่ละชนิด

เครื่องมือวัด		ICC _(3,10)	95%CI		p-value
			upper	lower	
ชนิดที่ 1: Measure App		1.000	0.999	1.000	<0.001**
	การวัดครั้งที่ 1				
	การวัดครั้งที่ 2				
ชนิดที่ 2: Ruler App		0.999	0.998	1.000	<0.001**
	การวัดครั้งที่ 1				
	การวัดครั้งที่ 2				

**p-value<0.001

4. อภิปรายผลการศึกษา

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่าความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำและความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดมีค่าค่อนข้างสูงในทั้งสองแอปพลิเคชัน ทั้งอาจเป็นผลมาจากผู้วัดที่มีอายุน้อยและใช้โทรศัพท์มือถือเป็นประจำจึงใช้แอปพลิเคชันได้อย่างคล่องแคล่วและใช้เวลาเรียนรู้ที่ไม่นาน อย่างไรก็ตามอายุเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ความเร็ว และ ความเที่ยงตรงในการใช้ [6] ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะมีการศึกษาในลักษณะเช่นนี้ในผู้วัดที่มีอายุมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าแอปพลิเคชันทั้งสองมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ในระดับที่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน่าจะยอมรับได้ในกรณีของการวัดที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงนักในทางการวิทยาศาสตร์ เช่น การวัดระยะความสูงของกล่องที่จะยก ขนาดของกล่อง ความสูงของเฟอร์นิเจอร์ ระยะต่างๆ ของการจัดสถานีทำงาน การวัดระยะทางการเดินของคนทำงาน แต่ไม่ควรนำไปใช้ในการวัดต้องการความละเอียดมาก เช่น การวัดสัดส่วนของร่างกาย

มีการทดสอบความเที่ยงตรงของแอปพลิเคชัน Photo Ruler® (GRYMALA) ซึ่งสร้างโดยบริษัทเดียวกันกับ Ruler App® พบว่ามีความเที่ยงตรงที่สูงมาก (mean % error < 1) [3] ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้มาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวัดโดย Photo Ruler® ใช้วิธีการถ่ายรูปและลากเส้นในภาพถ่าย และวัดในระยะทางที่สั้นจึงมีโอกาสผิดพลาดที่น้อยกว่ามาก

การวัดในแนวราบและแนวตั้งมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ใกล้เคียงกันในทั้งสองแอปพลิเคชัน ดังนั้นจึงสามารถนำแอปพลิเคชันไปใช้วัดได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะทางยาวขึ้น เช่น ถนน หรือความสูงของเสา จะมีความผิดพลาดของการวัดมากขึ้นในทั้ง 2 แอปพลิเคชัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ระยะเวลาและระยะทางการวัดที่มากขึ้นย่อมนำไปสู่โอกาสของความผิดพลาดที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม แอปพลิเคชัน Ruler App® มีความผิดพลาดน้อยกว่า Measure® ในการวัดระยะทางที่ยาว อาจเป็นเพราะขั้นตอนการวัดที่มีมากกว่าของ Ruler App® คือการสแกนพื้นผิวก่อนที่จะกำหนดจุดเริ่มต้น ซึ่งอาจทำให้การกำหนดจุดเริ่มต้นทำได้แม่นยำขึ้น แต่การสแกนพื้นผิวมีข้อเสียคือ มีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นใช้เวลานานขึ้น ทำให้มีโอกาสผิดพลาดมากขึ้น นอกจากนี้การสแกนพื้นผิวยังทำให้มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือมากขึ้น ดังนั้นผู้ใช้ควรคำนึงถึงจุดเด่นและจุดด้อยของทั้งสองแอปพลิเคชันก่อนจะเลือกใช้งาน

ในการศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยควรศึกษาในแอปพลิเคชันชนิดเดียวโดยเพิ่มจำนวนแอปพลิเคชันที่ศึกษา รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบกับระบบปฏิบัติการ Android® และโทรศัพท์มือถือรุ่นต่างๆ เพื่อให้ครอบคลุมการใช้งานของแอปพลิเคชันได้อย่างหลากหลาย และอาจเปรียบเทียบแอปพลิเคชันในลักษณะนี้กับแอปพลิเคชันอื่นที่ใช้การวัดระยะทางในรูปภาพ หรืออาจนำแอปพลิเคชันไปใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย โดยการติตมาร์คเกอร์ที่บริเวณข้อต่างๆ เทียบกับการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐาน

5. สรุปผลการศึกษา

การวัดระยะทางด้วยแอปพลิเคชัน Measure® และ Ruler app® มีความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำและการวัดระหว่างบุคคลสูง การวัดในแนวระดับและแนวตั้งให้ค่าความผิดพลาดที่ไม่แตกต่างกันมากนักในทั้งสองแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชัน Ruler app® มีแนวโน้มที่จะมีความผิดพลาดต่ำกว่า Measure®

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา. สถิติเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร [Available from: <http://stiic.sti.or.th/stat/ind-it/it-t012/>
- [2] Iqbal M. App Download and Usage Statistics (2020) 2020 [Available from: <https://www.businessofapps.com/data/app-statistics/>

- [3] Green P, Cheydleur G, Li K, Deng R, Sanchez R. Free Smartphone Apps to Support Human Factors/Ergonomics Work. *Ergonomics in Design*. 2017;26(1):4-16.
- [4] Daponte P, De Vito L, Picariello F, Riccio M. State of the art and future developments of the Augmented Reality for measurement applications. *Measurement*. 2014;57:53-70.
- [5] Ro L. AR Measure turns your phone into a virtual measuring tape: Never be without a ruler ever again 2017 [Available from: <https://archive.curbed.com/2017/6/29/15894556/ar-measure-app-augmented-reality-ruler-measuring-tape-ios>.
- [6] Sonderegger A, Schmutz S, Sauer J. The influence of age in usability testing. *Appl Ergon*. 2016;52:291-300.