

การออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์ช่วยหายใจสำหรับการอพยพอัคคีภัยด้วยกระบวนการทดสอบ
ความสามารถในการใช้งาน
Design and improvement of respiratory protective device for fire evacuation by
using usability testing
Journal of Ergonomics (TJE)

สกล ธีระวรวิญญู* และ พงษ์ศักดิ์ กิติโรจน์พันธ์¹

Teeravarunyou*, Kitirojpan²

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
School of Architecture and Design, Bangkhuntien, Bangkok 10150 Thailand (pongsak.kit@mail.kmutt.ac.th)

*คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
School of Architecture and Design, Bangkhuntien, Bangkok 10150 Thailand (sakol.tee@mail.kmutt.ac.th)

*Corresponding author

บทคัดย่อ: การวิเคราะห์ด้านปัจจัยมนุษย์แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างไม่สามารถสวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจสำหรับการอพยพอัคคีภัยด้วยเวลาที่จำกัด ในการศึกษาครั้งนี้อุปกรณ์รุ่นที่ 1 และ 2 ที่ออกแบบโดยบริษัทวิสาหกิจขนาดย่อม ได้นำมาเปรียบเทียบเพื่อที่จะประเมินสมรรถนะของการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ คนทำงานในสำนักงานจำนวน 60 คนเข้ามาทดสอบในห้องจำลองที่เต็มไปด้วยควัน หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์พฤติกรรมและใช้แบบสอบถาม ผลปรากฏว่าผู้ทดลองจากผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 2 สามารถสวมใส่ได้รวดเร็วในหลายๆ งาน ครึ่งหนึ่งของงานในผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1 จะมีค่าความผิดพลาดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญมากไปกว่านั้นผู้ทดสอบให้คะแนนผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 2 ว่าใช้งานง่ายกว่ารุ่นแรก 15% ดังนั้นมีความเป็นไปได้ในการที่จะออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานง่าย มีวิธีการใช้ที่ชัดเจนในการสวมใส่ภายในเวลา 30 วินาที

ABSTRACT: Study on human factor analysis showed that samples failed to don the existing Respiratory Protective Device (RPDs) within the time limit. In this paper, two similar Small enterprise-RPDs, Version 1 and Version 2, were compared statistically to validate the usability of design features in terms of performance. Sixty participants from an office worker population were selected as samples. Experimental design aspects included building of a fire simulation walkway, analyzing user behavior, and answering post questionnaire. The result showed that Version 2 RPD had a quicker donning time for many tasks. Half of the tasks undertaken by subjects donning Version 1 indicated a significantly higher error mean. Moreover, subjects who tested Version 2 rated its ease of use at 15 % higher than the rating of the group evaluating Version 1. Therefore, it is possible to design RPD containing simple and clear instructions, and donning time in under 30 seconds.

Keywords: อุปกรณ์ช่วยหายใจ เวลาสวมใส่ ความผิดพลาด อพยพหนีไฟ การใช้งาน Respiratory Protective Device, Donning Time, Error, Fire evacuation, Usability

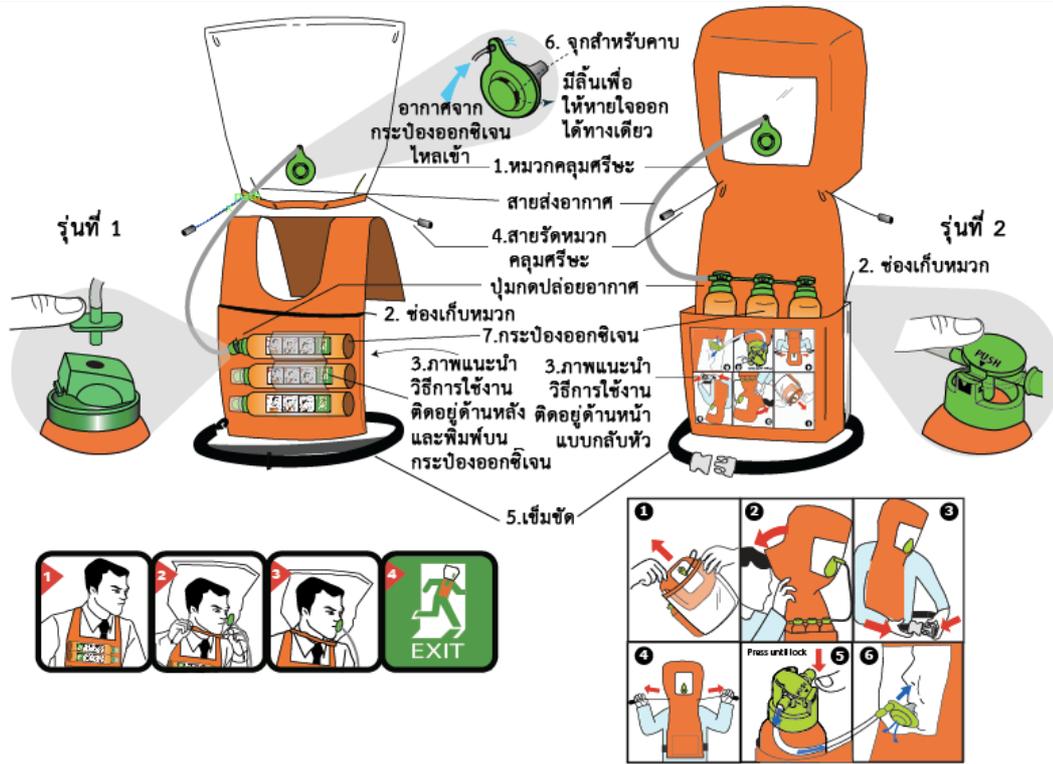
4

5 1. บทนำ

6 จำนวนผู้เสียชีวิตจากการประสบเหตุเพลิงไหม้มากกว่าร้อยละ 80 มาจากการสูดควันที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่ง
 7 มากกว่าการเสียชีวิตจากการถูกเพลิงไหม้ตามผิวหนัง [1] ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ประกอบไปด้วย ไอ น้ำ ก๊าซ เขม่า
 8 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสารต่างๆ ที่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจสำหรับหนีไฟเป็น
 9 อุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันไม่ให้ผู้สวมใส่สูดดมควันพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ [2] The American National Standards
 10 Institute [3] และ the European Committee for Standardization [4,5] ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์
 11 ป้องกันทางระบบหายใจ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์บรรจุอากาศสำหรับการหายใจ หมวกคลุมศีรษะ และมาตรฐาน
 12 สำหรับการทดสอบคุณสมบัติด้านการออกแบบ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบการใช้งานจะต้อง
 13 เป็นไปตามข้อกำหนด

14 ในปี 2005 the U.S. Consumer Product Safety Commission ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยมนุษย์ (Human
 15 Factor) ที่ช่วยในด้านประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจจากการบาดเจ็บและเสียชีวิต [6] โดยผู้ร่วม
 16 ทดสอบจะมีเวลาในการอ่านวิธีการใช้งานอุปกรณ์จากผู้ผลิต และทำการสวมใส่อุปกรณ์ภายในระยะเวลา 30 วินาที
 17 จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบ 5 ตัวอย่าง ไม่มีอุปกรณ์ใดที่ผ่านการทดสอบนี้ โดยมีเพียงผู้ร่วมทดสอบ 1 คน
 18 จากจำนวน 8 คน ที่สามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ภายในเวลา 29.9 วินาที ผู้เข้าร่วมทดสอบส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการ
 19 สวมใส่อุปกรณ์ระหว่าง 41-117 วินาที โดยที่ผู้ร่วมทดสอบ 37.5% ระบุว่าประสบความสำเร็จในการใช้งาน แต่กลับ
 20 พบว่าปฏิบัติไม่ตรงตามวิธีการใช้งานที่ระบุไว้ ผลจากการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์ให้
 21 สามารถใช้งานได้ถูกต้องและรวดเร็วเพียงพอในการสวมใส่ Colton แนะนำให้มีการฝึกซ้อมการใช้งานอุปกรณ์
 22 ซึ่งเป็นเรื่องยากสำหรับผู้ใช้งานโดยทั่วไป [7] ทั้งนี้มีข้อบังคับให้ต้องมีการฝึกซ้อมการใช้งานและมีข้อมูลที่แสดง
 23 วิธีการใช้งานจึงมีความจำเป็นที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจวิธีการใช้งานได้ง่าย แต่ในสภาพความเป็นจริงเราไม่สามารถ
 24 ฝึกซ้อมอุปกรณ์ช่วยในการหนีไฟได้ในสถานที่ที่มีคนจรมาก เช่น โรงแรม โรงพยาบาล มีความเป็นไปได้ยากที่จะ
 25 ฝึกอบรมทุกคนให้ใช้งานอุปกรณ์

26 ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการสวมใส่อุปกรณ์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะด้านการออกแบบแต่เพียงอย่างเดียว แต่
 27 ยังรวมถึงสภาพการณ์แวดล้อม เช่น เสียงจากสัญญาณเตือนภัยและควัน ก่อให้เกิดความตื่นตระหนกและความ
 28 ผิดพลาด ปัจจัยเหล่านี้รวมเรียกว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน (Performance Shaping Factors –
 29 PSF) [8] อันเป็นผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานจากตัวบุคคลและสภาพการณ์แวดล้อม ซึ่งได้มีการศึกษาใน
 30 กรณีของการปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์



31
 32 รูปที่ 1: ความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์รุ่นที่ 1 และ 2 ส่วนประกอบที่เหมือนกันได้แก่ จุกคาบ สายรัดหมวก
 33 คลุมศีรษะ ในขณะที่ส่วนที่ต่างกันคือ หมวกคลุมศีรษะ วาล์วกดปล่อยอากาศ คู่มือ กระเป๋ และเข็มขัด

34
 35 ตารางที่ 1 : การเปรียบเทียบส่วนประกอบของการออกแบบระหว่างรุ่นที่ 1 และ 2

ส่วนประกอบ	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2
1. หมวกคลุมศีรษะ	ทำจากพลาสติกใส มีลักษณะคล้ายถุง	ทำจากพลาสติกสีส้มป้องกันการลามไฟที่บดแสงสี และมีช่องสำหรับมองที่ทำจากพลาสติกใส มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม
2. ช่องเก็บหมวก	ลักษณะเป็นช่องในตัวบรรจุภัณฑ์	ลักษณะเป็นช่องใส
3. ภาพแนะนำวิธีการใช้งาน	ติดอยู่ด้านหลังของชุดผลิตภัณฑ์ ภาพประกอบของแต่ละขั้นตอนมีขนาด 3.2 ซม. x 4 ซม. ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน - 1) การสวมหมวกคลุมศีรษะ, 2) การต่อท่ออากาศ, 3) การกดวาล์วปล่อยอากาศ และ 4) การวิ่งเพื่อหนีไฟ (ขนาดภาพโดยรวม 7 ซม. x 14 ซม.)	ติดอยู่ด้านหน้าของชุดผลิตภัณฑ์ วางภาพในลักษณะกลับหัว ภาพประกอบของแต่ละขั้นตอนมีขนาด 4.5 ซม. x 6 ซม. ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน - 1) การดึงหมวกคลุมศีรษะออกจากช่องเก็บ, 2) การสวมหมวกคลุมศีรษะ, 3) ล็อกสายรัดผลิตภัณฑ์เข้ากับร่างกาย, 4) ดึงสายรัดหมวกคลุมศีรษะให้, 5) การกดวาล์วปล่อยอากาศ และ 6) วิธีการหายใจเมื่อสวมใส่ผลิตภัณฑ์ (ขนาดภาพโดยรวม 11 ซม. x 14 ซม.)
4. สายรัดหมวกคลุมศีรษะ	สายไนลอนร้อยโดยรอบขอบหมวกคลุมศีรษะ มีปลายสำหรับตั้งอยู่ทางด้านข้างทั้ง 2 ด้าน	
5. เข็มขัด	เป็นสายที่สามารถปรับความยาว โดยการเลื่อนตัวปรับสายด้วยตัวเอง	เป็นสายที่ยืด ที่ไม่ต้องมีการปรับความยาวเมื่อทำการรัดเข้ากับลำตัว
6. จุกสำหรับคาบ	การหายใจเข้าผ่านทางจมูกตามปกติ ส่วนการหายใจออกทางปากผ่านอุปกรณ์ที่มีลิ้นเพื่อป้องกันไม่ให้ควันพิษผ่านเข้ามาในหมวก	
7. กระป๋องออกซิเจน	ลักษณะคล้ายกระป๋องสเปรย์ ที่มีการหุ้มด้วยพลาสติก และต้องทำการต่อสายส่งอากาศด้วยตนเอง ไม่มีท่ออากาศต่อเชื่อมระหว่างกระป๋อง	เป็นกระป๋องที่มีปุ่มกดปล่อยอากาศอยู่ด้านบน พร้อมลูกศรและข้อความระบุตำแหน่งที่ทำการกด มีการต่อเชื่อมสายส่งอากาศและท่ออากาศระหว่างกระป๋องไว้แล้ว

36
 37

38
 39 มาตรฐานอุตสาหกรรมในปัจจุบันจะเน้นไปที่ลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ที่ช่วยในการหายใจ แต่ไม่ได้
 40 แก้ปัญหาด้านระยะเวลาที่ใช้และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน Funkhouser และ Fairlie
 41 [9] ได้ทำการประเมินการใช้งานเสื้อชูชีพสำหรับเด็ก 4 ชนิด พบว่าเกิดความสับสนในการใช้สายรัดและที่ล็อคสาย ทำ
 42 ให้เกิดความล่าช้าในการใช้งาน การทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์มีส่วนช่วยให้เข้าใจ ประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ และ
 43 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแต่ละคนตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ [10] ประสิทธิภาพในการใช้งานจะเกี่ยวข้องกับ
 44 ปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานในแง่ของเวลาที่ใช้ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ผลที่ได้จากการประเมินการใช้งานเสื้อชูชีพ
 45 สำหรับเด็กพบว่าต้องมีการใช้งานได้อย่างถูกต้องและทันเวลา การออกแบบควรเรียบง่ายและใช้งานง่ายมากกว่า
 46 ฝึกรวมทักษะความสามารถของผู้ใช้งาน [11]

47 ในการศึกษานี้จะใช้ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ช่วยหายใจของบริษัทวิสาหกิจขนาดย่อม 2 รุ่น ผลิตภัณฑ์ของบริษัทนี้มี
 48 ข้อดีกว่าผลิตภัณฑ์อื่นในท้องตลาดตรงที่กระป๋องออกซิเจนมีน้ำหนักเบา (ประมาณ 60 กรัมต่อกระป๋อง) และมีราคา
 49 เหมาะสม อุปกรณ์นี้มีระยะเวลาในการหายใจขึ้นอยู่กับจำนวนกระป๋องอากาศ (1 นาทีต่อกระป๋อง) แต่ในกรณีเกิดเหตุ
 50 เพลิงไหม้ผู้ใช้งานควรออกจากที่เกิดเหตุภายในเวลา 5 นาที ดังนั้นผู้ใช้งานจึงมีเวลาในการอ่านคำแนะนำการใช้งาน (30
 51 วินาที) และสวมใส่อุปกรณ์ (30 วินาที) รวมทั้งสิ้น 1 นาที คุณลักษณะในการออกแบบจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยลด
 52 ระยะเวลาการใช้งาน อีกทั้งในคู่มือจะต้องทำให้เกิดความเข้าใจและการใช้งานในขั้นตอนต่างๆ อย่างถูกต้อง

53 วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อค้นหาผลที่เกิดจากคุณลักษณะด้านการออกแบบที่มีผลต่อการใช้งาน เช่น 1)
 54 ระยะเวลาการใช้งาน 2) ความผิดพลาดในการใช้งาน และ 3) ความยาก-ง่ายในการใช้งานระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รุ่น
 55 ในการทดลองนี้จะมีคุณลักษณะการออกแบบที่มีคุณสมบัติร่วมกันของรุ่นที่ 1 และ 2 คือ ส่วนของสายรัดหมวกครอบ
 56 ศรีษะ และจุกอากาศ ส่วนที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ 1) หมวกคลุมศรีษะในรุ่นที่ 1 เป็นถุงพลาสติกใส สำหรับรุ่นที่
 57 2 ทำจากวัสดุไม่ลามไฟทึบแสง, 2) ปุ่มกดกระป๋องออกซิเจนและการเชื่อมต่อของกระป๋องในรุ่นที่ 2 ในขณะที่รุ่นที่ 1
 58 ผู้ใช้ต้องประกอบเอง 3) คำแนะนำการใช้งานในรุ่นที่ 2 ได้เพิ่มรายละเอียดในขั้นตอนที่มีความสำคัญ เช่นวิธีการปุ่ม
 59 กระป๋องออกซิเจน และวิธีการหายใจเข้า-ออก 4) ช่องสำหรับใส่หมวกซึ่งในรุ่น 2 ได้มีการออกแบบให้เป็นพลาสติกใส
 60 เพื่อให้สามารถเห็นหมวกคลุมศรีษะได้โดยง่าย และ 5) สายรัดลำตัวของรุ่นที่ 2 ที่เป็นสายยางยืดเพื่อลดเวลาในการ
 61 ปรับสายให้เข้ากับขนาดร่างกาย

62 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

63 ในการศึกษานี้ใช้วิธีการให้ผู้เข้าร่วมทดสอบได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จริง (Performance testing method) ที่เป็น
 64 วิธีการสำหรับทดสอบผลิตภัณฑ์ที่แพร่หลาย [12], [13] วิธีการประเมินนี้จะทดสอบในสภาพการใช้งานจริงเพื่อหา
 65 ปัญหาที่เกิดจากการใช้งาน [14] ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รุ่น ได้ทำการทดสอบด้วยวิธีการดังกล่าว

66
 67
 68
 69

70

71

ตารางที่ 2 : งานที่ใช้ในการทดสอบและคำอธิบาย

งาน	คำอธิบาย
1. คั้นหาอุปกรณ์	ผู้ร่วมทดสอบเข้ามาให้บริเวณทดสอบ และหาตำแหน่งผลิตภัณฑ์ที่แขวนบนผนัง
2. อ่านคู่มือ	อ่านและทำความเข้าใจกับภาพแสดงการใช้งานในแต่ละขั้นตอน
3. ดึงหมวกคลุมศีรษะ	ดึงหมวกคลุมศีรษะที่พบบ่อยออกจากผลิตภัณฑ์
4. สวมหมวก	นำหมวกคลุมศีรษะมาสวมครอบศีรษะโดยให้จุกอากาศอยู่ทางด้านหน้า
5. รัดเข็มขัด	ปลดล็อกสายรัด และนำมัลติโรบลำตัว ปรับสายรัดให้กระชับ (สำหรับรุ่น 1) และล็อกสายรัดเข้ากับลำตัว
6. กระชับสายคลุมศีรษะ	ดึงปลายสายด้วยมือทั้งสองข้างมาทางด้านหน้า ให้ด้านล่างของหมวกคลุมศีรษะกระชับกับลำคอ
7. คาบจุกหายใจ	ใช้ปากคาบจุกอากาศเพื่อหายใจออก
8. กดและลือควาล์ว	กดปุ่มบนกระป๋องอากาศจนอยู่ในตำแหน่งล็อก และมีอากาศออกมาจากกระป๋องอย่างต่อเนื่อง
9. สูดหายใจเข้าออก	หายใจเข้าทางจุก และหายใจออกทางปากผ่านจุกอากาศ
10. ใช้กระป๋องออกซิเจนถัดไป	เปลี่ยนกระป๋องอากาศ เมื่ออากาศในกระป๋องเดิมหมด สำหรับรุ่นที่ 1 จะต้องทำการต่อท่ออากาศเข้ากับกระป๋องอากาศถัดไป และปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 8

72

73

74 2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

75 ผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 60 คน ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 30 คน แต่ละกลุ่มถูกกำหนดให้ทดสอบ
 76 ผลิตภัณฑ์เพียง 1 รุ่น เนื่องจากขั้นตอนการใช้งานบางอย่างมีความคล้ายคลึงกันทั้ง 2 รุ่น จึงไม่สามารถให้ผู้เข้าทดลอง
 77 ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองรุ่นด้วยแค่กลุ่มเดียวเพราะมีการถ่ายทอดการเรียนรู้จากการใช้อุปกรณ์รุ่นหนึ่งไปสู่อีก
 78 รุ่น ผู้เข้าทดสอบได้ถูกคัดเลือกตามเป้าหมายของผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์คือ ค่าเฉลี่ยอายุของเพศชายและหญิงที่ทำงานใน
 79 สำนักงานที่มีอายุ 31.26 ($SD=5.34$) และ 29.83 ($SD=5.22$) ปีตามลำดับ มีการแบ่งจำนวนชายและหญิงให้เท่ากันใน
 80 แต่ละกลุ่ม ทั้งสองกลุ่มไม่มีประสบการณ์ในการใช้อุปกรณ์หนีไฟเหมือนกันและไม่เป็นโรคหัวใจ ปอด ความดันโลหิตสูง
 81 หรือตื่นตระหนก ถ้ามีอาการโรคดังกล่าวก็จะถูกคัดออกก่อนการทดสอบ ทุกคนจะมีการตรวจเช็คสายตาเมื่อมองทะลุ
 82 ผ่านหมวกคลุมศีรษะเพื่อให้แน่ใจว่ามีทัศนวิสัยในการมองเห็นดี ผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้งหมดจะต้องเข้ารับฟัง
 83 รายละเอียดของการทดสอบประมาณ 10 นาที โดยเมื่อเริ่มการทดสอบผู้เข้าร่วมจะต้องทำการสวมใส่อุปกรณ์ก่อนที่
 84 จะเดินเข้าสู่ทางเดินหนีไฟจำลอง และในช่วงท้ายของทางเดินหนีไฟผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องทำการเปลี่ยนกระป๋อง
 85 ออกซิเจน รายละเอียดของขั้นตอนทั้ง 10 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งขั้นตอนการใช้งานได้ถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ
 86 ด้านปัจจัยมนุษย์ และนักผจญเพลิง ลำดับขั้นตอนจะสอดคล้องกับการใช้งานอุปกรณ์หายใจที่มีอากาศสำรองสำหรับ
 87 นักผจญเพลิง [15]

88

89

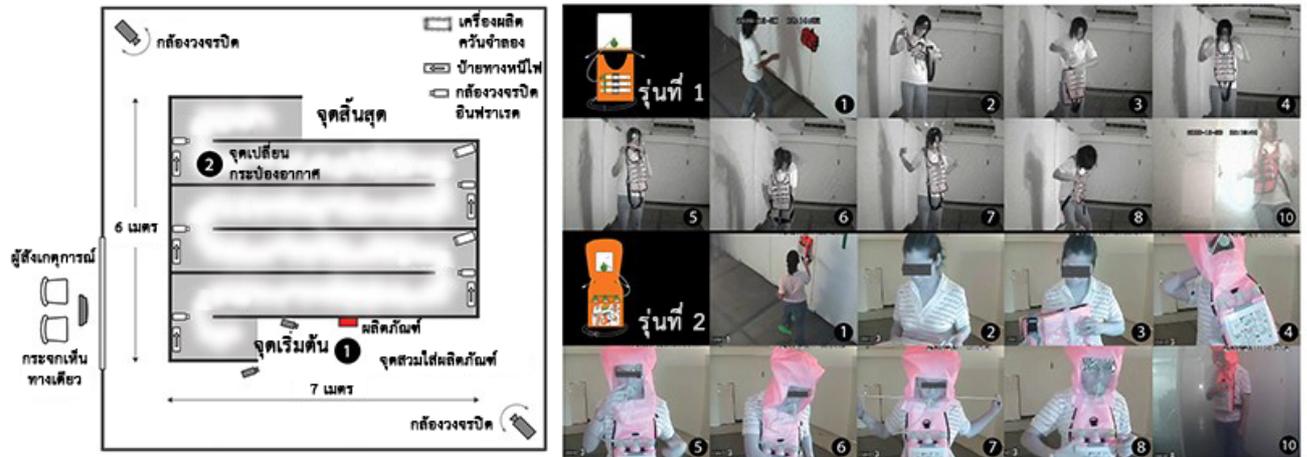
90

91

92

93

94
95



96
97
98
99

รูปที่ 2: การจำลองทางเดินหนีไฟที่บรรจุควัน (ภาพซ้าย)

และตัวอย่างภาพที่บันทึกจากกล้องวงจรปิด (ภาพขวา) ขณะสวมผลิตภัณฑ์รุ่นที่ 1 สองแถวบน และรุ่นที่ 2 สองแถวล่าง

100 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

101 พื้นที่ทดสอบได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นทางเดินหนีไฟดังแสดงในรูปที่ 2 มีระยะทางประมาณ 28 เมตร เป็น
 102 ระยะทางที่สามารถเดินด้วยความเร็วปกติและเพียงพอให้ผู้เข้าร่วมทดสอบทำการเปลี่ยนกระป๋องอากาศบริเวณช่วง
 103 ท้ายของทางเดิน มีการติดตั้งป้ายบอกทางหนีไฟ และกล้องวงจรปิดเพื่อบันทึกพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมทดสอบตาม
 104 ตำแหน่งที่แสดงในจุดที่ 2 (ภาพด้านซ้าย) เพื่อสร้างบรรยากาศในการทดสอบให้มีความสมจริงจึงออกแบบให้ทางเดิน
 105 หนีไฟมีแสงสว่างน้อย และปกคลุมด้วยควันจำลองตลอดเส้นทาง รวมถึงมีการเปิดสัญญาณเตือนภัยตลอดระยะเวลาที่
 106 ทำการทดสอบ ภาพจากกล้องวงจรปิดที่ถูกบันทึกไว้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Observer (R) XT [16]
 107 พฤติกรรมของผู้เข้าทดสอบแต่ละคนจะถูกประมวลผลสำหรับระยะเวลาที่ใช้และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

108 2.3 การวิเคราะห์ผล

109 ตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 3 ตัวแปร คือ 1) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้, 2) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และ 3)
 110 ความยาก-ง่ายในการใช้งาน ระยะเวลาที่ใช้ คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการใช้งานในแต่ละขั้นตอน
 111 ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ ใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน
 112 (Independent Sample T-test) ในการหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์ความผิดพลาดจะทำการ
 113 แบ่งแยกระหว่างผิดพลาดและไม่ผิดพลาดด้วยการทดสอบแบบ Pearson's chi-square test หลังจากการทดลอง
 114 เสร็จสิ้นผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องประเมินความยากง่ายของอุปกรณ์ทั้งสองชุดด้วยแบบสอบถามที่มีขนาดมาตราส่วน
 115 100 (0 หมายถึง ยากมาก ขณะที่ 100 หมายถึง ง่ายมาก)

116
117
118

119 **3. ผลการวิจัย**

120 การรายงานผลจะแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ เวลาในการใช้อุปกรณ์สำหรับอพยพ ความผิดพลาด และความยาก
 121 ง่ายในการใช้งาน ในส่วนของเวลาจะเน้นอยู่สองส่วน คือ เวลาในการอ่านคู่มือซึ่งมีเวลาสูงสุดอยู่ที่ 30 วินาที และเวลา
 122 รวมในการสวมใส่ซึ่งเวลาสูงสุดอยู่ที่ 30 วินาที เช่นกัน

123 **3.1 เวลาในการทำงาน**

124 ตารางที่ 3 : เปรียบเทียบเวลาในแต่ละงานมีความสัมพันธ์กับการออกแบบส่วนต่างๆ ของรุ่นที่ 1 และ 2

งาน	ค่าเฉลี่ยเวลาอพยพ (ค่าเบี่ยงเบน) วินาที		ค่านัยสำคัญ (2-tailed)
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	
1. คั้นหาอุปกรณ์	10.01 (6.34)	7.20 (3.95)	0.05
2. อ่านคู่มือ	73.92 (44.67)	48.16 (28.66)	0.01*
3. ดึงหมวกคลุมศีรษะ	14.53 (8.35)	11.17 (8.37)	0.00**
4. สวมหมวก	21.33 (17.95)	5.20 (2.46)	0.00**
5. รัดเข็มขัด	32.95 (36.95)	10.15 (3.85)	0.03*
6. กระชับสายคลุมศีรษะ	11.56 (15.36)	6.84 (5.18)	0.19
7. คาบจุกหายใจ	n/a	n/a	n/a
8. กดและลือควาล์ว	15.77 (17.39)	7.05 (5.33)	0.03*
9. สูดหายใจเข้าออก	n/a	n/a	n/a
10. ใช้กระป๋องออกซิเจนถัดไป	22.25 (17)	8.08 (9.84)	0.00**
เวลารวมในการสวมใส่	96.14 (9.82)	36.38 (2.43)	0.00*

หมายเหตุ n/a สำหรับงานที่ 7 และ 9 เนื่องจากไม่สามารถวัดจากการสังเกต ส่วนเวลารวมในการสวมใส่ เป็นเวลาของงานที่ 3, 4, 5, 6 และ 8

125 ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาอพยพพหุหน้าที่ไฟของรุ่นที่ 1 และ 2 ในส่วนนี้จะใช้การ
 126 ทดสอบทางสถิติ t-test แบบ Anderson-Darling [17] ในการตรวจสอบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ จากการ
 127 ทดสอบพบว่าข้อมูลไม่ได้กระจายตัวแบบปกติเนื่องจากผู้เข้าร่วมทดสอบบางท่านใช้เวลามากกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม
 128 ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลโดยใช้หลักของ Box-Cox Power [18] สำหรับทุกงาน ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ย
 129 เวลาในการสวมใส่ของรุ่นที่ 1 ($M = 96.14, SD = 9.82$) ใช้เวลามากกว่ารุ่นที่ 2 ($M = 36.38, SD = 2.43$) ซึ่งรุ่นที่ 2
 130 มีค่าเกินเวลามาตรฐานการสวมใส่อุปกรณ์ 30 วินาทีไม่มากนัก มีจำนวน 3 ใน 8 งานที่มีค่าความแตกต่างของเวลา
 131 เฉลี่ยทั้งสองรุ่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 99% เช่น งานดึงหมวกคลุมศีรษะ สวมหมวก และใช้ถังออกซิเจนถัดไป และอีก 3
 132 งานมีความแตกต่างที่ 95% เช่น อ่านคู่มือ รัดเข็มขัด กดและลือควาล์ว

133 เวลาในการอ่านคู่มือใช้เวลารุ่นที่ 1 ($M = 73.92, SD = 44.67$) มากกว่ารุ่นที่ 2 ($M = 48.16, SD = 28.66$); $p <$
 134 $.05$ จากการสังเกตพบว่าผู้เข้าทดสอบอ่านคู่มือหลายรอบในรุ่นที่ 1 ถึงแม้ว่ารุ่นที่ 2 จะมีปริมาณข้อมูลมากกว่ารุ่นที่ 1
 135 ก็ไม่ปรากฏว่าใช้เวลามากกว่า ปัญหาที่พบมากในกลุ่มผู้ถูกทดสอบ คือ รุ่นที่ 1 ออกแบบให้คู่มือซ่อนอยู่ด้านในทำให้ผู้
 136 ทดสอบต้องพลิกออกมาอ่าน ในขณะที่รุ่นที่ 2 ออกแบบให้สามารถอ่านในทิศทางที่อ่านไม่กลับหัว พฤติกรรมหนึ่งที่
 137 พบในรุ่นที่ 1 คือ ผู้ทดสอบถอดหมวกเข้าออกหลายรอบเพื่อที่จะอ่านคู่มือ ดังนั้นการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งคู่มือ
 138 จะทำให้ลดเวลาในการอ่านคู่มือซ้ำขณะสวมใส่

141 ในงานของการดึงหมวกออกจากตัวกระเป่าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของรุ่นที่ 1
 142 ($M = 14.53, SD = 8.35$) และรุ่นที่ 2 ($M = 11.17, SD = 8.37$); $p < .01$ ในรุ่นที่ 2 ผู้ถูกทดสอบสามารถค้นหา
 143 หมวกคลุมศีรษะได้เร็วกว่าเพราะตัวหมวกสามารถมองเห็นได้ง่ายด้วยกระเป่าที่เป็นพลาสติกใส ส่วนรุ่นที่ 1 ผู้ทดสอบ
 144 ใช้เวลาในการหาหมวกคลุมศีรษะยากมากเพราะซ่อนอยู่ด้านในกระเป่า ส่วนงานสวมหมวกค่าเฉลี่ยของเวลาของรุ่นที่
 145 1 ($M = 21.33, SD = 17.95$) ใช้เวลามากกว่ารุ่นที่ 2 ($M = 5.2, SD = 2.46$); $p < .01$ จากการทดสอบพบว่าหมวก
 146 ลักษณะถุงพลาสติกใสทำให้ผู้ถูกทดสอบสับสนว่าด้านใดเป็นด้านหน้าและหลัง ในขณะที่รุ่นที่ 2 เป็นวัสดุทึบทำให้
 147 สังเกตได้ง่ายว่าเป็นด้านใด

148 ในงานรัดเข็มขัด รุ่นที่ 2 ($M = 10.15, SD = 3.85$) ใช้เวลาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญน้อยกว่ารุ่นที่ 1 ($M = 32.95,$
 149 $SD = 36.95$); $p < 0.05$ ความแตกต่างนี้เกิดจากการออกแบบของเข็มขัดในรุ่นที่ 1 ที่มีหัวเข็มขัดเล็กและต้องปรับเอง
 150 ในขณะที่รุ่นที่ 2 เป็นยางยืดหยุ่นละมีหัวเข็มขัดที่ใหญ่ ผู้ถูกทดสอบบางท่านไม่สามารถซึ้ขัดได้ว่ารุ่นที่ 1 เป็นเข็มขัด
 151 และใช้เวลาในการปรับค่อนข้างนาน

152 ส่วนของงานการกดและลือควาล้วผู้ถูกทดสอบต้องกดปุ่มให้ถึงเตื่อยเพื่อที่จะลือคการกดออกซิเจนของรุ่นที่ 1
 153 และ 2 ค่าเฉลี่ยเวลาของรุ่นที่ 2 ($M = 7.05, SD = 5.33$) ใช้เวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับรุ่นที่ 1 ($M = 15.77, SD$
 154 $= 17.39$); $p < 0.05$ เนื่องจากรุ่นที่ 1 ต้องมีการใส่สายยางเข้ากับตัวกระป๋องออกซิเจนจึงทำให้เสียเวลานานมาก
 155 เพราะขนาดของรูที่เสียบมีขนาดเล็กและผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่ไม่เข้าใจส่วนที่เป็นหัวเสียบสายอากาศออกซิเจน (ดูรูป
 156 ที่ 1) ในขณะที่รุ่นที่ 2 มีแป้นสำหรับและมีการต่อเชื่อมระหว่างสายยางกับถังออกซิเจนเป็นที่เรียบร้อย

157 ค่าเฉลี่ยของเวลาการใช้กระป๋องออกซิเจนถัดไปของรุ่นที่ 2 ($M = 8.08, SD = 9.84$) จะน้อยกว่ารุ่นแรก ($M =$
 158 $22.25, SD = 17$); $p < 0.01$ เพราะผู้เข้าทดลองใช้เวลาในการดึงสายยางนำอากาศออกและเสียบเข้ากับถังออกซิเจน
 159 ใหม่ ในทางตรงกันข้ามรุ่นที่ 2 มีการเชื่อมต่อแต่ละถังออกซิเจนเรียบร้อยแล้ว

160 **3.2 ความผิดพลาด**

161 ตารางที่ 4 : ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดระหว่างรุ่นที่ 1 และ 2

งาน	จำนวนความผิดพลาด		นัยสำคัญเชิงเส้น กำกับ(Asymp Sig.)	อัตราส่วนความ ได้เปรียบ(Odds ratio)
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2		
1. ค้นหาอุปกรณ์	2	2	1.00	1
2. อ่านคู่มือ	7	2	0.07	4.26
3. ดึงหมวกคลุมศีรษะ	12	8	0.27	1.83
4. สวมหมวก	8	4	0.19	2.36
5. รัดเข็มขัด	21	4	0.00**	15.16
6. กระชับสายคลุมศีรษะ	11	12	0.79	0.86
7. คาบจุกหายใจ	11	1	0.00**	16.78
8. กดและลือควาล้ว	29	23	0.00**	8.82
9. สูดหายใจเข้าออก	27	9	0.00**	21
10. ใช้กระป๋องออกซิเจนถัดไป	17	9	0.03*	3.05

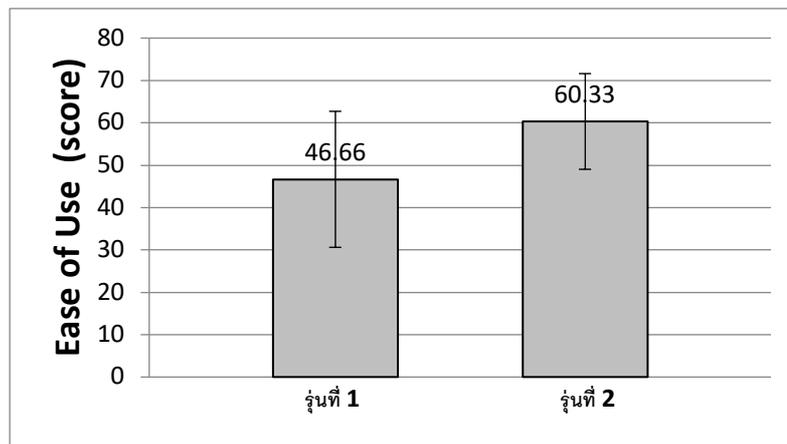
* ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ($p \text{ value} < 0.05$) ** ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 99% ($p \text{ value} < 0.01$)

162

163
 164 ตารางที่ 4 แสดงการทดสอบแบบ Chi-square ของทั้งสองรุ่น จำนวน 5 ใน 10 งานมีค่าความแตกต่างอย่างมี
 165 นัยสำคัญที่ 99% ได้แก่งานรัดเข็มขัด คาบจุกหายใจ กดและลือควาล์ว สูดหายใจเข้าออก และ 95% ได้แก่ การใช้
 166 กระจ่างออกซิเจนถัดไป ในเรื่องของงานรัดเข็มขัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าความผิดพลาดของรุ่นที่
 167 1 และ รุ่นที่ 2 โดย $X^2(1) = 19.817$, $p < 0.01$ ผู้เข้าทดสอบจำนวน 13 คน ข้ามงานนี้ในรุ่นที่ 1 ไป เพราะในคู่มือ
 168 ไม่ได้แจ้งขั้นตอนนี้ ตามอัตราส่วนของค่า odds ratio เป็น 15.16 เท่าของรุ่นที่ 2 ปัญหาของการไม่ได้ทำงานนี้
 169 ใกล้เคียงกับงานคาบจุกหายใจ $X^2(1) = 5.192$, $p < 0.01$ ผู้เข้าทดสอบหลายท่านข้ามขั้นตอนนี้ ค่าความผิดพลาดของ
 170 รุ่นที่ 1 เป็น 8.82 เท่าของรุ่นที่ 2 ดังนั้นการออกแบบคู่มือในรุ่นที่ 2 มีส่วนทำให้ผู้เข้าทดสอบเข้าใจงานที่เป็นวิกฤติ
 171 ได้ดี เช่น งานรัดเข็มขัด และงานคาบจุกหายใจจำนวนความผิดพลาดจึงลดลงอย่างมาก สำหรับงานกดและลือควาล์ว
 172 มีค่านัยสำคัญระหว่างรุ่นที่ 1 และ 2 อยู่ที่ $X^2(1) = 10.417$, $p < 0.01$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าทดลองละเลยงานหรือ
 173 ใช้เวลามากในการทำให้งานนี้ งานใช้ถังออกซิเจนถัดไปก็มีค่า $X^2(1) = 22.5$, $p < 0.05$ ผู้เข้าทดสอบจำนวนมากไม่ได้
 174 กดควาล์วถังออกซิเจนหรือไม่ได้กดแรงเพียงพอที่จะลือควาล์ว ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากที่วาล์วมีความแข็งมากเกินไป
 175 ค่าเฉลี่ยของแรงกดบนกระจ่างออกซิเจน 50 อัน คือ 178.37 นิวตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยของแรงกดของ
 176 ผู้หญิงขนาดเล็ก [19] ที่มีค่า 32.4 นิวตัน สำหรับงานสูดหายใจเข้าออกพบว่ามีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $X^2(1)$
 177 $= 22.5$, $p < 0.01$ ผู้เข้าร่วมทดสอบไม่ทราบวิธีการหายใจเข้าและออกเมื่อใช้อุปกรณ์รุ่นที่ 1 ค่า odds ratio ของรุ่นที่
 178 1 เป็น 21 เท่าสูงกว่ารุ่นที่ 2 คู่มือของรุ่นที่ 2 แตกต่างจากรุ่นที่ 1 เพราะมีการใช้สัญลักษณ์ลูกศรช่วยให้ผู้ถูก
 179 ทดลองเข้าใจวิธีการหายใจโดยใช้อุปกรณ์นี้ ดูรูปที่ 1

180 3.3 ความง่ายในการใช้งาน

181



182

183 รูปที่ 3: รุ่นที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่มีความง่ายในการใช้งานมากกว่ารุ่นที่ 1

184

185 รูปที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบสอบถามของรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 60 ท่าน
 186 ตอบแบบสอบถามหลังจากทดสอบในเรื่องของความยากง่ายของการใช้อุปกรณ์ โดยการให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบให้
 187 คะแนนความยาก-ง่ายในการใช้งาน (0 ยากมากที่สุด, 100 ง่ายมากที่สุด) โดยให้ประเมินอุปกรณ์ในภาพรวมหลังจาก
 188 มีประสบการณ์ในการทดลองใช้อุปกรณ์นั้นมีความยากง่ายในการใช้เพียงใดในทัศนคติของผู้เข้าร่วมทดสอบ ได้

189 ชี้แจงกับผู้เข้าร่วมทดสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดความยากลำบากในการสวมใส่ ได้มี
 190 กระบวนการคัดเลือกผู้เข้าร่วมทดสอบทั้งสองกลุ่มว่าต้องไม่มีประสบการณ์ในการใช้อุปกรณ์หนีไฟเหมือนกันและไม่
 191 เป็นโรคหัวใจ ปอด ความดันโลหิตสูง หรือตี้นตระหนก ถ้ามีอาการโรคดังกล่าวก็จะถูกคัดออกก่อนการทดสอบ ทุกคน
 192 จะมีการตรวจเช็คสายตาเมื่อมองทะลุผ่านหมวกคลุมศีรษะเพื่อให้แน่ใจว่ามีทัศนวิสัยในการมองเห็นดี จากการใช้สถิติ
 193 แบบ Independent t-test ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองรุ่นพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านการใช้งานที่ง่าย
 194 $p < 0.01$ ดังรูปที่ 2 ผู้เข้าทดสอบให้ค่าอุปกรณ์รุ่นที่ 2 ที่ค่าเฉลี่ย 60.33 ซึ่งมีค่า 15% สูงกว่ารุ่นที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ย
 195 46.66 ถึงแม้ว่าอุปกรณ์รุ่นที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่า 80% ทำให้สามารถปรับปรุงได้อีก

196 4. การอภิปราย

197 จากการศึกษพบว่าอุปกรณ์รุ่นที่ 2 มีส่วนการออกแบบหลายองค์ประกอบที่ง่ายต่อการใช้งานง่ายกว่ารุ่นที่ 1 ใน
 198 เรื่องของการประเมินด้านเวลาในการใช้งานอุปกรณ์ เวลาที่มีส่วนสำคัญในการหนีอัคคีภัย คือ เวลาในการอ่านคู่มือ
 199 เวลาในการสวมใส่อุปกรณ์ และเวลาในการเปลี่ยนกระป๋องออกซิเจนอันถัดไป

200 เวลาในการอ่านคู่มือของอุปกรณ์รุ่นที่ 2 ($M=48.16$) อยู่ภายใต้การอ่านมาตรฐาน 30 วินาที จากการสังเกตพบว่า
 201 คู่มือควรวางในตำแหน่งที่ง่ายต่อการอ่านและสามารถหยิบอ่านได้ง่ายหลายครั้ง ผู้เข้าร่วมทดลองส่วนใหญ่จะอ่านและ
 202 ทำตามทีละขั้นตอน ซึ่งหมายความว่าผู้ทดสอบจะไม่จำเนื้อหาทั้งหมดแล้วถึงใช้งาน นอกจากนี้ตัวคู่มือควรที่จะแสดง
 203 ถึงงานที่วิกฤตต่างๆ และไม่ใส่ข้อมูลมากเกินไป การออกแบบที่ทำให้เห็นการใช้งานอย่างชัดเจนสามารถป้องกันความ
 204 ผิดพลาดได้ เช่น การหายใจเข้าออก

205 เวลาในการสวมใส่ของอุปกรณ์ชุดที่ 1 ($M=96.14$) ยังคงมากกว่าค่ามาตรฐานของ 30 วินาที ค่อนข้างมาก
 206 ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบ คือ ผู้ใช้กลัวเรื่องการใช้หมวกพลาสติกใสครอบศีรษะเพราะจะทำให้เกิดความรู้สึกในเรื่องการ
 207 ขาดอากาศในการหายใจและมีผลต่อการตาย ส่วนนี้กระทบต่อความรู้สึกของผู้เข้าทดลอง ซึ่งทัศนคติเช่นนี้เหมือนกับ
 208 การศึกษาที่ผ่านมา [2] ที่ผู้ใช้ไม่กล้าที่จะเอาหมวกคลุมศีรษะที่มีรูปร่างเป็นถุงพลาสติกใส อีกส่วนก็คือการรัดเข็มขัด
 209 ของผู้เข้าร่วมที่ทำให้เสียเวลานานมาก ส่วนนี้ก็คล้ายคลึงกับการศึกษาของการออกแบบชุดชีพของทหารที่ตัวรัดเข็มขัด
 210 ทำให้เกิดความสับสนและใช้เวลาในการสวมใส่ [9] นอกจากนั้นการออกแบบช่องสำหรับการดึงหมวกศีรษะไม่ควรที่จะ
 211 ซ่อนไว้ลึกมากจนผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นได้ง่าย ดังตัวอย่างรุ่นที่ 2 ที่ออกแบบให้เห็นชัดเจนว่าหมวกคลุมศีรษะอยู่ที่ใด
 212 ในด้านของเชือกที่ใช้กระชับหมวกคลุมศีรษะของทั้งสองอุปกรณ์ยังคงทำให้เกิดความล่าช้าในการใช้งานเพราะต้องดึง
 213 และรัดให้แน่นเพื่อไม่ให้ควั่นเข้าไปใต้คาง ดังนั้นถ้าออกแบบเชือกดึงให้เป็นลักษณะยางยืดในการรัดคางแทนการดึง
 214 และผูกเชือกก็จะช่วยลดเวลาในการสวมใส่

215 คู่มือการใช้งานต้องเน้นในด้านงานที่เป็นวิกฤตซึ่งถ้าผู้ใช้ไม่ทำก็จะเกิดอันตราย เช่น การสูดอากาศหายใจเข้าออก
 216 การใช้ลูกศรช่วยในการมองเห็นช่วยอธิบายทิศทางก็สามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่ายและทำให้เกิดความผิดพลาด
 217 น้อยลง ได้มีการทดลองศึกษาการใช้เครื่องมือติดตามสายตาว่ารายละเอียดของกราฟฟิกส่งผลอย่างไรกับเวลาที่ใช้ในการ
 218 การดูคู่มือและการลดรายละเอียดกราฟฟิกที่ไม่สำคัญออกก็จะช่วยลดระยะเวลาในการมองด้วย [20]

219 ในการทดสอบผู้เข้าทดสอบจะพบว่าข้อมูลที่เก็บมาได้จะไม่ได้อะไรแบบปกติ เนื่องจากความแตกต่างของ
 220 แต่ละบุคคล เช่น ทักษะการแก้ไขปัญหา ผู้เข้าทดสอบที่มีทักษะการแก้ไขปัญหาสูงจะสามารถที่จะสวมใส่อุปกรณ์ได้เร็ว
 221 กว่าคนที่มีความต่ำกว่า ดังนั้นการเลือกบุคคลมาทดสอบควรมีการทดสอบทักษะการแก้ไขปัญหาเพื่อไม่ให้ข้อมูล

222 เกิดความแปรปรวนมาก การศึกษาครั้งนี้ชี้ชัดในว่าการออกแบบอุปกรณ์ที่ดีจะช่วยลดปัญหาด้านเวลาสวมใส่และความ
 223 ผิดพลาด ควรออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ อย่างระมัดระวัง และควรมีการทดสอบหลายครั้งก่อนที่สรุปแบบว่าควร
 224 เลือกแบบใด ในการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ให้เข้ากับอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่นๆ เช่น ชุดชูชีพสำหรับ
 225 เครื่องบินหรือเรือโดยสาร อุปกรณ์ช่วยหายใจสำหรับคนทำงานในเมือง การศึกษาความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น
 226 ทักษะการแก้ไขปัญหา เพศ ของผู้ใช้กับอุปกรณ์ความปลอดภัยควรต้องมีการศึกษาต่อไปด้วย

227 5. สรุปผล

228 ส่วนประกอบอุปกรณ์ที่ยังคงมีลักษณะการออกแบบให้มีคุณสมบัติแบบอย่างเดียวกันก็จะใช้เวลามากเหมือนกัน
 229 ทั้ง 2 รุ่น เช่น เชือกกระชับหมวกคลุมศีรษะที่คอ ส่วนที่ออกแบบและลดเวลาในการสวมใส่ ได้แก่ วาล์วกด คู่มือ เข็ม
 230 ชัด ดังจะเห็นได้ว่าถ้าออกแบบให้มีลักษณะที่ช่วยลดขั้นตอนของการใช้งานลง หรือเป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้นก็จะช่วย
 231 ลดเวลาในการสวมใส่ลง ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ขั้นตอนมากในการเข้าใจอุปกรณ์

232 มีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสวมใส่และปริมาณความผิดพลาดสูงขึ้นตามไปด้วย เช่น งานรัดเข็มขัด การกด
 233 และลือควาล์ว การใช้กระป๋องออกซิเจนถัดไป ดังนั้นถ้ามีการออกแบบที่ไม่ทำให้ผู้ใช้สับสนหรือมีความยากลำบากใน
 234 การใช้งาน เวลาและความผิดพลาดก็จะลดตาม

235 โดยสรุปแล้วการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์รุ่นที่ 2 ช่วยลดเวลาในการสวมใส่ อย่างไรก็ตามเวลา
 236 การอ่านและการสวมใส่ยังใช้เวลามากกว่า 1 นาทีทั้งสองรุ่น ซึ่งยังต้องมีการปรับปรุงด้านการออกแบบส่วนประกอบ
 237 ต่างๆ ของอุปกรณ์ช่วยหายใจ ในด้านความผิดพลาดก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ งานของอุปกรณ์รุ่นที่ 2 ที่มีค่า
 238 ความผิดพลาดน้อยกว่ารุ่นที่ 1 ในด้านของความคิดเห็นของผู้ใช้งานพบว่ารุ่นที่ 2 ใช้งานง่ายกว่ารุ่นที่ 1

239 เอกสารอ้างอิง

- 240 [1] Gad S, Anderson R. Combustion toxicology. Boca Raton (Florida): CRC Press; 1990.
- 241 [2] Johnson H, Khanna R. Human Factors Analysis of Consumer Personal Protective Equipment:
 242 Emergency Escape Masks [Internet]. Usfa.fema.gov. 2007 [cited 8 February 2019]. Available from:
 243 <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/escape-masks-human-factors.pdf>
- 244 [3] American National Standards Institute (2009). *Air-Purifying Respiratory Protective Smoke Escape*
 245 *Devices*. ANSI/ISEA 110-2009.
- 246 [4] European Committee for Standardization (1993). *Specification for Respiratory Protective*
 247 *Devices: Self-contained Open-circuit Compressed Air Breathing Apparatus*. BS EN 137:1993.
- 248 [5] European Committee for Standardization (2005). *Specification for Respiratory Protective*
 249 *Devices: Self-contained Open-circuit Compressed Air Breathing Apparatus Incorporating a Hood*
 250 *for Escape*. Requirements, Testing, Marking. BS EN 1146:2005.
- 251 [6] Johnson H, Khanna R. Human Factors Analysis of Consumer Personal Protective Equipment:
 252 Emergency Escape Masks [Internet]. Usfa.fema.gov. 2007 [cited 8 February 2019]. Available from:
 253 <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/escape-masks-human-factors.pdf>
- 254 [7] Plog B, Quinlan P. Fundamentals of industrial hygiene. Itasca, Ill.: National Safety Council; 2012.

- 255 [8] Mackieh A, Çilingir C. Effects of performance shaping factors on human error1998. 285-92 p.
- 256 [9] Funkhouser GE, Fairlie GW. Donning Times and Characteristics of Infant Life Preservers: Four
- 257 Representative Types [Internet]. Faa.gov. 1991 [cited 8 February 2019]. Available
- 258 from:[https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/1990s/medi](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/1990s/meda/AM91-06.pdf)
- 259 [a/AM91-06.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/1990s/meda/AM91-06.pdf)
- 260 [10] Nielsen J. Usability engineering. Amsterdam: Morgan Kaufmann; 2009.
- 261 [11] MacDonald CV, Brooks CJ, Kozey J, Habib A. An ergonomic evaluation of infant life jackets:
- 262 Donning time & donning accuracy2011. 314-20 p.
- 263 [12] Jones J, McMullen MJ, Dougherty J. Toxic smoke inhalation: Cyanide poisoning in fire victims.
- 264 The American Journal of Emergency Medicine. 1987;5(4):317-21.
- 265 [13] Khanna R. Evaluation of Consumer Personal Protective Equipment: EMERGENCY ESCAPE MASKS
- 266 [Internet]. Usfa.fema.gov. 2007 [cited 8 February 2019]. Available from:
- 267 <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/escape-mask-evaluation.pdf>
- 268 [14] Rubin J, Chisnell D. Handbook of usability testing. Indianapolis, IN: Wiley Pub.; 2008.
- 269 [15] Fundamentals of fire fighter skills. Sudbury, MA: Jones and Bartlett; 2009.
- 270 [16] Noldus LPJJ. The Observer: A software system for collection and analysis of observational
- 271 data. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers. 1991;23(3):415-29.
- 272 [17] Stephens MA. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. Journal of the
- 273 American Statistical Association. 1974;69(347):730-7.
- 274 [18] Box G, Cox D. An Analysis of Transformations (with Discussion)1964. 211-52 p.
- 275 [19] Marras W, Karwowski W. The occupational ergonomics handbook. Boca Raton, Flor.: Taylor &
- 276 Francis; 2006.
- 277 [20] Teeravarunyou S, Kitirojpan P. The usability of respiratory protective device on instruction with
- 278 images : International Conference on Imaging and Printing Technologies; 2011 Aug 17-20;
- 279 Bangkok, Thailand.