ME-NETT 25
The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

AME 09

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การจำลองเชิงตัวเลขการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉิน

A Numerical Simulation of Passenger Evacuation from an Airplane under Emergency Situations

ธนพงษ์ บุญเลี้ยง[1]*, ณัฐศักดิ์ บุญมี[2] และ ณัฐพล นิยมไทย[3]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
[3] กองวิชาวิศวกรรมอากาศยานและเทคโนโลยีการบิน กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ สายไหม กรุงเทพ 10220
*ติดต่อ: โทรศัพท์ 085-110-7029 E-mail: boonleang_t@hotmail.com

บทคัดย่อ

การจำลองเชิงตัวเลขการอพยพของผู้โดยสารออกจากเครื่องบินภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉินโดยใช้โปรแกรมพาทท์ไฟน์เดอร์ (Path-Finder) อ้างอิงมาจากการศึกษาข้อบังคับ JAR-25 (Joint Airworthiness Requirements - 25) ในหมวด 25.803 กำหนดไว้ว่าเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินที่ต้องอพยพของผู้โดยสารออกจากเครื่องบิน จะต้องทำการอพยพภายในเวลา 90 วินาทีนับจากเครื่องบินลงจอด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อทำการสำรวจพฤติกรรมการเลือกประตูทางออกและเวลาที่ใช้ในการอพยพของผู้โดยสาร ซึ่งในการจำลองนั้นแบ่งได้เป็น 4 กรณี คือ 1) การเลือกออกจากเครื่องบินของผู้โดยสารแบบสุ่ม 2) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้ 3) การหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่แต่ละที่นั่งของผู้โดยสาร 4) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่ได้กำหนดพร้อมกับหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่

จากการจำลองเชิงตัวเลขนี้ สามารถบ่งชี้ถึงเวลาในการอพยพของผู้โดยสารคือ 101, 57, 90 และ 60 วินาที ในกรณีที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์พบว่าในกรณีที่ 1 ใช้เวลาในการอพยพมากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ใน JAR-25 แต่ในกรณีที่ 2, 3 และ 4 ได้ใช้เวลาในการอพยพน้อยกว่า 90 วินาทีซึ่งตรงตามกฎข้อบังคับ JAR-25 ดังนั้นจากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนและวิธีการอพยพนั้นเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญ ในการลดระยะเวลาในการอพยพออกจากเครื่องบินภายใต้สภาวะฉุกเฉิน

คำหลัก: การอพยพ, พาทท์ไฟน์เดอร์, JAR-25

Abstract

A numerical simulation of passenger evacuation from an airplane under emergency situation was performed via an evacuation program Pathfinder. The study was carried out following the regulation of JAR-25 (Joint Airworthiness Requirements-25) section 25.803 which states that the evacuation time of passengers from an airplane shall be less than 90 seconds. The objective of this study is to investigate the effect of passenger exit selection algorithm to the evacuation time. The simulations were performed

for 4 exit selection methods: 1) the passengers were free to select all available exits, 2) the passengers were constrained to select only some predefined exits, 3) the passengers were delayed before moving to the available exits, and 4) the passengers were delayed before moving to some predefined exits. The simulations indicated that the evacuation times were 101, 57, 90 and 60 seconds for methods 1, 2, 3, and 4 respectively. The evacuation time of exit selection method 1 did not comply with the JAR-25 regulation, where the evacuation times of exit selection methods 2, 3, and 4 were less than 90 seconds which complied with the JAR-25 regulation. This study showed that the passenger exit selection algorithm was one of the key factors to reduce the evacuation time from an airplane under emergency circumstances.

Keywords: Evacuation, Path-finder, JAR-25

1. บทนำ

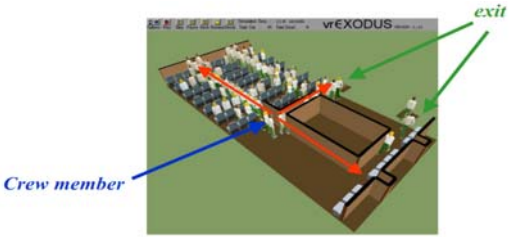
การอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินเมื่อเกิดสถานการณ์อันไม่เป็นปกตินั้นต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว ปลอดภัย ซึ่งโดยธรรมชาตินั้นพฤติกรรมของผู้โดยสารเมื่อผู้ได้ทราบถึงสถานการณ์อันไม่เป็นที่ปกติแล้ว ผู้โดยสารเหล่านั้นจะเกิดอาการหวาดกลัว ขาดสติและไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองในการตัดสินใจในการเอาชีวิตรอดจากพื้นที่ประสบภัยได้ ท้ายที่สุดแล้วก็จะเกิดความโกลาหลวุ่นวาย ทำให้สถานการณ์บานปลายและเลวร้ายขึ้นไปอีก ดังนั้นการมีผู้นำ อาทิเช่นพนักงานภายในเครื่องบินซึ่งเป็นผู้ได้รับการอบรมมาให้อยู่ภายใต้สถานกาณ์ฉุกเฉินได้เป็นอย่างดี จะต้องเป็นผู้ควบคุมสถานการณ์ให้กลับสู่ความสงบ เรียบร้อย

จากข้อบังคับของ JAR-25 (Joint Airworthiness Requirements-25) หมวด JAR 25.803 [1] ที่กำหนดเกี่ยวกับการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Evacuation) ได้กำหนดไว้ว่า เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินอันไม่เป็นปกติ และจำเป็นต้องนำโดยสารออกจากเครื่องบินเพื่อความปลอดภัยต้องอพยพผู้โดยสารเหล่านั้นออกจากเครื่องบินภายใน 90 วินาที การจำลองสถานการณ์ภายในเครื่องบินนั้นจะเป็นการจำลองสถานการณ์จริงเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน ในการจำลองสถานการณ์นั้นจะเป็นการใช้โปรแกรมในการจำลองเพื่อใช้ในการคิดคำนวณมากกว่าการที่จะทำการจำลองสถานการณ์จริงโดยใช้คน ทั้งยังเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติจริง นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยประหยัดเวลาอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมพาทท์ไฟน์เดอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการศึกษา และวิเคราะห์พฤติกรรมการอพยพของผู้โดยสารภายในเครื่องบิน โดยสามารถสร้างรูปแบบในการจำลองต่าง ๆได้ เช่น โครงสร้างทางกายภาพของลักษณะอากาศยาน ผู้โดยสารภายในเครื่องบิน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการจำลองการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินต้นแบบแอร์บัส เอ340-600 (A340-600) ในการจำลองโครงสร้างภายในของเครื่องบินและจำลองพฤติกรรมของผู้โดยสารภายในเครื่องบินเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน

2. ตรวจเอกสาร

จากการศึกษากฎข้อบังคับของ JAR-25 ในหมวด JAR 25.803 เกี่ยวกับเรื่องของการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Evacuation) ได้ถูกกำหนดไว้ว่าเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน และจำเป็นต้องนำผู้โดยสารออกจากเครื่องบินเพื่อความปลอดภัย ต้องอพยพผู้โดยสารเหล่านั้นออกจากเครื่องบินภายใน 90 วินาที ดังนั้นจึงต้องมีการจำลองสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอพยพของผู้โดยสารออกจากเครื่องบิน นอกจากนั้นยังนำไปสู่การอบรมพนักงานผู้รับผิดชอบภายในเครื่องบินให้มีความพร้อมในการเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่เลวร้าย เพื่อที่จะสามารถควบคุมและจัดการทั้งสถานการณ์ภายในเครื่องบินและผู้โดยสารให้มีความเป็น ระเบียบ จากงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 1

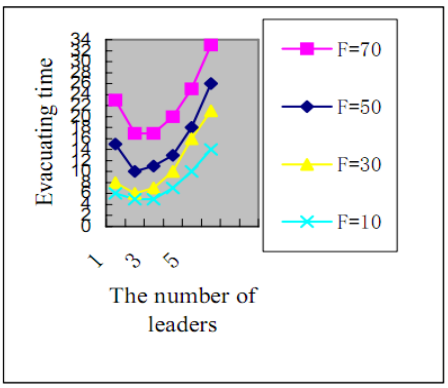
เป็นการแสดงการจำลองการอพยพผู้โดยสารภายในเครื่องบินด้วยโปรแกรม Exodus [2] เพื่อนำไปสู่การอบรมพนักงานภายในเครื่องบิน สำหรับเตรียมความพร้อมในการควบคุมและจัดการกับสถานการณ์ภายในเครื่องบิน



รูปที่ 1 การจำลองการอพยพผู้โดยสารภายในเครื่องบิน โดยใช้โปรแกรม Exodus [2]

ซึ่งเมื่อเกิดสถานการณ์ขึ้นไม่ว่าจะเป็นที่ใดก็ตาม ผู้คนจะมีการอพยพโดยวิ่งไปคนละทิศทาง ทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบ ยิ่งทำให้เกิดความล้าช้าในการเอาชีวิตรอด ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการอพยพผู้คนออกจากสถานการณ์ต่างๆเช่น ไฟไหม้ในอาคารหรือที่อยู่อาศัยแม้กระทั่งบนเครื่องบิน เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีผู้นำในการหาทางอพยพที่เหมาะสม เพื่อจะได้เกิดความเป็นระเบียบ รวดเร็วและสามารถหาทางออกจากสถานที่เกิดเหตุได้อย่างถูกต้อง โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มๆในการอพยพเพื่อความคล่องตัว ซึ่งแต่ละกลุ่มต้องมีผู้นำทางที่รู้เส้นทางในการหลบหนีได้เป็นอย่างดี

ถึงแม้ว่าจะมีผู้ประสบภัยในกลุ่มๆหนึ่งเป็นจำนวนมากก็ไม่จำเป็นที่ผู้ช่วยเหลือหรือผู้นำทางจะต้องใช้มากไปด้วย เพราะถ้ามีผู้นำทางมากเกินไปก็จะทำให้เสียเวลาได้ ฉะนั้นการเลือกจำนวนผู้ช่วยนำทางหลบหนีควรเลือกให้มีจำนวนพอดีกับกลุ่ม โดยดูจากสถานที่และทางออกเป็นหลัก [3] นอกจากการพึ่งพาผู้นำทางแล้ว การรักษาความปลอดภัยเกี่ยวกับการรักษาชีวิตของผู้ประสบภัยจากสถานการณ์ฉุกเฉิน ผู้รับผิดชอบหรือเจ้าหน้าที่ที่ดูแลเรื่องความปลอดภัยในอาคารหรือสถานที่จำเป็นต้องมีป้าย ไฟนำทางหรือสัญญาณเตือนภัยในการแสดงให้เห็นถึงเส้นทางการแจ้งเตือนถึงบุคคลที่อยู่ในสถานที่ที่ก่อให้เกิดอันตราย ต่อชีวิตได้ เพื่อการอพยพหนีจากสถานการณ์เหล่านั้น



รูปที่ 2 ผลการทดลองในการทดสอบจำนวนผู้นำทางกับเวลาที่ใช้ในการอพยพ [3]

ในเครื่องบินนั้นสัญญานเตือนภัยจากกัปตันเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการประกาศจากกัปตันเครื่องบินจะทำให้ผู้โดยสารและพนักงานภายในเครื่องบินเกิดการเตรียมพร้อมที่จะรับมือกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที ซึ่งจะสอดคล้องกับการจัดการดูแลผู้โดยสารของพนักงานบนเครื่องบินที่จะจัดการกับผู้โดยสารให้อยู่ในความสงบเรียบร้อย และเป็นระเบียบเมื่อถึงเวลาในการอพยพ

รูปที่ 3 แสดงไฟนำทางบริเวณทางเดิน [4]
(ซ้าย) แสดงทางเดินด้วยแสงปกติ
(ขวา) แสดงทางเดินด้วยไฟเรืองแสง
(กลาง) แสดงทางเดินด้วยหลอดไฟฟ้า

ในความเป็นจริงกระบวนการของพฤติกรรมของมนุษย์ในแต่ละบุคคลนั้นยากที่จะเข้าใจจึงเป็นข้อจำกัดในการจำลองพฤติกรรมของมนุษย์ได้ทั้งหมด แต่ก็ยังสามารถใช้โปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองพฤติกรรมของมนุษย์ได้ โดยยึดการเฉลี่ยและยึดคนส่วนใหญ่ที่ปฏิบัติกันภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉิน โดยปัจจัยที่ทำให้พฤติกรรมมนุษย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนั้นมาจากประเภทของการเกิดอุบัติเหตุ สิ่งแวดล้อมและ

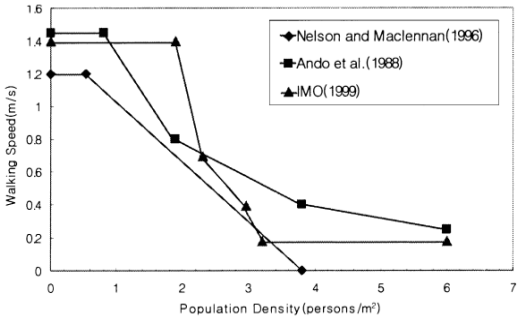
สภาพอารมณ์ของแต่ละบุคคล สำหรับอากาศยานหรือเครื่องบินนั้นได้มีข้อกำหนดในมาตรการรักษาความปลอดภัยในการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉิน คือ JAR-25 หมวด JAR 25.803 การอพยพออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉินเพื่อวัตถุประสงค์ในด้านความปลอดภัย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างสิ่งที่เป็นลักษณะของภาพจำลองในการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบิน ซึ่งสามารถสร้างขึ้นจาก 6 องค์ประกอบหลัก [5, 6] คือ

1. รายละเอียดการกำหนดค่าเครื่องบิน
   - ประกอบด้วยการจัดห้องโดยสารพร้อมตั้งค่าการอพยพ
2. สภาพแวดล้อมภายในเครื่องบิน
   - ประกอบด้วยการวางแนวของอากาศยานและสภาพแวดล้อมภายในห้องโดยสารของเครื่องบิน เช่น ที่นั่ง ห้องครัว เป็นต้น
3. พฤติกรรมของพนักงานบนเครื่องบิน
   - แสดงถึงบทบาทและหน้าที่ในการช่วยเหลือผู้โดยสารให้ออกจากเครื่องบินด้วยความรวดเร็วและเป็นระเบียบเรียบร้อย
4. การกระจายตัวของผู้โดยสาร
   - การกระจายตัวของผู้โดยสารไปยังทางออกเพื่อที่จะออกจากพื้นที่อันตราย
5. พฤติกรรมผู้โดยสาร
   - ประกอบด้วยธรรมชาติของพฤติกรรมการอพยพของผู้โดยสารที่แตกต่างกันและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้
6. การเลือกออกจากที่นั่ง
   - ผู้โดยสารจะพยายามอพยพออกจากที่เกิดเหตุโดยหาทางออกที่ใกล้ที่สุดที่ทำให้ตัวเองหลีกหนีจากสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วที่สุด

3.ทฤษฎี

พาทท์ไฟน์เดอร์

พาทท์ไฟน์เดอร์เป็นโปรแกรมการจำลองการเคลื่อนไหวในการหาทางออกของมนุษย์ และสามารถใช้วิเคราะห์ได้ทั้งสองมิติและสามมิติ พาทท์ไฟน์เดอร์ถูกสร้างขึ้นจากแนวคิดของการสร้างพื้นที่ทางเดินเป็น



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความเร็วในการอพยพกับความหนาแน่นของประชากร [5]

หลักรวมถึงสิ่งกีดขวางและบันไดต่างๆ โดยโปรแกรมพาทท์ไฟน์เดอร์นี้ สามารถจำแนกการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดสองลักษณะ คือ

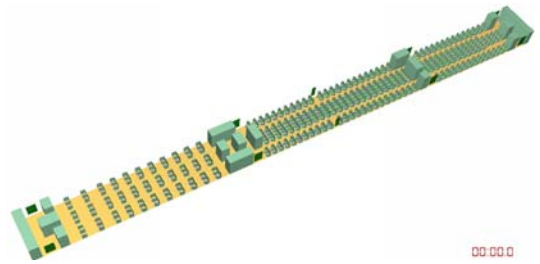
1. The Society of Fire Protection Engineers (SFPE)
   - การที่ความเร็วในการเคลื่อนที่จะพิจารณาจากความหนาแน่นของคนที่อยู่ภายในแต่ละห้อง และความเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านประตูจะควบคุมโดยความกว้างของประตู
   - การเคลื่อนที่จะเป็นลักษณะเส้นตรงนั่นคือจากจุดหรือตำแหน่งที่ยืนอยู่ในปัจจุบันไปอีกตำแหน่งหนึ่งโดยใช้เส้นตรงเป็นหลักจนกระทั่งถึงทางออก
2. Steering
   - แกนบังคับเลี้ยวจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนได้มากขึ้น นั่นคือการเคลื่อนที่ที่มีความโค้ง โดยได้มาจากผลที่เกิดขึ้นของสมการของการเว้นระยะระหว่าง มนุษย์กับมนุษย์และมนุษย์กับสิ่งกีดขวาง

รายละเอียดเพิ่มเติมของโปรแกรมพาทท์ไฟน์เดอร์สามารถพบได้ในเอกสารอ้างอิง [7]

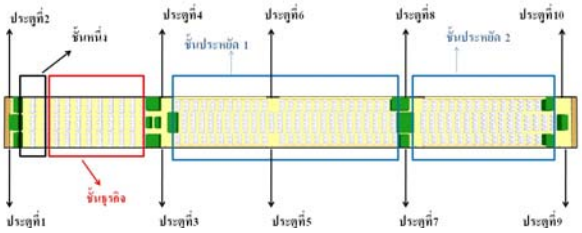
4. ขั้นตอนการทำงาน

จากการศึกษาเครื่องบินแอร์บัส เอ340-600 ที่ใช้เป็นเครื่องบินต้นแบบ เพื่อนำมาจำลองเข้าสู่โปรแกรมพาทท์ไฟน์เดอร์ โดยการจำลองนั้นจะจำลองลักษณะทางกายภาพภายในเครื่องบินต้นแบบทั้งหมดเพื่อให้

ได้อัตราส่วนที่ใกล้เคียงมากที่สุดดังรูปที่ 5 และ 6 ซึ่งมีผู้โดยสารภายในเครื่องบินแบบจำลองนี้ทั้งสิ้น 380 คน



รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องบินต้นแบบ



รูปที่ 6 ตำแหน่งของประตูทางออกและแผนผังลักษณะที่นั่งของชั้นที่นั่งผู้โดยสาร

เมื่อทำการจำลองแบบจากเครื่องบินต้นแบบเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบพฤติกรรมของผู้โดยสารเมื่อเกิดเหตุการณ์อันไม่ปกติ ที่ต้องอพยพหรือลุกออกจากที่นั่งเพื่อเดินทางมายังประตูทางออก โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แบ่งการศึกษาเป็น 4 กรณี คือ

1) การเลือกออกจากเครื่องบินของผู้โดยสารแบบสุ่ม (random) เป็นการพิจาราณาการเคลื่อนที่มนุษย์ในลักษณะอิสระ เพื่อสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของผู้โดยสารภายในเครื่องบิน
2) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้ เป็นการกระจายตัวของผู้โดยสารบริเวณประตูทางออกที่มีความหนาแน่นสูง
3) การหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่แต่ละที่นั่งของผู้โดยสาร เป็นการชะลอการกระจายตัวของแต่ละผู้โดยสารเพื่อลดความแออัดบริเวณประตูทางออก อีกทั้งยังช่วยเป็นการจัดระเบียบของตัวผู้โดยสารเอง
4) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้พร้อมกับการหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่โดยนำข้อดีในกรณีที่ 2 และ 3 มารวมกัน เพื่อการลดความหนาแน่น และความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการอพยพ

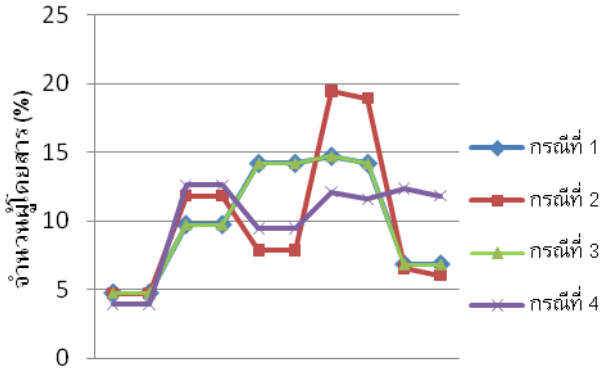
5. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จาก JAR-25 (Joint Aviation Authorities-25) หมวด JAR 25.803 กำหนดเกี่ยวกับเรื่องของการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉินภายใน 90 วินาที เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทั้ง 4 กรณี พบว่า

- กรณีที่ 1 พบว่าโดยปกติแล้วผู้โดยสารแต่ละที่นั่ง จะเลือกเส้นทางที่ใกล้ประตูมากที่สุดในการออกจากเครื่องบิน ซึ่งใช้เวลาไปทั้งสิ้น 1.41 นาทีหรือ 101 วินาที ซึ่งทำให้แต่ละประตูมีคนออกไม่เท่ากันประตูไหนมีผู้โดยสารออกมากก็จะมีความหนาแน่น จนทำให้เกิดความแออัดกันบริเวณหน้าประตูทางออกเป็นสาเหตุของความล่าช้าในการอพยพ
- กรณีที่ 2 สืบเนื่องมาจากกรณีที่ 1 ที่ผู้โดยสารพยายามหาทางออกที่ใกล้ตัวเองมากที่สุด ทำให้เกิดความหนาแน่นในบางจุด ดังนั้นถ้ามีการกระจายผู้โดยสารเหล่านี้ออกไปยังที่บริเวณทางออกอื่นที่ใกล้เคียงก็จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการอพยพได้ ซึ่งในกรณีที่ 2 นี้ได้ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 57 วินาที แต่ต้องทำการตรวจสอบว่า ระหว่างการที่ให้ผู้โดยสารนั้นไปออกบริเวณทางออกอื่น อาจใช้เวลามากกว่าเดิม เพราะเหตุว่าการที่ผู้โดยสารต้องเดินทางไปยังประตูทางออกอื่นนั้น ก็จะทำให้ผู้โดยสารเสียเวลาในการเดินทางที่ไกลขึ้น ฉะนั้นต้องมีการพิจารณาการบริหารจัดการการหาเส้นทางออกเส้นใหม่กับการรอเพื่อที่จะออกจากประตูเดิมนั้น ลักษณะไหนจะใช้เวลาในการอพยพที่สั้นกว่ากัน

ตารางที่ 1 จำนวนผู้โดยสารในแต่ละประตูทางออกทั้ง 4 กรณี

ประตู	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กรณีที่ 1	18	18	37	37	54	54	56	54	26	26
กรณีที่ 2	18	18	45	45	30	30	74	72	25	23
กรณีที่ 3	18	18	37	37	54	54	56	54	26	26
กรณีที่ 4	15	15	48	48	36	36	46	44	47	45



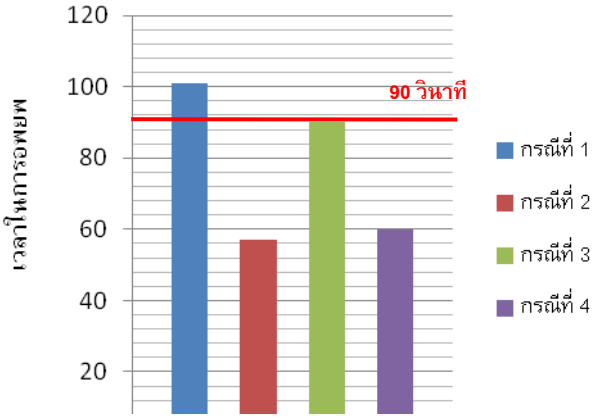
รูปที่ 7 จำนวนผู้โดยสารในแต่ละประตูในแต่ละกรณี

- กรณีที่ 3 เนื่องจากถ้าผู้โดยสารทุกคนเคลื่อนที่ออกจากที่นั่งพร้อมกันทั้งหมดจะทำให้เกิดความเบียดเสียดและแออัด ณ บริเวณทางเดินและบริเวณหน้าประตูทางออก ดังนั้นการหน่วงเวลานั้นเป็นการชะลอการเคลื่อนที่ของผู้โดยสารในแต่ละที่นั่ง โดยให้ผู้โดยสารเคลื่อนที่ได้อย่างคล่องตัว กรณีที่ 3 นี้ได้ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 90 วินาที แต่เนื่องจากการหน่วงเวลานั้นอาจทำให้เวลาในการอพยพล่าช้าออกไป เพราะเนื่องจากว่าจำเป็นต้องรอในส่วนของผู้โดยสารก่อนหน้าเคลื่อนที่ออกให้หมดก่อนแล้วจึงเคลื่อนที่ตามออกไป ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาในส่วนของเวลาที่สูญเสียไป เนื่องจากการรอผู้โดยสารก่อนหน้ากับการเสียเวลาเนื่องจากความแออัดนั้นลักษณะไหนจะใช้เวลาในการอพยพที่สั้นกว่ากัน
- กรณีที่ 4 พบว่าการกระทำทั้งสองกรณีพร้อมกัน ทั้งกรณีที่ 3 และ 4 จะทำให้ใช้เวลาในการอพยพสั้นกว่าเวลาตามมาตรฐานสากล JAR-25 อีกทั้งยังได้รับความเป็นระเบียบในการอพยพในกรณีนี้ กรณีที่ 4 นี้ได้ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 60 วินาที ถึงแม้ว่าในการทดสอบนี้ได้เวลาตามที่กำหนด แต่ก็จำเป็นต้องคำนึงถึงข้อเสียของทั้ง 2 กรณีดังที่กล่าวมาแล้วด้วย

จากการทดสอบทั้ง 4 กรณีสามารถสรุปจำนวนผู้โดยสารที่ออกในแต่ละประตูได้ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ในแต่ละกรณี จากผู้โดยสารทั้งหมด 380 คน และในรูปที่ 7 แสดงจำนวนร้อยละของผู้โดยสารในการออกแต่ละประตูทั้ง 4 กรณี โดยเวลาที่ใช้ในแต่ละกรณีสามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 2 แสดงถึงเวลาที่ใช้ในการอพยพผู้โดยสารออกจากเครื่องบินทั้ง 4 กรณี แล้วจึงนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 8 เพื่อเปรียบเทียบในแต่ละกรณีรวมถึงข้อจำกัดในด้านเวลา

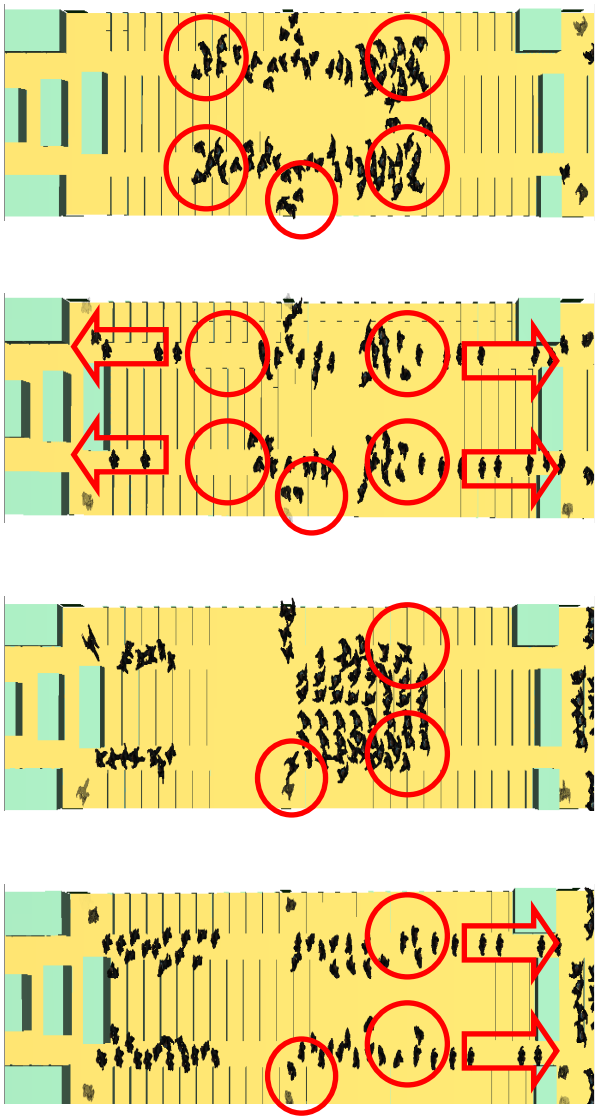
ตารางที่ 2 เวลาในการอพยพของผู้โดยสารทั้ง 4 กรณี

กรณี	1	2	3	4
เวลา (วินาที)	101	57	90	60



รูปที่ 8 แสดงเวลาที่ใช้ในการอพยพในแต่ละกรณี

จากรูปที่ 8 พบว่า ในกรณีที่ 1 การเลือกออกจากเครื่องบินของผู้โดยสารแบบสุ่มนั้นจะใช้เวลามากที่สุดและเกินกฎข้องบังคับ JAR-25 ในกรณีที่ 2, 3 และ 4 นั่นคือ กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้ การหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่แต่ละที่นั่งของผู้โดยสาร และการกำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งได้ออกตามประตูที่กำหนดไว้พร้อมกับการหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่ตามลำดับนั้นใช้เวลาในการอพยพของผู้โดยสารภายใต้ 90 วินาที ซึ่งถือว่าประสบผลสำเร็จในการทดสอบและสามารถหาแนวทางแก้ไขการใช้เวลาในการอพยพเกินข้อบังคับได้อีกด้วย



รูปที่ 9 ความหนาแน่นของผู้โดยสารที่เวลา 40 วินาที ในกรณีที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

จากการศึกษาผลการทดสอบทั้ง 4 กรณีพบว่ารูปที่ 9 เป็นการแสดงความหนาแน่นบริเวณประตูทางออกที่ 5 และ 6 ซึ่งเป็นทางออกที่หนาแน่นและมีการระบายผู้โดยออกได้ช้าที่สุด ซึ่งในกรณีที่ 1 ผู้โดยสารมีความหนาแน่นสูงบริเวณประตู จึงจำแนกการแก้ไขนี้ในกรณีที่ 2, 3 และ 4 โดยในกรณีที่ 2 นั้นได้ทำการแบ่งผู้โดยสารไปออกที่ประตูอื่นเพื่อลดความหนาแน่นลง (ตามที่ลูกศรชี้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่) กรณีที่ 3 เป็นการหน่วงเวลาทำให้การเคลื่อนที่เป็นระเบียบมากขึ้นสังเกตจากการเคลื่อนที่ของผู้โดยสารที่ออกจากเครื่องบิน จะเป็นการเดินแถวแบบเรียงเดี่ยว กรณีที่ 4 เป็นการหน่วงเวลาพร้อมกับกระจายผู้โดยสารไปทางออกอื่นพร้อมกัน ทำให้ความหนาแน่นลดลงและทำให้เกิดความเป็นระเบียบในการเคลื่อนที่มากขึ้น

6.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการอพยพของผู้โดยสารออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉินภายใต้มาตรฐานสากล โดยแบ่งเป็นทั้งสิ้น 4 กรณี คือ

1) การเลือกออกจากเครื่องบินของผู้โดยสารแบบสุ่ม
2) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้
3) การหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่
4) กำหนดให้ผู้โดยสารแต่ละที่นั่งออกตามประตูที่กำหนดไว้พร้อมกับการหน่วงเวลา

ถ้าปล่อยให้ผู้โดยสารออกจากเครื่องบินโดยไม่มีแนวทางในการอพยดังกรณีที่ 1 ผู้โดยสารเหล่า นั้นจะทำการออกบริเวณประตูที่ใกล้ตัวผู้โดยสารที่สุด จึงเป็นสาเหตุของการแออัดในบริเวณทางออกและพื้นที่ทางเดินบางจุด จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการอพยพ ดังนั้นจึงมีแนวทางแก้ปัญหาเหล่านี้ในกรณีที่ 2, 3 และ 4 การเลือกประตูทางออกอื่นให้กับผู้โดยสารที่ไปรออยู่ที่ประตูเดียวกันนั้นดังกรณีที่ 2 ก็จะช่วยในการลดระยะเวลาในการอพยพลงได้ แต่ต้องพิจารณาถึงระยะทางของเส้นทางที่เปลี่ยนไปด้วย ถ้าเป็นเส้นทางที่ไกลเกินไป ก็อาจจะใช้เวลามากกว่าการรอที่จะออกประตูทางออกเดิม ในกรณีที่ 3 การหน่วงเวลานั้น จะช่วยจัดการกระจายตัวของผู้โดยสารให้เป็นระเบียบมากขึ้นเพื่อช่วยลดความแออัดและยังช่วยประหยัดเวลาในการอพยพได้แต่ก็ยังมีข้อเสียคือการหน่วงเวลาที่มากเกินไปจะทำให้ผู้โดยสารเสียเวลาในการอพยพได้เช่นกัน กรณีสุดท้ายคือการนำทั้งการเลือกใช้ประตูและการหน่วงเวลามาผสมผสานกันอย่างถูกต้องและลงตัว ผลลัพธ์ที่ได้คือผู้โดยสารสามารถอพยพออกจากเครื่องบินได้ทันเวลาตามมาตรฐานและยังมีความเป็นระเบียบซึ่งช่วยลดการแออัดบริเวณทางเดินและประตูได้เป็นอย่างดี

7.เอกสารอ้างอิง

[1] JAR-25 section 1 Part 25.807. 2001. Large Airplanes: Emergency Evacuation. Published in *Joint Airworthiness Requirements*.

[2] E.R.Galea. n.d. The use of computer simulation for aircraft evauation certification: A report from the VERRES project. *Fire Safety Group University of Greenwich*. United kingdom

[3] Qingge Ji and Can GAO. 2007. Simulating Crowd Evacuation with a Leader-Follower Model. *International Journal of Computer Sciences and Engineering System*, Vol. I, No. 4, pp. 249-252

[4] Louis C. Boer and Rolf Skjong. 2001. Emergency Evacuation: How Better Interior Design Can Improve Passenger Flow. *The European Commission MEPdesign and Safer Euro*. England

[5] E.R.Galea, S.J.Blake, S.Gwynne and P.J.Lawrence. n.d. Simulating the interaction of cabin crew with passengers during aircraft emergency evacuation conditions. *Fire Safety Group University of Greenwich*. United kingdom

[6] Dongkon Lee, Hongtae Kim, Jin-Hyoung Park and Beom-Jin Park. 2003. The current status and future issues in human evacuation from ship. *Elesevier*: Safety Science 41, pp.861-876.

[7] Pathfinder, 2009. Pathfinder Technical Reference. *In Collaboration with RJA*.