FIRE EVACUATION SIMULATIONS: CASE STUDY IN A UNIVERSITY BUILDING

Parimon RATTANON[1*] and Nanthiya HANSUPALAK[2]

1 Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand; parimon.r@ku.th

2 Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand; fengnyh@ku.ac.th

ARTICLE HISTORY

Received: 16 February 2024 **Revised:** 8 March 2024 **Published:** 15 March 2024

ABSTRACT

This study aimed to estimate fire evacuation times for a university building using the Pathfinder application, simulating two scenarios. Set 1 employed the actual occupant count (371 people), while Set 2 utilized the maximum load one evacuation route could support (2,400 people), with an additional 1,000 people for a significant student activity on the 2nd floor. The impact of fire-resistant walls on evacuation times was explored for both sets, and an extra evacuation route on the 2nd floor was considered for Set 2. The five-story building, standing at 21.36 meters, featured four stairs from the 5th to the 1st floor and an additional stair near the event. Parameters such as height, occupant shoulder width, and moving velocity were validated by aligning simulated evacuation times with an actual fire drill involving 74 people in 182 seconds, serving as benchmarks for further simulations. In Set 1, with the actual occupant count, the evacuation time was determined to be 225 seconds. For Set 2 scenarios (2,400 and 3,400 people), evacuation times ranged from 720 to 1,147.5 seconds, adhering to the one-hour rule for 23-meter-high buildings. Interestingly, the presence of both fire-resistant walls and regular walls did not significantly impact evacuation times, as the application only stopped counting time when the last person in the building reached the safety area. The utilization of the extra evacuation route on the 2nd floor reduced the time to evacuate. Additionally, the swift evacuation times, coupled with well-managed fire evacuation routes (clear signs, etc.), affirmed the building's safety for its occupants.

Keywords: Fire Evacuation Simulation, Fire Evacuation Time, Fire Evacuation Time, Pathfinder, Fire Resistant Walls

CITATION INFORMATION: Rattanon, P., & Hansupalak, N. (2024). Fire Evacuation Simulations: Case Study in a University Building. *Procedia of Multidisciplinary Research, 2*(3), 8

การจำลองการอพยพหนีไฟ: กรณีศึกษาอาคารเรียนระดับมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง

ปริมล รัตตานนท์[1*], นันทิยา หาญศุภลักษณ์[2]

1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; parimon.r@ku.th

2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; fengnyh@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระยะเวลาการอพยพหนีไฟของอาคารที่มีการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัย โดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลอง 2 สถานการณ์ด้วยกัน สถานาการณ์ที่ 1 กำหนดจำนวนผู้อพยพตามจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนทุกชั้นปีและบุคลากรของภาควิชาที่มีอยู่จริงในปัจจุบัน (371 คน) ส่วนสถานการณ์ที่ 2 กำหนดจำนวนผู้อพยพจากการคำนวณจำนวนคนสูงสุดที่เส้นทางหนีไฟจะสามารถรองรับได้ (2,400 คน) และเพิ่มจำนวนผู้ใช้อาคารที่ห้องประชุมชั้น 2 อีกจำนวน 1,000 คน สำหรับกรณีการมีกิจกรรมของนิสิต ได้มีการศึกษาผลจากการติดตั้งผนังทนไฟสำหรับบันไดหนีไฟและการเพิ่มบันไดทางออกจากอาคารบริเวณชั้น 2 ใกล้ห้องประชุมที่มีการรวมตัวของนิสิต 1,000 คน มีผลต่อระยะเวลาในการอพยพหรือไม่ อาคารที่ทำการศึกษาแห่งเป็นอาคาร 5 ชั้น สูง 21.36 เมตร มีบันไดทางลง 4 บันได ที่สามารถขึ้นลงจากชั้น 5 สู่พื้นชั้น 1 ได้ และมี 1 บันไดที่ประตูทางออกสุดท้ายเปิดเฉพาะกิจ ค่าพารามิเตอร์เกี่ยวข้องกับความสูงของคน ความกว้างของไหล่และความเร็วในการเดิน ภายในโปรแกรม Pathfinder ได้รับการตรวจสอบว่ามีความเหมาะสม โดยมีการเทียบระยะเวลาการอพยพจากการจำลองเทียบกับระยะเวลาในการอพยพจริงได้ค่าใกล้เคียงกัน การอพยพจริง 74 คน ใช้เวลา 182 วินาที ในสถานการณ์ที่ 1 การอพยพตามจำนวนผู้ใช้อาคารจริง (371 คน) ใช้ระยะเวลาในการอพยพ 225 วินาที ในสถานการณ์ที่ 2 (2,400 และ 3,400 คน) ใช้ระยะเวลาในการอพยพอยู่ในช่วง 720 ถึง 1,147.5 วินาที ยังคงอยู่ภายในเกณฑ์ 1 ชั่วโมง สำหรับระยะเวลาการอพยพหนีไฟของอาคารสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป จากการจำลองจะเห็นว่าการติดตั้งผนังทนไฟไม่มีผลต่อระยะเวลาในการอพยพ เนื่องจากการนับเวลาจะถูกหยุดลงเมื่อผู้อพยพคนสุดท้ายไปถึงยังจุดปลอดภัย การเพิ่มบันไดทางออกจากอาคารบริเวณชั้น 2 ใกล้ห้องประชุมที่มีการรวมตัวของนิสิต 1,000 คน สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอพยพได้ นอกจากนี้การจัดการเส้นทางอพยพ (เช่น การติดตั้งป้ายทางออกหนีไฟให้ชัดเจน การติดตั้งแผนผังเส้นทางหนีไฟ ฯ) ก็จะช่วยให้ผู้ใช้อาคารเกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การจำลองการอพยพหนีไฟ, ระยะเวลาการอพยพ, เส้นทางหนีไฟ, Pathfinder, ผนังทนไฟ

ข้อมูลการอ้างอิง: ปริมล รัตตานนท์ และ นันทิยา หาญศุภลักษณ์. (2567). การจำลองการอพยพหนีไฟ: กรณีศึกษาอาคารเรียนระดับมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. *Procedia of Multidisciplinary Research, 2*(3), 8

บทนำ

เมื่อเทียบกับสาธารณภัยชนิดอื่นๆ (วาตภัย อุทกภัย อัคคีภัย ฯลฯ) ที่เกิดในประเทศไทย อัคคีภัยเกิดบ่อยมากเป็นอันดับต้นๆ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2567) ในช่วง 2564-2566 จำนวนอัคคีภัยเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2567) ผลกระทบจากการเกิดอัคคีภัยคือการสูญเสียทรัพย์สิน และอาจมีการสูญเสียชีวิตของผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ด้วย เช่น เพลิงไหม้โรงงานผลิตตุ๊กตาเคเดอร์ มีผู้เสียชีวิตจำนวน 188 ราย (พิพิธภัณฑ์แรงงานไทย, 2565) โรงแรมรอยัลจอมเทียน มีผู้เสียชีวิตจำนวน 91 ราย (เนชั่นกรุ๊ป, 2565) และสถานบันเทิงซานติก้า มีผู้เสียชีวิตจำนวน 67 ราย (เนชั่นกรุ๊ป, 2565) สาเหตุการเสียชีวิตของคนในเหตุการณ์อัคคีภัยมักเกิดจากผู้ใช้อาคารไม่สามารถหาประตูทางออกหนีไฟได้ จึงไม่สามารถหนีออกมาจากพื้นที่เกิดเหตุได้ทันซึ่งอาจเกิดจากเจ้าของอาคารไม่ติดป้ายเส้นทางหนีไฟให้ชัดเจน ป้ายชำรุด หรือไม่มีการซักซ้อมบุคลากรในการพาคนอพยพออกจากพื้นที่ เป็นต้น หรือผู้ใช้อาคารสามารถหาประตูหนีไฟได้ แต่ประตูนี้ไม่สามารถพาออกนอกอาคารได้ จำนวนประตูทางออกไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร อาคารไม่มีระบบดับเพลิงสำหรับใช้ดับเพลิงภายในอาคาร ไม่มีระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และไม่เคยมีการซ้อมอพยพหนีไฟให้กับพนักงาน (ศูนย์สื่อสารวาระทางสังคมและนโยบายสาธารณะองค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย, 2566) วิธีการลดจำนวนผู้เสียชีวิตจากอัคคีภัยที่เจ้าของอาคารสามารถทำได้ เช่น การจัดทำเส้นทางอพยพหนีไฟให้เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วย การจัดทำป้ายทางออกหนีไฟให้ชัดเจน จัดให้มีไฟส่องสว่างฉุกเฉินที่นำไปสู่ทางออกนอกอาคาร ประตูทางออกต้องไม่มีสิ่งกีดขวางและคนสามารถเปิดออกจากด้านในอาคารได้นอกจากนั้นต้องจัดซ้อมอพยพทั้งผู้ใช้อาคารทั่วไปและบุคลากรที่จะเป็นผู้นำพาผู้ใช้อาคารชั่วคราวออกไป ระยะเวลาการอพยพคือระยะเวลาที่นับตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้นมายังจุดปลอดภัย ที่อาจเป็นประตูทางออกสุดท้ายที่พาออกนอกอาคารได้ หรือประตูที่พาออกสู่บันไดหนีไฟที่ผนังทำจากวัสดุทนไฟ (การนับเวลาจะยุติทันทีที่คนสุดท้ายเข้าประตูนี้) ระยะเวลาการอพยพเป็นค่าที่สำคัญมาก เพราะวัสดุที่ใช้สร้างอาคารนั้นจะมีความสามารถในการทนไฟได้เพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น (กระทรวงมหาดไทย, 2549) ดังนั้นผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องออกมานอกอาคารก่อนที่โครงสร้างอาคารจะถูกทำลายจากความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งกระทรวงมหาดไทย (2535) กำหนดให้อาคารและอาคารขนาดใหญ่ (สูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป) มีระยะเวลาการอพยพไม่เกิน 1 ชั่วโมง (กระทรวงมหาดไทย, 2535)

อาคารเรียนระดับมหาวิทยาลัยแห่งนี้ ถูกสร้างขึ้นและมีการเกิดใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 โดยปัจจุบันเป็นอาคารหลักที่ใช้รองรับนิสิตภาควิชาวิศวกรรมเคมีทั้งหลักสูตรปริญญาตรี ปริญญาโทและปริญญาเอก โดยภายในอาคารประกอบด้วยห้องปฏิบัติการทางเคมี ห้องเรียนบรรยาย และห้องประชุมขนาดใหญ่ซึ่งในบางครั้งจะมีการรวมตัวกันของนิสิตกว่า 1,000 คน เพื่อทำกิจกรรมร่วมกัน เช่นกิจกรรมรับน้อง เป็นต้น มีห้องพักอาจารย์ ห้องสำหรับเจ้าหน้าที่ และมีห้องปฏิบัติการเคมีซึ่งมีการจัดเก็บสารเคมีในการทดลองจำนวนมากกว่า 40 รายการ มีการใช้แก๊สสำหรับห้องปฏิบัติการทั้งในรูปแบบที่เป็นเชื้อเพลิงและสารตั้งต้น ภายในอาคารยังมีการใช้เครื่องมือที่ใช้กำลังไฟสูง ลักษณะของอาคารดังกล่าวเป็นอาคาร 5 ชั้น สูง 21.36 เมตร มีการจัดการเรื่องระบบความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยภายในอาคารโดยพบมีการติดตั้งถังดับเพลิง ไฟส่องสว่างฉุกเฉิน ไฟทางออกฉุกเฉิน ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ รวมถึงแผนผังเส้นทางการอพยพหนีไฟภายในอาคาร เนื่องจากเป็นอาคารสำหรับใช้การเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัยจำนวนผู้ใช้อาคารจึงไม่ได้คงที่ทุกวัน รวมทั้งวันที่ทุกคนจะเข้าอาคารก็จะเกิดขึ้นไม่บ่อย เมื่อเทียบกับอาคารสำนักงาน ดังนั้นแม้ว่าจะมีการซ้อมอพยพทุกปี แต่จำนวนผู้เข้าร่วมซ้อมจะไม่ครบตามจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมดที่มี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะประเมินระยะเวลาการอพยพหนีไฟของอาคารแห่งนี้ โดยใช้ Pathfinder ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย (Ivanov et al., 2023; Rahman et al., 2020) สามารถนำมาใช้ในการประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคารทั้งกรณีที่เป็นอาคารที่กำลังออกแบบใหม่และอาคารที่เปิดใช้งานแล้ว จำลองสถานการณ์ที่นับรวมนิสิตที่ลงทะเบียนทุกชั้นปีและบุคลากรของภาควิชา สถานการณ์ที่มีจำนวนคนสูงสุดต่อเส้นทางหนีไฟ 1 เส้นทางที่จะรับได้ (วสท., 2559) รวมทั้งสถานการณ์ที่มีทั้งการเรียนและกิจกรรมของนิสิต (กำหนดให้

1000 คน) เกิดขึ้นพร้อมกัน นอกจากนี้แม้ว่าอาคารแห่งนี้จะสูงไม่ถึง 23 เมตร ผู้วิจัยก็ได้เลือกใช้ระยะเวลาการพยพไม่เกิน 1 ชั่วโมง เป็นค่าที่แสดงระดับความปลอดภัย (กระทรวงมหาดไทย, 2535)

วิธีวิจัย

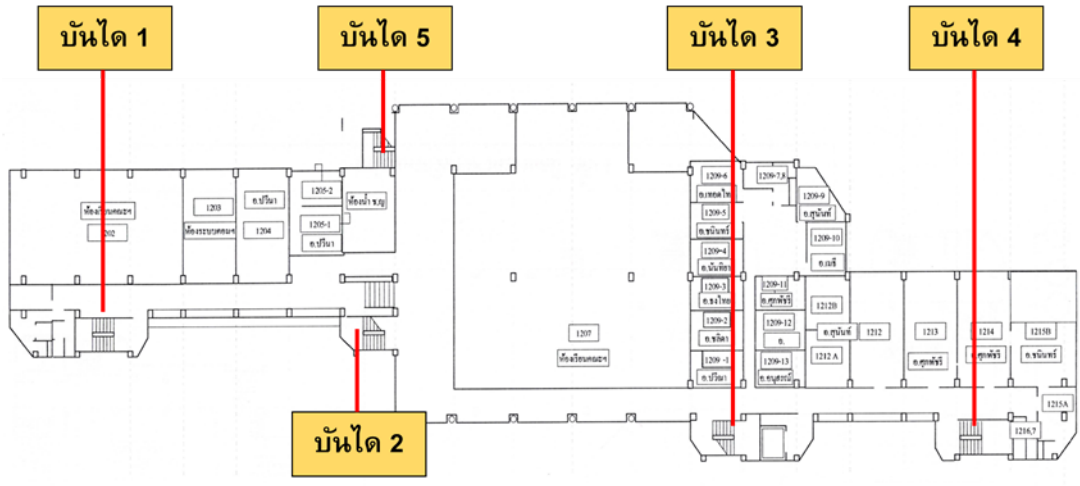
- เครื่องคอมพิวเตอร์ ASUS Intel Core i5, RAM 16GB, 512GB
- โปรแกรมจำลองการอพยพ Pathfinder 2023.1.0524
- เครื่องวัดระยะ และเครื่องวัดระยะดิจิตอล
- นาฬิกาจับเวลา

1) การรวบรวมข้อมูลคน (ตารางที่ 1) และลักษณะอาคาร ได้ทำในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน 2566 ซึ่งมีการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับปริญญาตรีถึงปริญญาเอก จำนวนคนในอาคารทั้งหมดคือ 371 คน (นับจำนวนคนที่ลงทะเบียนเรียนและบุคลากรของภาควิชา)

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำนวนผู้ใช้อาคาร

ผู้ใช้อาคาร	จำนวน	เพศ		ช่วงอายุ		
		ชาย	หญิง	น้อยกว่า 30 ปี	30-50 ปี	มากกว่า 50 ปี
ปี 2	92	38	54	92	-	-
ปี 3	84	37	47	84	-	-
ปี 4	84	35	49	84	-	-
ปริญญาโท-เอก	75	35	40	75	-	-
อาจารย์	22	13	9	4	12	6
เจ้าหน้าที่	14	6	8	-	14	-
รวมทั้งหมด	**371**	**164**	**207**	**339**	**26**	**6**

อาคารที่ศึกษาเป็นอาคาร 5 ชั้นประกอบด้วย ชั้น 1-5 มีชั้นลอยที่อยู่ระหว่างชั้น 1 และชั้น 2 และมีชั้นดาดฟ้า ความสูงของอาคารที่วัดจากพื้นดินถึงหลังคาเท่ากับ 21.36 เมตร มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 8,643.92 ตารางเมตร นับรวมพื้นที่ใช้สอย พื้นที่ทางเดิน โถงทางเดิน และพื้นที่ที่ดาดฟ้า มีบันไดที่สามารถขึ้น-ลงจากชั้น 5 สู่พื้นชั้น 1 จำนวนทั้งสิ้น 5 บันได (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แบบอาคารและตำแหน่งบันไดในอาคาร

2) การหาระยะเวลาการอพยพ

ทำการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder version 2023.1 โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลองอาคาร ห้องและส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ ประตู ทางเดิน บันได จากนั้นกำหนดพารามิเตอร์เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร ประกอบด้วย จำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละห้อง เพศ ช่วงอายุ ส่วนสูง ความกว้างของไหล่ ความเร็วในการเดิน และกำหนดพฤติกรรมการเลือกทางออกและกำหนดจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละห้อง ทั้งนี้ข้อมูลส่วนสูง ความกว้างของไหล่ และความเร็วในการเดิน ได้จากวรรณกรรม (Lee et al., 2019; Ramaiyan, 2014) และแสดงในตารางที่ 2-3 ส่วนข้อมูลอื่นๆ จะเป็นไปตามจริง

การจับเวลาสำหรับระยะเวลาการอพยพจะคิดจากระยะเวลาที่คนสุดท้ายเดินออกจากประตูสุดท้าย หรือระยะเวลาที่คนสุดท้ายเดินเข้าสู่บันไดหนีไฟที่ผนังทำจากวัสดุทนไฟ ดังนั้นในกรณีที่อาคารมีทั้งบันไดหนีไฟที่ผนังทำจากวัสดุทนไฟและบันไดทั่วไป และผู้ใช้อาคารเลือกใช้บันไดได้อย่างอิสระ ระยะเวลาการอพยพจะเป็นระยะเวลาที่คนสุดท้ายเดินออกจากประตูสุดท้ายที่มาจากบันไดที่ไม่ได้ทำจากผนังทนไฟ

ตารางที่ 2 ข้อมูลส่วนสูงและความกว้างของไหล่ของผู้ใช้อาคาร

ผู้ใช้อาคาร	**ความสูง (เซนติเมตร)**	**ความกว้างไหล่ (เซนติเมตร)**
เพศชาย	161.5-183.6	40.8-50.2
เพศหญิง	153.0-170.6	37.0-42.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lee et al. (2019)

ตารางที่ 3 ความเร็วในการเดิน

ผู้ใช้อาคาร	**ช่วงอายุ**	**ความเร็วการเดิน (เมตร/ วินาที)**		
		ทางราบ	**ลงบันได**	**ขึ้นบันได**
เพศชาย	น้อยกว่า 30 ปี	1.11-1.85	0.76-1.26	0.50-0.804
	30-50 ปี	0.97-1.62	0.64-1.07	0.47-0.709
	มากกว่า 50 ปี	0.84-1.4	0.5-0.84	0.38-0.604
เพศหญิง	น้อยกว่า 30 ปี	0.93-1.55	0.56-0.94	0.47-0.709
	30-50 ปี	0.71-1.19	0.49-0.81	0.44-0.704
	มากกว่า 50 ปี	0.56-0.94	0.45-0.75	0.37-0.601

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ramaiyan (2014)

ตารางที่ 4 สถานการณ์จำลองการอพยพ

กรณี	**จำนวนคนทั้งหมดในอาคาร**	**บันไดหนีไฟที่ใช้**	**จำนวนประตูของห้อง 1207 ที่เปิดใช้**	**จำนวนคนในห้อง 1207**
อพยพจริง	74	1, 2	0	0
1	74	1, 2	0	0
2	371	1, 2, 3, 4	0	0
3	371	1*, 2, 3, 4*	0	0
4	2,400 (600/FL)	1, 2, 3, 4	0	0
5	2,400 (600/FL)	1*, 2, 3, 4*	0	0
6	2,400 (600/FL)	1, 2, 3, 4	1	1000

กรณี	จำนวนคนทั้งหมดในอาคาร	บันไดหนีไฟที่ใช้	จำนวนประตูของห้อง 1207 ที่เปิดใช้	จำนวนคนในห้อง 1207
7	2,400 (600/FL)	1, 2, 3, 4, 5	1	1000
8	2,400 (600/FL)	1, 2, 3, 4	4	1000
9	2,400 (600/FL)	1, 2, 3, 4, 5	4	1000

หมายเหตุ [1]ตัวเลขที่มีเครื่องหมาย * กำกับ บ่งบอกถึงจำนวนบันได้ที่มีผนังทนไฟโดยรอบ ส่วนตัวเลขที่ไม่มีคือจำนวนบันไดที่ไม่มีผนังไฟโดยรอบ; [2]ค่าจริงนี้ได้จากการซ้อมอพยพหนีไฟจริงในเดือนสิงหาคม 2566

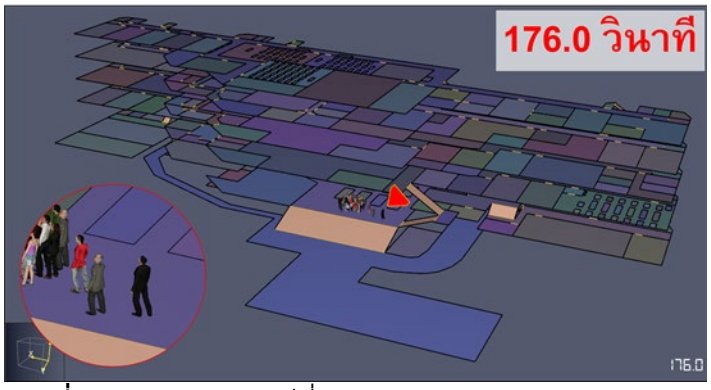
ในการศึกษานี้ได้กำหนดสถานการณ์การอพยพไว้ 9 สถานการณ์หรือกรณี (ตารางที่ 4)
กรณีที่ 1 เป็นสภาวะเดียวกับวันซ้อมอพยพหนีไฟจริงของอาคารฯ เมื่อ 25 สิงหาคม 2566 ที่มีผู้ใช้อาคาร 74 คน ใช้บันไดหนีไฟจำนวน 2 บันได จำนวนคนในชั้น 3-5 คือ 15 คนต่อชั้น ส่วนชั้น 2 มี 29 คน กำหนดให้ทุกคนยืนอยู่หน้าบันไดของแต่ละชั้น
กรณีที่ 2 และ 3 กำหนดให้มีผู้ใช้อาคาร 371 คน (คิดเป็น 100% ของผู้ใช้อาคารทั้งหมด) กระจายในแต่ละห้องและแต่ละชั้นตามข้อมูลจริง ใช้บันไดหนีไฟจำนวน 4 บันได แต่กรณีที่ 3 นั้นได้กำหนดให้บันไดที่ 1 และบันไดที่ 4 มีผนังทุกด้านโดยรอบทำด้วยวัสดุทนไฟ
กรณีที่ 4 และ 5 กำหนดให้มีผู้ใช้อาคาร 600 คน ต่อชั้น ใช้บันไดหนีไฟจำนวน 4 บันได แต่กรณีที่ 5 นั้นได้กำหนดให้บันไดที่ 1 และบันไดที่ 4 มีผนังทุกด้านโดยรอบที่ทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟ ทั้งนี้ 600 คนต่อชั้นนี้คือจำนวนคนสูงสุดที่จะมีในชั้นนั้นๆ สำหรับขนาดของบันไดหนีไฟและจำนวนบันไดหนีไฟในอาคารแห่งนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2559; National Fire Protection Association, 2021)
กรณีที่ 6 และ 7 กำหนดให้มีผู้ใช้อาคาร 600 คน ต่อชั้น มีผู้ใช้ห้อง 1207 จำนวน 1,000 คน (จำลองวันที่มีกิจกรรมรับน้องของนิสิต) และห้อง 1207 เปิดใช้ 1 ประตู โดยกรณีที่ 6 ใช้บันไดหนีไฟ 4 บันได ในขณะที่กรณีที่ 7 ใช้บันไดหนีไฟ 5 บันได (รวมบันไดทางลงที่ 5 ที่อยู่ติดกับห้อง 1207)
กรณีที่ 8 และ 9 กำหนดให้มีผู้ใช้อาคาร 600 คน ต่อชั้น มีผู้ใช้ห้องประชุม 1207 จำนวน 1,000 คน และห้อง 1207 เปิดใช้ประตูทั้งหมดที่มี (4 ประตู) โดยกรณีที่ 8 ใช้บันไดหนีไฟ 4 บันได ในขณะที่กรณีที่ 9 ใช้บันไดหนีไฟ 5 บันได (รวมบันไดทางลงที่ 5 ที่อยู่ติดกับห้อง 1207)
หมายเหตุ กรณีที่ 4-9 ร้อยละของคนที่กระจายในแต่ละชั้นและแต่ละห้องจะเป็นค่าเดียวกับข้อมูลจริง (ตารางที่ 1) ส่วนข้อมูลร้อยละของคนในแต่ละห้องไม่ได้แสดงในบทความนี้

ผลการศึกษา

ค่าระยะเวลาการอพยพที่ได้จากการจำลองโดย Pathfinder แสดงดังตารางที่ 5 โดยจะเห็นว่า การซ้อมแผนการอพยพหนีไฟจริงของผู้ใช้อาคารภาควิชาวิศวกรรมเคมีใช้เวลาในการซ้อมอพยพทั้งสิ้น 182 วินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการอพยพที่ได้จากการจำลองโดย Pathfinder (176 วินาที; กรณีที่ 1; ตารางที่ 5) ผลต่างนี้คิดเป็นร้อยละ 3 เทียบระยะเวลาอพยพจริง ผลที่ได้นี้จึงยืนยันความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ เช่น ความสูง และความเร็วในการเดิน เป็นต้น ค่าพารามิเตอร์นี้จึงได้นำไปใช้ในประเมินระยะเวลาการอพยพของกรณีที่ 2-9

ตารางที่ 5 เวลาการอพยพในแต่ละกรณี

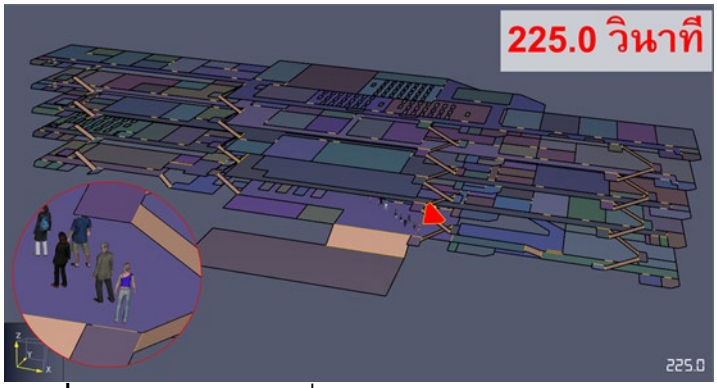
กรณี	ระยะเวลาอพยพ	
	วินาที	**นาที**
อพยพจริง	182.0	3.0
1	176.0	2.9
2	225.0	3.8
3	225.0	3.8
4	720.0	12.0
5	720.0	12.0
6	1147.5	19.1
7	782.5	13.0
8	1010.5	16.8
9	761.0	12.7



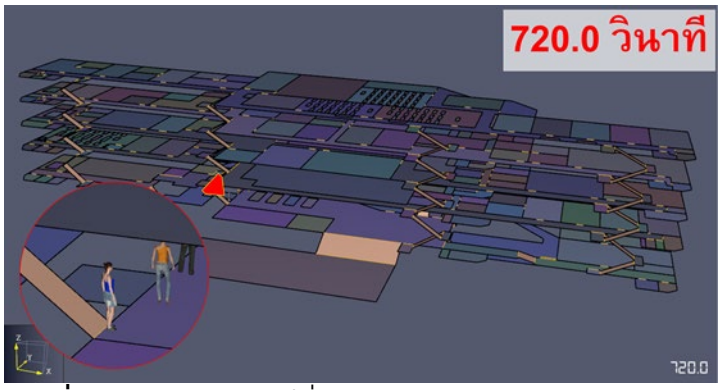
ภาพที่ 2 ผลการจำลอง กรณีที่ 1

กรณีที่ 2 เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ในช่วงที่เก็บข้อมูลนี้ ซึ่งระยะเวลาการอพยพที่ประมาณด้วย Pathfinder สูงกว่าระยะเวลาจริง 43 วินาที อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวก็ยังต่ำกว่าค่าที่กำหนดสำหรับอาคารสูง ซึ่งก็คือ 1 ชั่วโมง (กระทรวงมหาดไทย, 2535)

นอกจากนี้การเปลี่ยนบันได 1 และ 4 ให้เป็นผนังทนไฟ (กรณีที่ 3) ไม่สามารถลดระยะเวลาการอพยพได้เมื่อเทียบกับกรณีที่ 2 (ตารางที่ 5) ซึ่งมีสาเหตุจากผู้ใช้อาคารมีอิสระในการเลือกใช้บันไดหนีไฟ ปรากฏการณ์เดียวกันนี้ก็ยังพบในกรณีที่ 4 และ 5 ที่เพิ่มจำนวนผู้ใช้อาคารเป็น 2,400 คน (หรือ 600 คนต่อชั้น ซึ่งเป็นจำนวนสูงสุดที่มีได้ในแต่ละชั้น) อย่างไรก็ตามการที่จำนวนคนสูงสุดนี้ ระยะเวลาอพยพก็มีค่าเพียง 12 นาที (ตารางที่ 5) นั่นหมายความว่าคนยังอพยพได้อย่างปลอดภัย

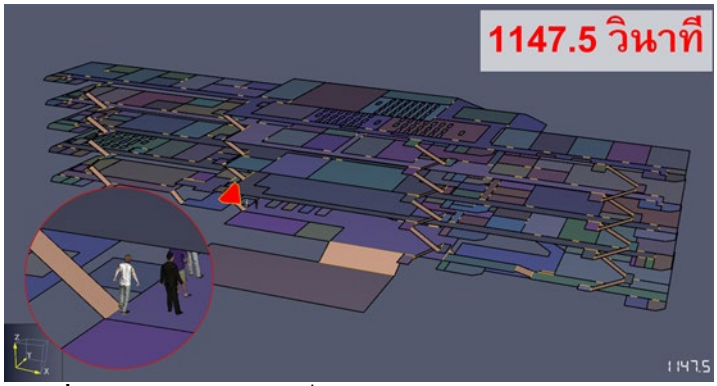


ภาพที่ 3 ผลการจำลอง กรณีที่ 2, 3

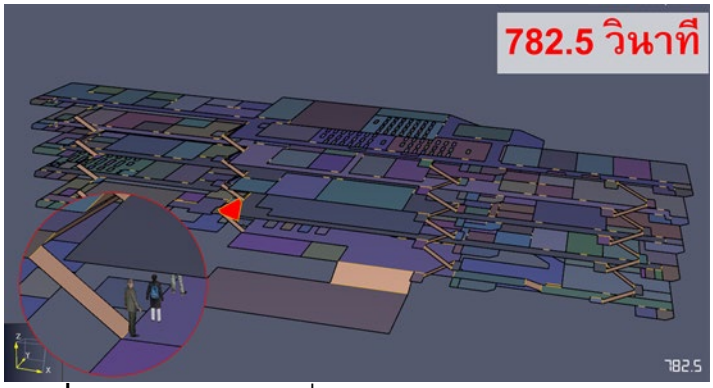


ภาพที่ 4 ผลการจำลอง กรณีที่ 4, 5

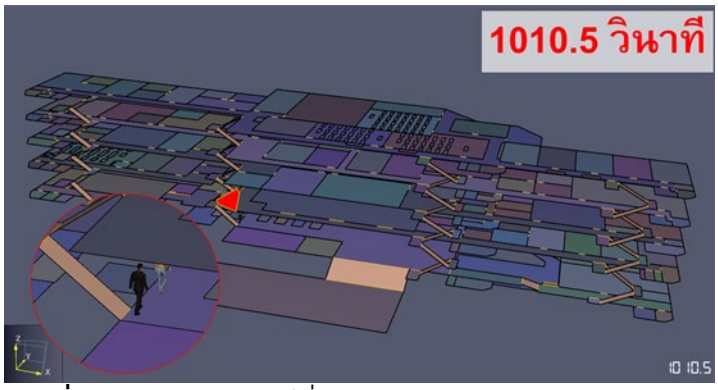
ในกรณีที่มีการทำกิจกรรมรับน้อง จำนวนคนที่ใช้ห้อง 1207 (ชั้น 2 ของอาคาร) สามารถสูงได้ถึง 1,000 คน เพื่อให้มั่นใจถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ผู้วิจัยจึงได้จำลองกรณีที่ 6-9 ขึ้นมา โดยเลือกกำหนดให้ทุกชั้นมีจำนวนคนสูงสุด (600 คนต่อชั้น) ด้วย (ตารางที่ 4) แต่ก็พบว่า ระยะเวลาการอพยพยังคงต่ำกว่า 1 ชั่วโมง (ตารางที่ 5) นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นได้ว่า ระยะเวลาการอพยพลดลงได้อีกเมื่อเปิดประตูห้อง 1207 มากขึ้น (ลด 12%) หรือเปิดบันไดหนีไฟที่ 5 (ลด 2%) ซึ่งเป็นผลจากการลดจำนวนคนในแต่ละบันไดหนีไฟ



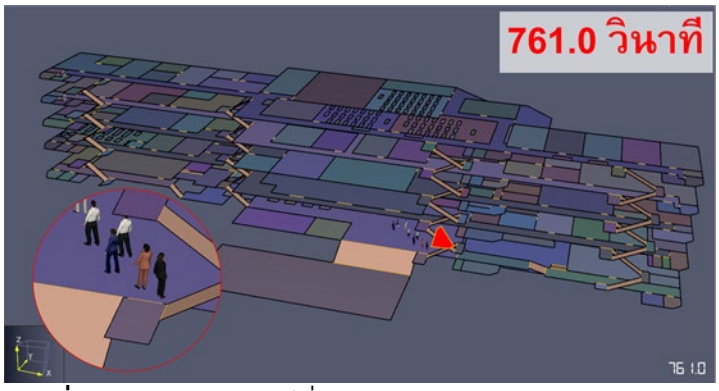
ภาพที่ 5 ผลการจำลอง กรณีที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการจำลอง กรณีที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการจำลอง กรณีที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการจำลอง กรณีที่ 9

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้โปรแกรม Pathfinder ประเมินระยะเวลาในการอพยพของผู้ใช้อาคาร โดยค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ (ส่วนสูงและความกว้างของไหล่ของผู้ใช้อาคาร) มีค่าเหมาะสม ซึ่งยืนยันได้จากระยะเวลาการอพยพที่จำลองจากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการอพยพจริง (ซึ่งแตกต่างกันเพียงร้อยละ 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ivanov et al. (2023) Rahman et al. (2020) ได้ทำการจำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Pathfinder เทียบระยะเวลากับการอพยพจริงได้ค่าใกล้เคียงกัน ผลของระยะเวลาการอพยพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กรณีจำนวนผู้ใช้อาคารอพยพพร้อมกันทั้งหมดเต็มจำนวนจริงที่มีอยู่ในปัจจุบัน (จำนวนคน 371 คน) มีค่าเท่ากับ 3.8 นาที ซึ่งไม่เกิน 1 ชั่วโมง ตามที่กฎหมายกำหนดไว้สำหรับอาคารสูงตั้งแต่ 23 เมตร ขึ้นไป (กระทรวงมหาดไทย, 2535) ซึ่งแสดงถึงความปลอดภัยของอาคารแห่งนี้ โดยไม่จำเป็นต้องปรับปรุงผนังของบันไดหนีไฟให้เป็นแบบทนไฟ

นอกจากนี้อาคารแห่งนี้ยังสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้อาคารได้ถึง 600 คนต่อชั้น (จำนวนคน 2,400 คน) ซึ่งคำนวณจากจำนวนคนสูงสุดที่เส้นทางหนีไฟจะสามารถรองรับได้จากขนาดและจำนวนของบันไดหนีไฟที่มีอยู่ (วสท, 2559) รวมทั้งยังสามารถรองรับผู้ใช้อาคารสำหรับวันที่มีการจัดกิจกรรมรับน้องที่มีจำนวนผู้ใช้อาคารเพิ่มอีก 1,000 คน (ในชั้นที่ 2) โดยไม่จำเป็นต้องใช้บันไดที่ 5 ที่อยู่ใกล้บริเวณจัดกิจกรรม เพราะระยะเวลาที่ใช้อพยพต่ำกว่า 20 นาที

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. (2535). *กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522*.

กระทรวงมหาดไทย. (2549). *กฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ.2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522*.

กระทรวงมหาดไทย. (2563). *กฎกระทรวงการแก้ไขอาคารที่มีสภาพหรือมีการใช้ที่อาจเป็นภยันตรายต่อสุขภาพ ชีวิต ร่างกายหรือทรัพย์สิน หรือก่อให้เกิดเหตุรำคาญ หรือผลกระทบประเทือนต่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2563*.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2567). *สถิติสาธารณภัย*. สืบค้นจาก https: //dpmreporter.disaster.go.th/portal/disaster-statistics.

เนชั่นกรุ๊ป. (2565). *ย้อนรอยไฟไหม้ครั้งใหญ่ในไทย*. สืบค้นจาก https: //www.springnews.co.th/news/821634.

พิพิธภัณฑ์แรงงานไทย. (2565). *ตุ๊กตาเคเดอร์ฯ จากเหตุการณ์เพลิงไหม้*. สืบค้นจาก https: //waymagazine.org/kader-industrial-fire-in-1993/.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (2559). *มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ศูนย์สื่อสารวาระทางสังคมและนโยบายสาธารณะองค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2566). *30 ปี "โศกนาฏกรรมเคเดอร์" ย้ำบทเรียนความปลอดภัยการทำงาน*.สืบค้นจาก https://theactive.net/news/lawrights-20230510/.

Lee, Y. C., Chen, C. H., & Lee, C. H. (2019). Body anthropometric measurements of Singaproean adult and elderly. *Measurement. 148*, 106949.

National Fire Protection Association. (2021). *NFPA 101 Life Safety Code*. National Fire Protection Association.

Ramaiyan, M. (2014). *Utilization of evacuation model for airports using risk based fire safety scenario*. M.S. Thesis. Lund University.

Thunderhead Engineering. (2023). *Pathfinder User Manual*. Retrieved from https://support.thunderheadeng.com/docs/pathfinder/2023-1/.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any

product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright: © 2024 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).