

การประเมินเวลาอพยพหนีไฟที่ปลอดภัย (RSET) โดยใช้ Pathfinder:

กรณีศึกษาอาคารดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายและผู้สูงอายุ

ณัฐยา มีชัย¹ อารุณ เกตุสาคร²

^{1, 2}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Nov 07, 2025

Revised: Nov 25, 2025

Accepted: Dec 09, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จำลองเวลาการอพยพหนีไฟที่ปลอดภัย (RSET) ในเวลากลางวันและกลางคืนเปรียบเทียบกับเวลาที่กฎหมายกำหนด 2) เพื่อเสนอแนะแนวทางการอพยพหนีไฟให้เหมาะสมกับพื้นที่ให้สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ในเวลาน้อยที่สุดโดยใช้โปรแกรม Pathfinder มีจำนวนผู้ใช้อาคารเวลากลางวัน 176 คน และเวลากลางคืน 79 คน วิธีการศึกษาจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ตามสถานการณ์สมมุติ 8 สถานการณ์ โดยแบ่งการศึกษออกเป็น 1) ตั้งค่าเวลาล่าช้าก่อนอพยพหนีไฟ (Delay time) และ 2) ไม่ตั้งค่าเวลาล่าช้าก่อนอพยพหนีไฟ (Delay time) ผลการศึกษาพบว่า ในเวลากลางวันสถานการณ์เพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้ายใช้เวลาในการอพยพหนีไฟนานที่สุด คือ 624.3 วินาที (10.4 นาที) และเวลากลางคืนใช้เวลาในการอพยพหนีไฟ โดยรวมนานที่สุด คือ 832.8 วินาที (13.9 นาที) เนื่องจากจำนวนเจ้าหน้าที่น้อยลงส่งผลให้เวลาการอพยพหนีไฟเพิ่มขึ้นและเมื่อไม่ได้กำหนดเวลาล่าช้าก่อนการอพยพหนีไฟ (Delay time) พบว่า เวลากลางวันสถานการณ์เพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้ายใช้เวลาในการอพยพหนีไฟนานที่สุด คือ 541 วินาที (9 นาที) และเวลากลางคืนใช้เวลาในการอพยพหนีไฟโดยรวมนานที่สุด คือ 767.3 วินาที (12.8 นาที) การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้ใช้อาคารใช้เวลาอพยพหนีไฟมากกว่า 300 วินาที (5 นาที) ซึ่งเกินเวลาที่กฎหมายกำหนด ยกเว้นสถานการณ์เพลิงไหม้ในพื้นที่ห้อง Pantry ชั้น 2 ในเงื่อนไขที่ไม่ได้กำหนด Delay time แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการลดเวลาล่าช้าก่อนการอพยพโดยสามารถนำผลการจำลองมาปรับปรุงแผนการอพยพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้

คำสำคัญ: เวลาอพยพหนีไฟที่ปลอดภัย, โปรแกรม Pathfinder, อาคารดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายและผู้สูงอายุ

Evaluation of Required Safe Egress Time (RSET) Using Pathfinder: A Case Study of a Hospice Palliative Care and Elderly Care Building

Nuttaya Meechai¹, Arroon Ketsakorn²

^{1,2}Faculty of Public Health, Thammasat University

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th2

Received: Nov 07, 2025

Revised: Nov 25, 2025

Accepted: Dec 09, 2025

Abstract

This study aimed to 1) simulate the safe evacuation time (RSET) during daytime and nighttime compared to the legal required time, and 2) to suggest improvements in the fire evacuation pattern to be appropriate for the area in order to evacuate people from the building in the least possible time. Pathfinder program was used for evacuation simulation during fire. There were 176 building occupants during the daytime and 79 at nighttime. This study simulated fire situations according to 8 hypothetical situations; 1) setting the delay time before evacuating (delay time) and 2) not setting the delay time before evacuating (delay time). The results showed that during the daytime, terminal patient wards had the longest RSET (624.3 s; 10.4 min), while at night the overall RSET was highest (832.8 s; 13.9 min). The increased RSET at night was attributable to reduced staffing levels. When delay time was excluded, terminal patient wards still exhibited the longest daytime RSET (541 s; 9 min), and the overall nighttime RSET remained the highest (767.3 s; 12.8 min). This study found that occupants required more than 300 seconds (5 minutes) to evacuate exceeding the legal time limit except for the fire scenario in the 2nd floor pantry room where no delay time was specified. These findings highlight the need to minimize evacuation delays and demonstrate how simulation results can inform improvements to evacuation planning.

Keywords: Required Safe Egress Time (RSET), Pathfinder, Hospice Palliative Care and Elderly Care Building

บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาอัคคีภัย เป็นหนึ่งในสาธารณภัยที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน [1] จากข้อมูลสถิติของศูนย์ข้อมูลสาธารณภัยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2562-2566 พบว่า อัคคีภัยเกิดขึ้นมากกว่า 4,559 ครั้ง มีความถี่การเกิดสูงสุดเมื่อเทียบกับ สาธารณภัยด้านอื่น ๆ มีผู้เสียชีวิตมากถึง 303 คน บาดเจ็บ 1,013 คน มูลค่าความเสียหายมากกว่า 1,300 ล้านบาท [2] ในแต่ละปีมีเหตุเพลิงไหม้ในโรงพยาบาลทั่วโลกมากกว่าหนึ่งพันครั้งและมีผู้บาดเจ็บจำนวนมากในโรงพยาบาลและสถาน พยาบาล จำเป็นต้องมีกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อการอพยพอย่างปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยทุกคนในโรงพยาบาลเมื่อเกิดเพลิงไหม้ [3] เหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นที่โรงพยาบาลแล้วทำให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำนวนมาก เช่น ไฟไหม้ที่โรงพยาบาล Sejong ประเทศเกาหลีใต้ เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 [4] และโรงพยาบาล Changfeng ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีนเมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 [5] สำหรับในประเทศไทย ตัวอย่างเหตุการณ์ไฟไหม้ที่เกิดขึ้นที่โรงพยาบาล สมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 [6] และโรงพยาบาลสถาบันโรคไตภูมิราชนครินทร์ กรุงเทพมหานคร เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 [7] ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์ไม่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

ไฟไหม้ในสถานพยาบาลสะท้อนความเสี่ยงที่แตกต่างจากอาคารสาธารณะทั่วไป ทั้งจากโครงสร้างอาคารหลายชั้นที่ซับซ้อน ระบบสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องกับก๊าซและออกซิเจนทางการแพทย์และลักษณะผู้ใช้อาคารที่ต้องพึ่งพาการช่วยเหลือจาก

เจ้าหน้าที่ แม้ว่าจะมีกฎข้อบังคับด้านความปลอดภัยจากอัคคีภัย แต่ยังไม่เพียงพอที่จะรับประกันความปลอดภัยของผู้อาศัยในอาคารทั้งหมด โดยเฉพาะในสถานพยาบาล บ้านพักคนชรา เป็นต้น ขั้นตอนการอพยพหนีไฟมีความซับซ้อนมากกว่าในอาคารทั่วไป เนื่องมาจากจำนวนผู้ป่วยที่ต้องได้รับความช่วยเหลือในการอพยพจำนวนมากหรือต้องใช้เวลาในการเตรียมผู้ป่วยสำหรับการอพยพ [8] จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม พบว่า ผู้ป่วยติดเตียงและผู้ป่วยที่เคลื่อนไหวได้จำกัดที่ต้องการความช่วยเหลือทางการแพทย์จะอพยพได้ยาก เนื่องจากความยากลำบากในการอพยพจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก [9] การอพยพหนีไฟในโรงพยาบาลเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนต้องมีกลยุทธ์ที่ชัดเจนและการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปกลยุทธ์ดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับความช่วยเหลือในการอพยพผู้ป่วยที่ไม่สามารถอพยพด้วยตนเองได้ การพัฒนาแผนการอพยพที่ปลอดภัยมีประสิทธิภาพและทันทั่วทั้ง ถือเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับโรงพยาบาล แม้ว่าการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกลยุทธ์การอพยพได้ แต่การดำเนินการในข้อจำกัดนั้นยากมาก ดังนั้น การจำลองการอพยพหนีไฟจึงเป็นไปได้มากกว่า เนื่องจากอาจนำไปสู่การอพยพที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น [10]

การอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างถูกต้องปลอดภัย ใช้เวลาไม่เกินตามที่กฎหมายกำหนด จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญในการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟ [11] กฎเกณฑ์ที่สำคัญที่จะรับประกันได้ว่าผู้ใช้อาคารสามารถอพยพได้อย่างปลอดภัยนั้นคือ ระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพโดยปลอดภัย (Required Safe Egress Time, RSET) ซึ่งต้องน้อยกว่าระยะเวลาที่สามารถอพยพได้โดยปลอดภัย (Available Safe

Egress Time, ASET) โดยนับตั้งแต่ไฟปะทุขึ้นไปจนถึงสามารถทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในอาคารได้ [12] มีงานวิจัยที่ศึกษาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในโรงพยาบาลผู้สูงอายุโดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในประเทศเกาหลี โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณจำนวนพนักงานที่เหมาะสมที่จะช่วยให้ทุกคนสามารถอพยพได้ในช่วงกลางวันที่มีพนักงานจำนวนมากและในช่วงกลางคืนที่มีพนักงานน้อย ผลการจำลองพบว่า จำนวนพนักงานที่ต้องการในเวลากลางคืนนั้นมากกว่าจำนวนพนักงานที่จำเป็นในเวลากลางวันเพื่อการอพยพอย่างปลอดภัย [13] การศึกษาการจำลองและเพิ่มประสิทธิภาพการอพยพหนีไฟของโรงพยาบาล Huoshenshan ประเทศจีนที่ใช้ BIM และ Pathfinder โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการช่วยเหลือผู้ป่วยวิกฤตจะใช้เวลาสูงกว่าการอพยพด้วยตนเองอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขนาดของทางออกสามารถลดปัญหาความแออัดของผู้อพยพได้อย่างมีประสิทธิภาพและการปรับการกระจายของบุคลากรจะช่วยลดเวลาในการอพยพได้อย่างมาก [14] สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟและการช่วยเหลือผู้ป่วยในอาคารโรงพยาบาลขนาดใหญ่โดยใช้โปรแกรม Pathfinder พบว่า สามารถเคลื่อนย้ายคนทั้งหมดออกจากอาคารได้ ภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง (3,600 วินาที) และได้เสนอแนะให้มีช่องทางการอพยพผ่านลิฟต์เพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีนี้สามารถลดเวลาการอพยพหนีไฟได้ [15]

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ามีหลายงานวิจัยในต่างประเทศที่นำโปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟมาทำการศึกษาในโรงพยาบาล แต่การศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟในโรงพยาบาลในประเทศไทยยังพบค่อนข้างน้อยและยังไม่มีการศึกษาในอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายและผู้สูงอายุที่

เคลื่อนไหวได้จำกัด ซึ่งต้องการความช่วยเหลือทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังไม่มีผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลากลางคืนที่มีปัจจัยในการอพยพหนีไฟแตกต่างจากเวลากลางวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเวลาในการอพยพหนีไฟ (RSET) โดยใช้โปรแกรม Pathfinder เพื่อประเมินความปลอดภัยสำหรับอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายและผู้สูงอายุและนำผลการศึกษามาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของแผนการอพยพหนีไฟในโรงพยาบาลให้มีความปลอดภัยมากขึ้นและสร้างความมั่นใจให้กับบุคลากรและผู้ป่วยว่าจะสามารถอพยพออกจากโรงพยาบาลได้อย่างปลอดภัยในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองเวลาการอพยพหนีไฟในเวลากลางวันและกลางคืนเปรียบเทียบกับเวลาที่กฎหมายกำหนด
2. เพื่อเสนอแนะปรับปรุงแนวทางรูปแบบการอพยพหนีไฟให้เหมาะสมกับพื้นที่เพื่อให้สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ในเวลาที่ น้อยที่สุด

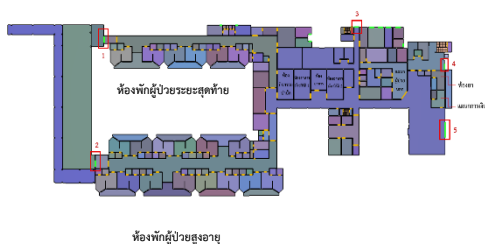
ระเบียบวิธีวิจัย

1. รูปแบบการศึกษาและพื้นที่ศึกษา

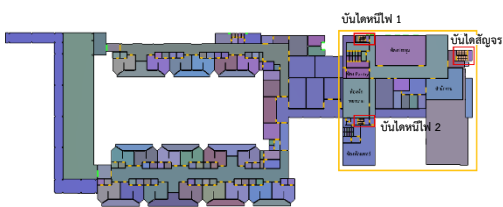
งานวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้โปรแกรม Pathfinder version 2025.1 ในการจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายและผู้สูงอายุ

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาแบบแปลนการใช้งานอาคาร ลักษณะอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษาเป็นอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้าย จำนวน 2 ชั้น พื้นที่อาคารทั้งหมด 4,014.8 ตารางเมตร โดยอาคารนี้มีเส้นทางหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคารได้แก่ ชั้น 1 มี 5 เส้นทางและชั้น 2 มี 3 เส้นทาง มีบันไดหนีไฟ จำนวน 2 บันได และบันไดสัจจรทั่วไป 1 บันได โดยภายในอาคารชั้น 1 ประกอบด้วยแผนกผู้ป่วยนอก ห้องกิจกรรมบำบัด ห้องพักผู้ป่วย ฯลฯ อาคารชั้น 2 ประกอบด้วยห้องประชุม ห้อง Pantry และห้องพักแพทย์/พยาบาล แสดงดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 อาคารชั้น 1



รูปที่ 2 อาคารชั้น 2

2.2 การเก็บข้อมูลผู้ใช้อาคาร

การบันทึกเก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้อาคาร ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2568 จนถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2568 เพื่อศึกษาข้อมูลลักษณะบุคคล ประเภทผู้ใช้อาคาร โดยแบ่งรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ใช้อาคาร

ชั้น	ประเภทผู้ใช้ อาคาร	จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)			
		กลางวัน		กลางคืน	
		ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1	พนักงานทั่วไป	8	26	0	2
	ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	4	25	0	8
	ผู้ป่วยใน (เคลื่อนย้ายด้วยรถเข็น)	0	40	0	40
	ผู้ป่วยใน (เคลื่อนย้ายด้วยเตียง)	0	6	0	6
	ผู้ป่วยนอก	8	8	0	0
	ผู้ติดตามผู้ป่วย	0	7	0	7
2	พนักงานทั่วไป	19	3	1	0
	ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	0	22	0	15
รวม		39	137	1	78
รวมทั้งหมด		176		79	

2.3 ศึกษาข้อมูลสำหรับการตั้งค่าการจำลองการอพยพหนีไฟในโปรแกรม Pathfinder

2.3.1 กำหนดประเภทและพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในโปรแกรม Pathfinder ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 กำหนดประเภทและพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร (เวลากลางวัน) ในโปรแกรม Pathfinder

ประเภทผู้ใช้ อาคาร	จำนวนผู้ใช้ อาคาร (คน)	พฤติกรรม (Behaviors)
พนักงานทั่วไป	56	Initial delay
		Go to exit
ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	51	Initial delay
		Assist
		Go to exit
ผู้ป่วยในที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้	46	Wait for assistant
		Wait (preparation time)
		Go to exit
ผู้ป่วยนอก	16	Initial delay
		Go to exit
ผู้ติดตามผู้ป่วย	7	Initial delay
		Go to exit

ตารางที่ 3 กำหนดประเภทและพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร (เวลากลางคืน) ในโปรแกรม Pathfinder

ประเภทผู้ใช้ อาคาร	จำนวนผู้ใช้ อาคาร (คน)	พฤติกรรม (Behaviors)
พนักงานทั่วไป	3	Initial delay Go to exit
ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	23	Initial delay Assist Go to exit
ผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้	46	Wait for assistant Wait (preparation time) Go to exit
ผู้ป่วยนอก	0	Initial delay Go to exit
ผู้ติดตามผู้ป่วย	7	Initial delay Go to exit

2.3.2 กำหนดขนาดรูปร่างของผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ความสูง [16] และความกว้างของไหล่ [17] ตามขนาดตัวมาตรฐานคนไทย ดังตารางที่ 4 โดยผู้ใช้อาคารกำหนดให้มีขนาดรูปร่างเป็นผู้ใหญ่

ตารางที่ 4 การกำหนดความสูงและกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร

ผู้ใช้อาคาร	ประเภท	ความสูง (ม.)		ความกว้างไหล่ (ซม.)	
		Min	Max	Min	Max
ผู้ใหญ่	Uniform	1.57	1.6949	35.0	43.0

2.3.3 กำหนดความเร็วในการอพยพหนีไฟ
ความเร็วในการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละประเภทจะมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะทางกายภาพและความเจ็บป่วยของผู้ใช้อาคารแต่ละประเภท โดยการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดความเร็วในการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละประเภทในโปรแกรม Pathfinder [18] ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกำหนดความเร็วในการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละประเภท

ประเภทผู้ใช้ อาคาร	ประเภท	ความเร็วในการอพยพ (เมตร/วินาที)			
		μ	σ	Min	Max
พนักงานทั่วไป	Normal	1.35	0.25	0.65	2.05
ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	Normal	1.35	0.25	0.65	2.05
ผู้ป่วยใน	Normal	0.63	0.04	0.51	0.75
เคลื่อนย้ายด้วยรถเข็น					
เคลื่อนย้ายด้วยเตียง	Normal	0.40	0.04	0.28	0.52
ผู้ป่วยนอก	Normal	0.95	0.32	0.246	1.654
ผู้ติดตามผู้ป่วย	Normal	1.2	0.2	0.6	1.8

2.3.4 กำหนดเวลาล่าช้าก่อนการอพยพ

หนีไฟ

กำหนดให้มีการตั้งค่าเวลาล่าช้าก่อนอพยพหนีไฟ (Delay Time) เพื่อเป็นเวลาสำหรับการรับรู้อันตรายจากสถานการณ์เพลิงไหม้ โดยกำหนดให้ผู้ใช้อาคารแต่ละประเภทมีเวลาก่อนการอพยพหนีไฟที่แตกต่างกัน [18] ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เวลาก่อนการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละประเภท

ประเภทผู้ใช้ อาคาร	ประเภท	เวลาก่อนการอพยพ (วินาที)			
		μ	σ	Min	Max
พนักงานทั่วไป	Log-normal	71	60	30	246
ทีมช่วยเหลือผู้ป่วย	Log-normal	43	6.44	30	60
ผู้ป่วยนอก	Log-normal	62.7	19.11	30	120
ผู้ติดตามผู้ป่วย	Log-normal	62.7	19.11	30	120

2.3.5 กำหนดเวลาสำหรับทีมช่วยเหลือใช้ในการเตรียมเคลื่อนย้ายเพื่ออพยพผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ [18] ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลาในการเตรียมเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ได้รับความช่วยเหลือ

ประเภทผู้ใช้ อาคาร	ประเภท	เวลาก่อนการอพยพ (วินาที)			
		μ	σ	Min	Max
ผู้ป่วยที่ต้องเคลื่อนย้ายด้วยรถเข็น/เตียง	Normal	110.0	36.0	99.2	120.8

2.3.6 การกำหนดขนาดอุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ โดยกำหนดเตียงและรถเข็นสำหรับผู้ป่วยตามขนาดจริง ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ประเภทอุปกรณ์และจำนวนทีมช่วยเหลือที่ใช้ในการอพยพผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้

ประเภท	ขนาด กว้าง x ยาว x สูง (เมตร)	จำนวนทีมช่วยเหลือสำหรับอพยพผู้ป่วย (คน)
เตียงผู้ป่วยใหญ่	0.9 x 2 x 1	2
รถเข็น	0.7 x 1.06 x 0.93	1

2.4 การกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้

ผลการประเมินความเสี่ยงการเกิดอัคคีภัยพบว่า ระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก จึงนำมากำหนดเป็นสถานการณ์จำลองการเกิดเพลิงไหม้ตามสถานการณ์สมมุติ เนื่องจากพื้นที่มีเชื้อเพลิง Class A (เชื้อเพลิงทั่วไป เช่น เตียงผู้ป่วย ผ้าปูเตียง เฟอร์นิเจอร์ไม้ ฯลฯ) และ Class K (น้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหาร) รายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สถานการณ์จำลองการเกิดเพลิงไหม้

สถานการณ์	สถานการณ์จำลอง	ช่วงเวลา	ตำแหน่ง ต้นเพลิง
S1-1	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องประชุม ชั้น 2 สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่ปลั๊กไฟทำให้เกิดประกายไฟลุกลามอย่างรวดเร็วไปยังพรมที่อยู่บนเวที บันไดสลิจอร์ไม่สามารถใช้งานได้	กลางวัน	ห้องประชุมใหญ่
S1-2	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องประชุม ชั้น 2 (ไม่มีคนใช้งาน) สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่ปลั๊กไฟทำให้เกิดประกายไฟลุกลามอย่างรวดเร็วไปยังพรมที่อยู่บนเวที บันไดสลิจอร์ไม่สามารถใช้งานได้	กลางคืน	ชั้น 2
S2-1	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ชั้น 2 สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่เตาแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้ไฟลุกลามอย่างรวดเร็วบนเคาน์เตอร์ไม้เนื่องจากมีน้ำมันกระเด็นอยู่บนเคาน์เตอร์	กลางวัน	ห้อง Pantry ชั้น
S2-2	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ชั้น 2 สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่เตาแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้ไฟลุกลามอย่างรวดเร็วบนเคาน์เตอร์ไม้เนื่องจากมีน้ำมันกระเด็นอยู่บนเคาน์เตอร์	กลางคืน	2
S3-1	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพัสดุผู้ป่วยระยะสุดท้าย สาเหตุเกิดจากที่ชาร์จแบตเตอรี่มือถือที่วางชาร์จอยู่บนเก้าอี้โซฟาไม่ได้มาตรฐานทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูทางออกฝั่งห้องพัก 1 ไม่สามารถใช้งานได้ 1 ประตู	กลางวัน	ห้องพัสดุผู้ป่วยระยะสุดท้าย
S3-2	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพัสดุผู้ป่วยระยะสุดท้าย สาเหตุเกิดจากที่ชาร์จแบตเตอรี่มือถือที่วางชาร์จอยู่บนเก้าอี้โซฟาไม่ได้มาตรฐานทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูทางออกฝั่งห้องพัก 1 ไม่สามารถใช้งานได้ 1 ประตู	กลางคืน	(ห้องพัก 1) ชั้น 1
S4-1	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพัสดุผู้ป่วยสูงอายุ สาเหตุเกิดจากที่ชาร์จแบตเตอรี่มือถือที่วางชาร์จอยู่บนเก้าอี้โซฟาไม่ได้มาตรฐานทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูทางออกฝั่งห้องพัก 13 ไม่สามารถใช้งานได้ 1 ประตู	กลางวัน	ห้องพัสดุผู้ป่วยสูงอายุ
S4-2	เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพัสดุผู้ป่วยสูงอายุ สาเหตุเกิดจากที่ชาร์จแบตเตอรี่มือถือที่วางชาร์จอยู่บนเก้าอี้โซฟาไม่ได้มาตรฐานจึงทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูทางออกฝั่งห้องพัก 13 ไม่สามารถใช้งานได้ 1 ประตู	กลางคืน	(ห้องพัก 13) ชั้น 1

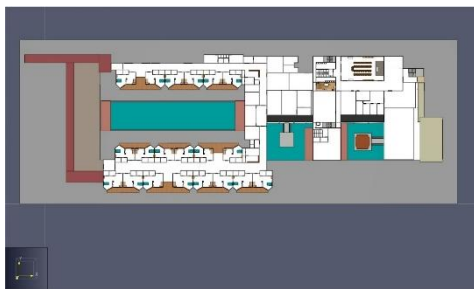
2.5 วาดแบบจำลองอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยแบบ
ประคับประคองและผู้สูงอายุ

วาดแบบจำลองอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยแบบ
ประคับประคองและผู้สูงอายุตามแบบแปลนอาคาร

โดยใช้โปรแกรม Pyrosim version 2025.1 สร้าง
ห้องและส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารให้ใกล้เคียง
กับอาคารจริง แสดงดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 แบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Pyrosim
(แบบ 3 มิติ)



รูปที่ 4 แบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Pyrosim
(แบบ 2 มิติ)

2.6 สร้างเส้นทางหนีไฟและประตูทางออกโดยใช้โปรแกรม Pathfinder

นำเข้าโมเดลอาคารจำลองจากโปรแกรม Pyrosim และสร้างเส้นทางหนีไฟ ประตูทางออกบันไดและลิฟต์ โดยกำหนดขนาดตามแปลนจริง แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โมเดลจำลองอาคารด้วยโปรแกรม
Pathfinder

2.7 จำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder

โดยกำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร ลักษณะความกว้างไหล่ของผู้ใช้อาคาร ความเร็วในการอพยพของผู้ใช้อาคารตามข้อมูลที่ศึกษามาจากข้างต้น โดยกำหนดพฤติกรรมของผู้อพยพให้เป็นแบบ Steering ซึ่งมีการเคลื่อนไหวโดยเว้นระยะห่างระหว่างตัวบุคคลและเคลื่อนไหวอย่างอิสระ เป็นไปตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม [19] จำลองเวลาการอพยพ 600-1,000 วินาที และจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ครบทั้ง 8 สถานการณ์ที่กำหนด (กลางวันและกลางคืน) แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แบบจำลองด้วยโปรแกรม Pathfinder

ผลการวิจัย

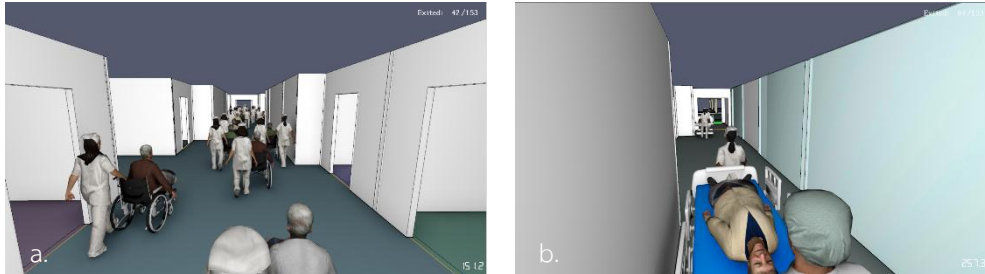
การจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง (Palliative Care) ด้วยโปรแกรม Pathfinder ทั้ง 8 สถานการณ์ ช่วงเวลากลางวัน พบว่า สถานการณ์ที่ S2-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ชั้น 2 ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคารน้อยที่สุด คือ 356.8 วินาที (5.9 นาที) ในขณะที่สถานการณ์ที่ S3-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ชั้น 1 ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคารมากที่สุด คือ 624.3 วินาที (10.4 นาที) ช่วงเวลากลางคืน พบว่า สถานการณ์ที่ S2-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคารน้อยที่สุด

คือ 569.5 วินาที (9.5 นาที) ในขณะที่สถานการณ์ที่ S3-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคาร มากที่สุด คือ 832.8 วินาที (13.9 นาที) และเมื่อไม่มีการกำหนดเวลาลำช้าหรือช่วงเวลาก่อนการอพยพ (Delay time) ซึ่งเป็นเวลาสำหรับการรับรู้อันตรายจากสถานการณ์เพลิงไหม้ ช่วงเวลากลางวันพบว่า สถานการณ์ที่ S2-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ชั้น 2 ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคาร น้อยที่สุด คือ 230.5 วินาที (3.8 นาที) ในขณะที่สถานการณ์ที่ S3-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ชั้น 1 ใช้เวลาในการ

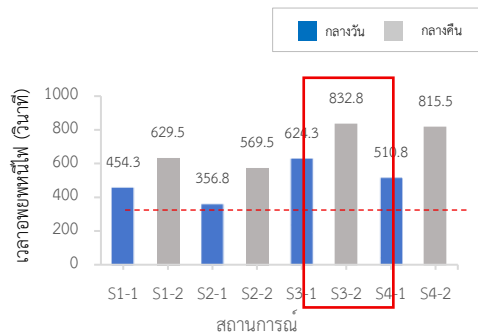
อพยพออกจากอาคารมากที่สุด คือ 541 วินาที (9 นาที) ช่วงเวลากลางคืน พบว่า สถานการณ์ที่ S2-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้อง Pantry ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคารน้อยที่สุด คือ 439 วินาที (7.3 นาที) ในขณะที่สถานการณ์ที่ S3-1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ใช้เวลาในการอพยพออกจากอาคาร มากที่สุด คือ 767.3 วินาที (12.8 นาที) แสดงดังตารางที่ 10 และรูปที่ 7 และกราฟเปรียบเทียบผลการจำลองอพยพหนีไฟช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9

ตารางที่ 10 ผลการจำลองเวลาการอพยพหนีไฟในแต่ละสถานการณ์

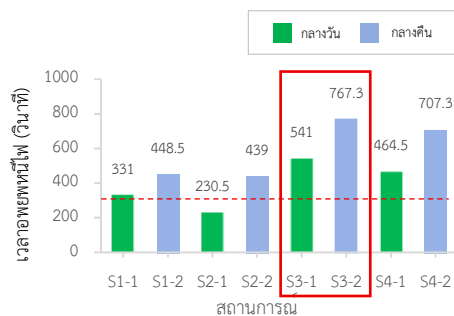
สถานการณ์	แหล่งต้นเพลิง	ช่วงเวลา	เวลาอพยพหนีไฟ (วินาที/นาที)		ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
			กำหนด Delay time	ไม่กำหนด Delay time	
S1-1	ห้องประชุมใหญ่ ชั้น 2	กลางวัน	454.3 / 7.6	331 / 5.5	-27.1
S1-2	ห้องประชุมใหญ่ ชั้น 2	กลางคืน	629.5 / 10.5	448.5 / 7.5	-28.8
S2-1	ห้อง Pantry ชั้น 2	กลางวัน	356.8 / 5.9	230.5 / 3.8	-35.4
S2-2	ห้อง Pantry ชั้น 2	กลางคืน	569.5 / 9.5	439 / 7.3	-22.9
S3-1	ห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ชั้น 1	กลางวัน	624.3 / 10.4	541 / 9.0	-13.3
S3-2	ห้องพักผู้ป่วยระยะสุดท้าย (ห้องพัก 1) ชั้น 1	กลางคืน	832.8 / 13.9	767.3 / 12.8	-7.9
S4-1	ห้องพักผู้ป่วยสูงอายุ (ห้องพัก 13) ชั้น 1	กลางวัน	510.8 / 8.5	464.5 / 7.7	-9.1
S4-2	ห้องพักผู้ป่วยสูงอายุ (ห้องพัก 13) ชั้น 1	กลางคืน	815.5 / 13.6	707.3 / 11.8	-13.3



รูปที่ 7 ภาพการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder เวลากลางวันและกลางคืน (กำหนด Delay time)



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder เวลากลางวันและกลางคืน (ไม่ได้กำหนด Delay time)

สรุปและอภิปรายผล

การจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟของอาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองด้วยโปรแกรม Pathfinder ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ในการจำลองการอพยพคนโดยการจำลองพฤติกรรมและการเคลื่อนที่ของผู้คนในอาคารเพื่อประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟ (RSET) และผลของมาตรการต่างๆ ต่อความปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคารจากการวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการอพยพหนีไฟพบว่า ในช่วงเวลากลางวันใช้เวลาในการอพยพหนีไฟนานที่สุดในสถานการณ์เพลิงไหม้ที่บริเวณห้องพักรักษาผู้ป่วยระยะสุดท้าย (S3-1) คือ 624.3 วินาที (10.4 นาที) ซึ่งเป็นผู้ป่วยกลุ่มเปราะบางที่มีข้อจำกัดไม่สามารถอพยพได้ด้วยตนเองต้องอาศัยการพึ่งพาช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่โดยการเคลื่อนย้ายด้วยเตียงและมีประตู/เส้นทางหนีไฟที่ไม่สามารถใช้งานได้ทำให้ลดประสิทธิภาพในการอพยพหนีไฟ ขณะที่เพลิงไหม้ในพื้นที่ห้อง Pantry (ชั้น 2) (S2-1) ให้เวลารวมในการอพยพหนีไฟ (RSET) น้อยที่สุด คือ 356.8 วินาที (5.9 นาที) เนื่องจากผู้ที่อยู่ในพื้นที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตนเองมากกว่าและมีทางออกหรือประตูหนีไฟที่พร้อมใช้งานมากกว่าและตำแหน่งที่เกิดเพลิงไหม้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อเวลาในการอพยพออกจากอาคารโรงพยาบาล

เวลาในการอพยพจะสูงที่สุดเมื่อเกิดเพลิงไหม้ที่ชั้นล่างของอาคารโรงพยาบาลและผลการศึกษาพบว่า กลางคืนใช้เวลาในการอพยพหนีไฟนานที่สุด โดยสถานการณ์เพลิงไหม้ที่บริเวณห้องพัสดุผู้ป่วยระยะสุดท้าย (S3-2) ใช้เวลาในการอพยพหนีไฟ โดยรวม นานที่สุด คือ 832.8 วินาที (13.9 นาที) และสถานการณ์เพลิงไหม้ที่บริเวณห้อง Pantry (ชั้น 2) (S2-2) ใช้เวลาในการอพยพหนีไฟน้อยที่สุด ในช่วงเวลากลางคืน คือ 569.5 วินาที (9.5 นาที) เนื่องจากจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ทีมช่วยเหลือน้อยลง (กลางวันจำนวน 51 คน และกลางคืน จำนวน 23 คน) และการกระจายไม่ทั่วถึงทำให้การเข้าถึงผู้ป่วยช้าลงและต้องอพยพแบบ One-to-many (เจ้าหน้าที่หนึ่งคนรับผิดชอบผู้ป่วยหลายราย) และการอพยพแบบ “Assisted Evacuation” หรือ การอพยพแบบช่วยเหลือทำให้ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มลดลงและเกิดการสะสมตัวบริเวณประตูมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เวลารอออกจากประตูเพิ่มขึ้นและกลายเป็นจุดคอขวดหลักของระบบเส้นทางหนีไฟ ส่งผลให้เวลาการอพยพหนีไฟเพิ่มขึ้นอย่างเป็นระบบและผลของอัตรากำลังที่มีความแตกต่างกันระหว่างเวลากลางวันและกลางคืนแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในทุกคู่สถานการณ์การจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2022) [14] ที่พบว่าการอพยพแบบมีการช่วยเหลือจะใช้เวลามากกว่าการอพยพด้วยตนเองอย่างมีนัยสำคัญและงานวิจัยของ Hunt et al. (2020) [20] ที่พบปัญหาคอขวดที่ประตูและบันไดเด่นชัดยิ่งขึ้นเมื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยด้วยเตียงหรือรถเข็น เนื่องจากต้องชะลอความเร็วขณะผ่านกรอบประตูและช่วงขานบันไดส่งผลให้อัตราการไหลของผู้อพยพลดลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yokouchi et al. (2017)

[21] และ Shaikh et al. (2024) [22] ที่ศึกษาพบว่า ช่วงกลางคืนในสถานพยาบาลมักใช้เวลาอพยพนานกว่าเพราะกำลังคนน้อยและผู้พักอาศัยจำนวนมากกำลังนอนหลับจึงเพิ่มเวลารับรู้ เตรียมพร้อมและทำให้การอพยพแบบช่วยเหลือเกิดคอขวดมากขึ้น โดยแบบจำลองในโรงพยาบาลและบ้านพักผู้สูงอายุพบว่าเมื่อจำนวนเจ้าหน้าที่ลดลง เวลาอพยพหนีไฟจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและการเสริมเจ้าหน้าที่เพียงเล็กน้อยช่วยลดเวลาได้จริงและปัญหากำลังคนจำกัดส่งผลให้กระบวนการอพยพช้ากว่าเวลากลางวันเสมอ [23] และในการจำลองการอพยพหนีไฟ เมื่อไม่มีการกำหนด “Delay time” คือ เวลาล่าช้าหรือช่วงเวลาก่อนการอพยพหรือการลด pre-movement time ทำให้เวลาอพยพหนีไฟลดลงอย่างเด่นชัดทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน (ร้อยละ 21.2 และ 18.2 ตามลำดับ)

การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ผู้ใช้อาคารใช้เวลาในการอพยพหนีไฟมากกว่า 300 วินาที (5 นาที) ซึ่งเกินระยะเวลาที่กฎหมายกำหนด ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 [24] ยกเว้นสถานการณ์ที่เกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ห้อง Pantry ชั้น 2 ในเงื่อนไขที่ไม่มีการกำหนด Delay time สะท้อนให้เห็นว่าตำแหน่งต้นเพลิงและความพร้อมของทางออกหรือบันไดรวมถึงช่วงเวลาก่อนการอพยพ (Pre-movement time) เป็นตัวกำหนด RSET อย่างมีนัยสำคัญและในช่วงเวลากลางคืนที่มีทีมเจ้าหน้าที่ช่วยเหลือน้อยกว่าพบว่าเวลารวมในการอพยพหนีไฟจะสูงกว่าเวลากลางวันทุกสถานการณ์แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของสัดส่วนบุคลากรต่อสมรรถนะการ

อพยพโดยรวม

โดยสรุปผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเวลาอพยพหนีไฟที่ปลอดภัยถูกกำหนดโดยสามปัจจัยหลัก ได้แก่ ช่วงเวลาก่อนการอพยพ (Pre-movement time) อัตราการสั่งเจ้าหน้าที่ (โดยเฉพาะกะกลางคืน) และความแออัดของประตูทางออกและตำแหน่งต้นเพลิงเป็นตัวกำหนดหลักของ RSET ในอาคารที่ต้องมีการพึ่งพาการช่วยเหลือสูง ดังนั้นแผนการอพยพหนีไฟที่ดีที่สุดคือการลด Pre-movement time อย่างเป็นระบบผ่านสัญญาณการแจ้งเตือนหรือการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพ การเสริมกำลังและจัดทีมเจ้าหน้าที่โดยเฉพาะกะกลางคืนรวมถึงการลดปัญหาความแออัดบริเวณประตูทางออกซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการลดค่า RSET ให้น้อยลงเพื่อยกระดับความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารศูนย์ดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง การศึกษาการจำลองอพยพหนีไฟนี้เป็นกรณีศึกษาอาคารเดียว โดยอาศัยพารามิเตอร์พฤติกรรม ความเร็ว เวลาเตรียมการอพยพตามค่าที่ตั้งในโปรแกรมและเอกสารอ้างอิง ซึ่งแม้ว่ามีความเหมาะสมกับบริบทของไทยที่กำหนด (ความสูง ความกว้างไหล่ ความเร็ว ฯลฯ) แต่ยังเป็นการประมาณการเชิงแบบจำลอง อีกทั้งผลที่นำเสนอในกรอบของค่า RSET โดยไม่ได้วิเคราะห์ค่า ASET (เงื่อนไขควัน อุณหภูมิ และก๊าซพิษ) ควบคู่ไปด้วย หากมีการจำลองร่วมกับการจำลองการเกิดไฟไหม้ (FDS) จะเพิ่มความเที่ยงตรงเชิงวิศวกรรมและที่น่าเชื่อถือเชิงนโยบายของผลลัพธ์และสามารถนำผลจากการจำลองมาปรับปรุงแผนการอพยพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติที่อนุญาตให้ดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัยที่ศูนย์ธรรมศาสตร์ ธรรมรักษ์ ทำให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

References

- [1] National Disaster Warning Center, *National Disaster Prevention and Mitigation Plan 2021- 2027*. [Online] . Available: <https://ndwc.disaster.go.th/ndwc/cms/2744?id=44525>. [Accessed: Dec. 10, 2024].
- [2] Department of Disaster Prevention and Mitigation, “Disaster Statistics,” [Online]. Available: <https://dpmreporter.disaster.go.th/portal/disaster-statistics>. [Accessed: Dec. 15, 2024].
- [3] N. Chiangaek and S. Patvichaichod, “Fire evacuation and patient assistance simulation in a large hospital building,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*: Vol.715, 2020.
- [4] THE STANDARD, “Fire at a hospital in South Korea kills at least 31 people,” 26 January 2018. [Online] . Available: <https://thestandard.co/fire-at-a-hospital-in-south-korea/>. [Accessed: Dec. 3, 2024].

- [5] THE STANDARD, “Fire at Beijing Hospital Kills 29, China Orders Immediate Detention of Those Involved,” 19 April 2023. [Online]. Available: <https://thestandard.co/fire-hospital-beijing-29-killed/>. [Accessed: Dec. 3, 2024].
- [6] Thairath Online, “Fire extinguished in the 150-year-old building of Somdej Na Sriracha Hospital. Suspected electrical short circuit.,” 14 August 2023. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th/news/local/east/2717243>. [Accessed: Dec. 3, 2024].
- [7] Thairath Online, “Fire at Bhumibol Adulyadej Hospital's Kidney Institute, patients evacuated in chaos, no injuries or deaths,” 7 July 2024. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th/news/crime/2798916>. [Accessed: Dec. 4, 2024].
- [8] Anass Rahouti, Selim Datoussaïd, and Rug-giero Lovreglio, “A Sensitivity Analysis of a Hospital Evacuation in Case of Fire: The impact of the percentage of people with reduced mobility and the staff to occupant’s ratio,” in *Fire and Evacuation Modeling Technical Conference*, Spain, 2016.
- [9] Nuno Coelho, António Correia, & Susana Meneses, “Fire Safety in Hospital Buildings, with Performance-Based Analysis,” in *Fire and Evacuation Modeling Technical Conference (FEMTC)*, 2022.
- [10] I. M. Abir, A. M. Ibrahim, S. F. Toha and A. A. Shafie, “A review on the hospital evacuation simulation models,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 77, 2022.
- [11] P. Sriphothong and W. Bunpeng; “A study of fire evacuation at Suvarnabhumi Institute of Technology using a fire dynamics program,” *Journal of Science and Technology, Pathumthani University*, no. 1, pp. 33-47, 2021.
- [12] W. Pitharat and C. Kittichaikarn, “Application of fire dynamics program to study fire evacuation. Case study: Distribution center of Home Product Center Public Company Limited,” *Kasetsart Engineering Journal*, vol. 30, no. 99, pp. 25-38, 2017.
- [13] Lee, Hong-Sang & Kong, Ha-Sung, “An Analysis of the Appropriate Number of Workers in Elderly Care Hospital by Pathfinder in Korea,” *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TUR-COMAT)*, vol. 12, no. 5, pp. 340-350, 2021.

- [14] Liujia Wang, Zishu Xiang, Yaxing Chen, Dalin Li and Jian Wang, “Simulation and Optimization of Emergency Evacuation of Huoshenshan Hospital Based on BIM and Pathfinder,” in *SHS Web of Conferences*, 2022.
- [15] H. Boonngam and S. Patvichaichod, “Fire evacuation and patient assistance simulation in a large hospital building,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*: Vol. 715, 2020.
- [16] Size Thailand, “Adult height,” [Online]. Available: <http://www.sizethailand.org>.
- [17] S. Phonasa, “Standard body size for Thai people,” [Online]. Available: <https://research.rmutt.ac.th/2013/03/01/>. [Accessed: Oct. 10, 2025].
- [18] Tinaburri A, Ponziani FA, Ricci V., “Agent based modeling of meta-communication with assisted people during emergency egress,” in *Proceedings of the Fire and Evacuation Modeling Technical Conference (FEMTC 2018)*, Gaithersburg, MD, USA, 2018.
- [19] P. Suthangkornkul and C. Plengsa-ard,, “Fire simulation and evacuation: a case study of commercial airport buildings,” in *The 16th National Graduate Research Conference*, 2021.
- [20] Aoife L. E. Hunt and Steven M. V. Gwynne, “Simulating Movement Devices Used In Hospital Evacuation,” *Fire Technology*, vol. 56, pp. 2209-2240, 2020.
- [21] Yokouchi M, Hasegawa T, Sasaki T, Gaku M, Murata S, Mizuno T, et al, “Operations analysis of hospital ward evacuation using crowd density model with occupancy area and velocity by patient type,” in *Proceedings of the Winter Simulation Conference (WSC)*, 2017.
- [22] Mohsin Ali Shaikh, Rehmat Karim , Nashiru Mumuni Daniel and Mujeeb Ali Khan, “Fire safety status and evacuation of medical facility considering elevated oxygen concentrations,” *Heliyon*, no. 10, 2024.
- [23] Chen Wang, Yutong Tang, Mukhtar A. Kassem, Heng Li and Zhizhan Wu, “Fire evacuation visualization in nursing homes based on agent and cellular automata.,” *Journal of Safety Science and Resilience*, no. 2, pp. 181-198, 2021.
- [24] Royal Gazette, *Ministerial Regulations on Standards for Administration, Management and Operation of Safety, Occupational Health and Working Environment in Regarding Fire Prevention and Suppression*, B.E. 2555, Vol. 130, pp. 24-34, Jan. 9, 2013.