



## การจำลองเพลิงไหม้ และการจำลองอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคาร: กรณีศึกษาอาคารสูงของโรงเรียน

### A Simulation of Fire and Evacuation of School Building Users:

#### A Case Study of High-rise School Building

พัศตร์ประไพ พุดซ้อน\* และ เฉลิมพล เปล่งสะอาด

Pakprapai Putsorn\* and Chalearnpol Plengsaard

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

\*Corresponding author, E-mail: p.putsorn@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2. เพื่อจำลองและเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟ 3 รูปแบบ ได้แก่ การอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม, การอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน และการอพยพโดยให้แต่ละบันไดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกัน ทำการศึกษาที่อาคารเรียนที่มีความสูง 36.2 เมตร มีบันไดทั้งหมด 3 บันได มีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 2,867 คน คำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code โดยใช้โปรแกรม Pyrosim ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ พบว่าอุณหภูมิบริเวณที่เกิดเหตุเพลิงไหม้จะเป็นอันตรายต่อผู้อพยพภายในเวลาเพียง 78 วินาที และค่าก้ำกัซพิช (Fractional Effective Dose; FED) มีค่า 0.3 ที่เวลา 1,825 วินาที ซึ่งค่าก้ำกัซพิช (FED) ที่วัดได้ต้องมีค่าไม่เกิน 0.3 ผู้อพยพจึงจะมีความปลอดภัย และทำการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder พบว่า พฤติกรรมการอพยพโดยให้แต่ละบันไดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกันใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด คือ 2369.8 วินาที รองลงมาเป็นการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน คือ 2688.8 วินาที และสุดท้ายเป็นการอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม คือ 3116 วินาที พฤติกรรมการอพยพทั้ง 3 รูปแบบ ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมงตามที่กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) กำหนด ดังนั้นการอพยพหนีไฟในอาคารนี้สอดคล้องตามกฎหมาย

**คำสำคัญ:** การจำลองเพลิงไหม้, การจำลองการอพยพหนีไฟ, อาคารสูง

#### Abstract

This research aims to 1) simulate the fire in the laboratory, 2) compare 3 different types of scenarios fire evacuation time which are evacuation according to the program's default setting, evacuation according to the training plan of the school and evacuation by assigning similar number of occupants in each stair (our suggestion). The study was done using a model of a high-rise school building. The building was 36.2 m. high and has 3 exit



stairs. The maximum number of occupants in the building was 2,867 people which was calculated in accordance to NFPA 101, Life Safety Code. The Pyrosim software was used to simulate the fire in the laboratory. The result showed that the temperature would be dangerous to the occupants within 78 seconds and the fractional effective dose (FED) was 0.3 at 1825 second. The FED value must not exceed 0.3, then the occupants would be safe. The simulations of 3 different types of fire evacuation were done by the Pathfinder software. The result showed that the evacuation according to our suggestion was the fastest (2369.8 seconds), followed by the evacuation according to the training plan of school (2688.8 seconds), and the last one was the evacuation from the program's default setting (3116 seconds). All scenarios could evacuate under 1 hour as prescribed by the Ministerial Regulation No. 33 (B.E. 2535). Therefore, fire evacuation in this building was in accordance with the law.

**Keywords:** Fire Simulation, Fire Evacuation Simulation, High-rise Building

## 1. บทนำ

อุบัติเหตุเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดคิด ซึ่งแต่ละครั้งก็นำมาซึ่งความเสียหายทั้งต่อร่างกายและทรัพย์สินอย่างเป็นจำนวนมาก จากสถานการณ์อัคคีภัยของประเทศไทย พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ.2560 มีอัคคีภัยเกิดขึ้นกว่า 58,000 ครั้ง มีผู้เสียชีวิตกว่า 2,000 คน และมีผู้ได้รับบาดเจ็บกว่า 5,200 คน มูลค่าความเสียหายรวมแล้วกว่า 40,000 ล้านบาท โดยเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในวัด/โรงเรียน/สถานที่ราชการกว่า 3,000 ครั้ง (ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย, 2562) นอกเหนือจากอัคคีภัยแล้วอุบัติเหตุอื่นก็มีความรุนแรงไม่ต่างกัน ดังนั้น หากมีการเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ฉุกเฉินก็จะช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้เป็นอย่างมาก

โรงเรียนเป็นสถานที่ที่มีผู้ใช้อาคารเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเด็กที่ยังขาดความเข้าใจในหลักของความปลอดภัย และขาดประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาหากเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน ดังนั้น การเตรียมความพร้อมกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในโรงเรียนจึงนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญเพื่อปกป้องบุคลากรของชาติในอนาคต โดยการเตรียมความพร้อมขณะเกิดเหตุฉุกเฉินแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ การเตรียมพร้อมก่อนเกิดเหตุ ขณะเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ ซึ่งผู้ที่มีบทบาทหลักในการเตรียมความพร้อมก่อนเกิดเหตุและหลังเกิดเหตุจะเป็นผู้อำนวยการ ครูและบุคลากรของทางโรงเรียน แต่ในขณะเกิดเหตุเวลานักเรียนจะเป็นประชากรส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาคารเรียน ซึ่งจะต้องอพยพออกจากอาคารเรียนให้รวดเร็วที่สุด หากแต่ว่าการฝึกซ้อมอพยพนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาและบุคลากรที่มีความรู้ นอกจากนี้หากต้องการที่จะสมมติเหตุการณ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละอุบัติเหตุก็จะยังต้องใช้เวลาและการจัดการที่แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้โปรแกรมจำลองการอพยพเพื่อจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการจำลองเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ที่แม้ว่าในการฝึกซ้อมอพยพจริงไม่สามารถกระทำได้ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณ สามารถใช้ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์จุดบกพร่องได้อย่างแม่นยำ เพื่อทำให้การฝึกซ้อมจริงมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้จะจำลองการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder ซึ่งคำนวณการเคลื่อนที่ของคนโดยใช้สมการการเคลื่อนที่และตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการจำลอง เช่น ความหนาแน่นของคนในเส้นทางอพยพ ระยะทาง



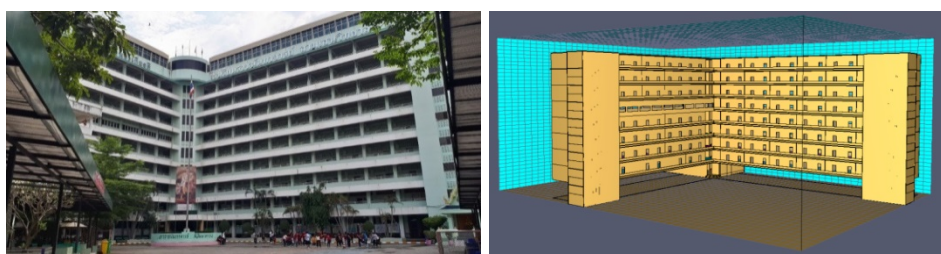
และเวลาในการเดินไปที่ประตูอพยพ เป็นต้น และจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ด้วยโปรแกรม Pyrosim ซึ่งเป็น โปรแกรมที่ใช้การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ โดยมีพื้นฐานจาก Fire Dynamic Simulator (FDS)

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. เพื่อจำลองและเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟ 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) การอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม 2) การอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน และ 3) การอพยพโดยให้แต่ละบันไดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกัน

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาแบบแปลนอาคารเฉลิมพระเกียรติปิกาญจนานิกะพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขนาดความกว้าง, ความยาว และความสูงเป็น 60, 83 และ 36.2 เมตร ตามลำดับ อาคารมีจำนวนทั้งสิ้น 9 ชั้น มีบันไดหนีไฟจำนวน 3 บันได โดยมีความกว้างเท่ากันคือ 2.25 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยจะจำลองลักษณะทางกายภาพของอาคารตามแบบแปลนเพื่อให้อัตราส่วนที่ใกล้เคียงที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการจำลองเพลิงไหม้ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่ในชั้นที่ 6 เนื่องจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นห้องที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุเพลิงไหม้สูง



รูปที่ 1 โรงเรียนราชภัฏสามเสนวิทยาลัย 2 (ซ้าย) และภาพจำลองโรงเรียนราชภัฏสามเสนวิทยาลัย 2 จากโปรแกรม PyroSim (ขวา)

3.2 ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมจาก PyroSim User Manual 2014 และ Pathfinder User Manual

3.3 การสร้างแบบจำลอง

3.3.1 โปรแกรม PyroSim

3.3.1.1 สร้างโครงข่าย (Mesh) ของแบบจำลองอาคาร โดยมีขนาดความกว้างxความยาวxความสูง เป็น 60 เมตร x 83 เมตร x 36.2 เมตร และกำหนดขนาดเซลล์ (Cell Size) X, Y และ Z เป็น 150, 200 และ 90 จะได้จำนวนเซลล์เป็น 2,700,000 เซลล์

3.3.1.2 สร้างแบบจำลองอาคารตามแบบแปลน และจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยติดตั้งเครื่องมือวัดกัมมาพิช (Fractional Effective Dose, FED) สูงจากพื้นอาคาร 2 เมตร เหนือบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้



ซึ่งค่าก๊าซพิษ (FED) ต้องมีค่าต่ำกว่า 0.3 ผู้อพยพจึงจะไม่ได้รับอันตรายจากก๊าซพิษ (International Organization for Standardization, 2002)

3.3.1.3 ประมวลผลโปรแกรม และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์

3.3.2 โปรแกรม Pathfinder

3.3.2.1 ถ่ายโอนข้อมูลไฟล์แบบจำลองอาคารจาก PyroSims (.psm) มายังโปรแกรม Pathfinder (.pth)

3.3.2.2 กำหนดจำนวนผู้ใช้อาคาร (Number of Occupant Load) ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code โดยจำนวนผู้ใช้อาคารจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ (Area) และค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)

$$\text{จำนวนคน} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}}$$

ตารางที่ 1 ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) ที่ใช้ในอาคารนี้

กิจกรรมการใช้อาคาร	ตารางเมตรต่อคน
การใช้งานประเภทชุมนุมคน การใช้งานหนาแน่น เก้าอี้ไม่ได้ยึดติดกับที่	0.65 สุตติ
การใช้งานประเภทธุรกิจ การใช้งานประเภทธุรกิจแบบคนหนาแน่น	4.6
การใช้งานประเภทการศึกษา ห้องเรียน	1.9 สุตติ
ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	4.6 สุตติ
การใช้งานประเภทจัดเก็บ กิจกรรมการใช้ประเภทจัดเก็บ	NA (จำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดที่เป็นไปได้)

ที่มา: NFPA101 (2015)

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคารทั้ง 9 ชั้น ที่คำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

ชั้น	จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)
1	41
2	195
3	449
4	449
5	248
6	138
7	449



ชั้น	จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)
8	449
9	449
รวม	2867

3.3.2.3 กำหนดพฤติกรรมของผู้อพยพเป็น Steering ซึ่งเป็นอพยพแบบเว้นระยะห่างระหว่างตัวบุคคลอย่างเหมาะสมเพื่อไปยังเส้นทางหนีไฟที่สั้นที่สุด และกำหนดลักษณะของผู้อพยพ ดังนี้ ความเร็วในการอพยพบนทางราบเป็น 54.12 เมตร/นาทีก และความเร็วในการอพยพลงบันไดเป็น 8.87 เมตร/นาทีก (นิวัฒน์, 2542) และกำหนดความกว้างของไหล่ (Shoulder Width) เป็น 36-43.2 เซนติเมตร (ศรีกาญจนา, 2562)

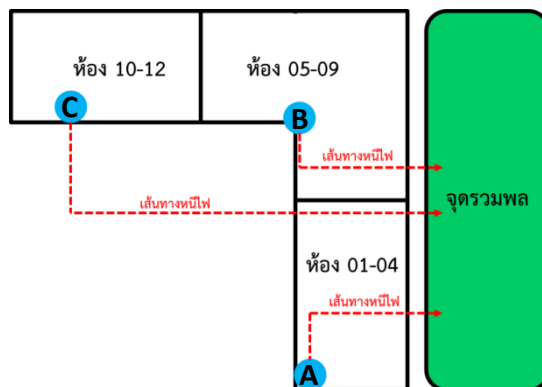
3.3.2.4 จำลองพฤติกรรมการอพยพ 3 รูปแบบ ดังนี้

3.3.2.4.1 พฤติกรรมการอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

โดยที่ pathfinder แยกการจำลองพฤติกรรมของบุคคลออกจากกันอย่างเป็นอิสระ ในค่าเริ่มต้นของโปรแกรม ผู้อพยพแต่ละคนจะเคลื่อนที่ไปยังทางออกที่คาดว่าใช้เวลาน้อยที่สุด โดยเวลาที่ใช้จะคำนวณจากตัวแปร เช่นจำนวนผู้อพยพในบริเวณรอบ ๆ ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เป็นต้น (Thunderhead Engineering, 2014)

3.3.2.4.2 พฤติกรรมการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน

การอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน จะแบ่งห้องออกเป็น 3 กลุ่มตามจำนวนบันได โดยกลุ่มที่ 1 คือ ห้องที่ลงท้ายด้วย 01 – 04 จะอพยพหนีไฟที่บันได A, กลุ่มที่ 2 คือห้องที่ลงท้ายด้วย 05 – 09 จะอพยพหนีไฟที่บันได B และกลุ่มที่ 3 คือ ห้องที่ลงท้ายด้วย 10 – 12 จะอพยพหนีไฟที่บันได C ดังแสดงตามรูปที่ 2 โดยแต่ละบันไดจะมีทางออกสุดท้ายที่บริเวณชั้น 1 ทั้ง 3 บันไดเพื่ออพยพไปยังจุดรวมพล



รูปที่ 2 แผนการฝึกซ้อมของโรงเรียน

3.3.2.4.3 พฤติกรรมการอพยพ โดยให้แต่ละบันไดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกัน

วัตถุประสงค์ของการอพยพด้วยการจัดจำนวนผู้อพยพให้ใกล้เคียงกันในแต่ละบันไดเพื่อเป็นการใช้ประสิทธิภาพของเส้นทางหนีไฟให้เต็มประสิทธิภาพที่สุด ดังนั้นถ้าเส้นทางใดๆ มีการติดขัดของการเดินทาง (congestion) จะเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดคอขวดในการอพยพ ส่งผลถึงเวลาโดยรวมในการอพยพสูงขึ้น ดังนั้นการจัด



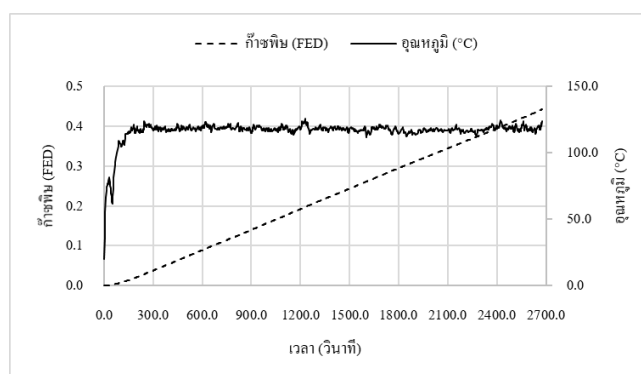
จำนวนผู้อพยพให้มีความใกล้เคียงกันในแต่ละเส้นทางจึงเป็นการลดการติดขัดของการอพยพ จากตารางที่ 3 แสดงจำนวนห้องที่อพยพในแต่ละบันได โดยกำหนดให้ผู้อพยพนั้นแบ่งเป็นห้องเพื่อความง่ายในการจัดการและแจ้งเหตุ

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนห้องที่อพยพในแต่ละบันได

	จำนวนห้องที่อพยพในแต่ละบันได		
	บันได A	บันได B	บันได C
ชั้น 1	0	1	0
ชั้น 2	3	3	4
ชั้น 3	5	4	3
ชั้น 4	3	4	5
ชั้น 5	2	3	4
ชั้น 6	3	2	0
ชั้น 7	3	5	4
ชั้น 8	4	3	5
ชั้น 9	5	4	3
รวม (ห้อง)	28	29	28

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 จากการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้โดยโปรแกรม PyroSim ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2700 วินาที พบว่า ค่าก๊าซพิษ (FED) มีค่าสูงสุด คือ 0.44 และอุณหภูมิสูงสุด คือ 126 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3

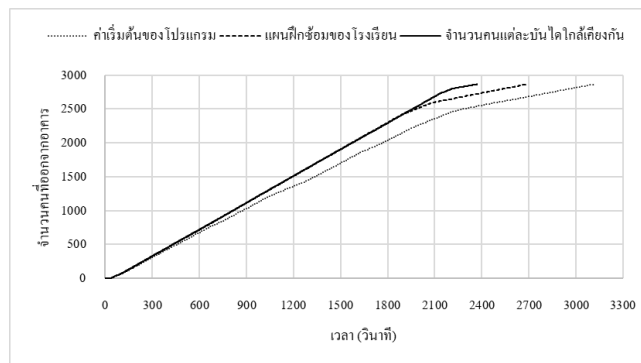


รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิและก๊าซพิษที่เกิดขึ้นในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.2 จากการจำลองการอพยพหนีไฟโดยโปรแกรม Pathfinder ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า พฤติกรรมการอพยพโดยให้แต่ละบันไดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกัน ใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด คือ 39.29 นาที (2369.8 วินาที) รองลงมา



เป็นพฤติกรรมการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน คือ 44.48 นาที (2688.8 วินาที) และสุดท้ายเป็นพฤติกรรมการอพยพตามค่าเริ่มของโปรแกรม คือ 51.56 นาที (3116 วินาที) ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงจำนวนคนที่อพยพออกจากอาคารเทียบกับเวลา

### 5. การอภิปรายผล

ความร้อนเป็นอันตรายต่อผู้อพยพหนีไฟ เพราะอาจทำให้สูญเสียน้ำในร่างกาย, หายใจติดขัด และเกิดอาการใหม่ ซึ่งขีดจำกัดของอุณหภูมิที่รับสัมผัสได้เป็นระยะเวลาสั้น คือ ประมาณ 150 องศาเซลเซียส (CFPA Europe, 2009) จากการจำลองพบว่า อุณหภูมิบริเวณที่เกิดเหตุเพลิงไหม้สูงขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียสภายในระยะเวลา 10 วินาที และสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียสภายในระยะเวลาเพียง 78 วินาที

ตารางที่ 4 แสดงขีดจำกัดของระยะเวลาการรับสัมผัสที่แต่ละอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาการรับสัมผัส (นาที)
60	> 30
100	8
110	6
120	4
130	3
150	2
180	1

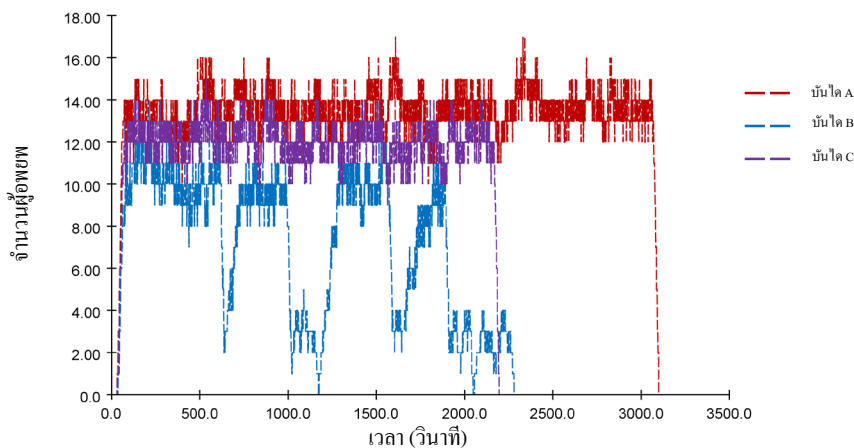
(International Organization for Standardization, 2002) ก๊าซพิษ (FED) ต้องมีค่าต่ำกว่า 0.3 ผู้อพยพจึงจะไม่ได้รับอันตรายจากก๊าซพิษ ซึ่งจากผลการจำลองพบว่าค่าก๊าซพิษ (FED) จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ และมีค่าถึง 0.3 ที่เวลา 1825 วินาที ดังนั้น ผู้อพยพควรหนีออกจากบริเวณที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ภายใน 78 วินาที เพื่อความปลอดภัยจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นและอันตรายจากก๊าซพิษ



ตารางที่ 5 แสดงเวลาที่ผู้อพยพคนสุดท้ายเดินผ่านแต่ละบันไดของทั้ง 3 พฤศจิกายน

พฤติกกรรมการอพยพ	เวลาที่ผู้อพยพคนสุดท้ายเดินผ่าน			ผลต่างของเวลาระหว่างบันไดที่อพยพเสร็จ บันไดแรกกับบันไดที่อพยพเสร็จบันไดสุดท้าย
	บันได A	บันได B	บันได C	
ค่าเริ่มต้นของโปรแกรม	3105	2286	2202	903
แผนฝึกซ้อมของโรงเรียน	2073	2662	1874	788
จำนวนคนแต่ละบันไดใกล้เคียงกัน	2124	2191	2358	234

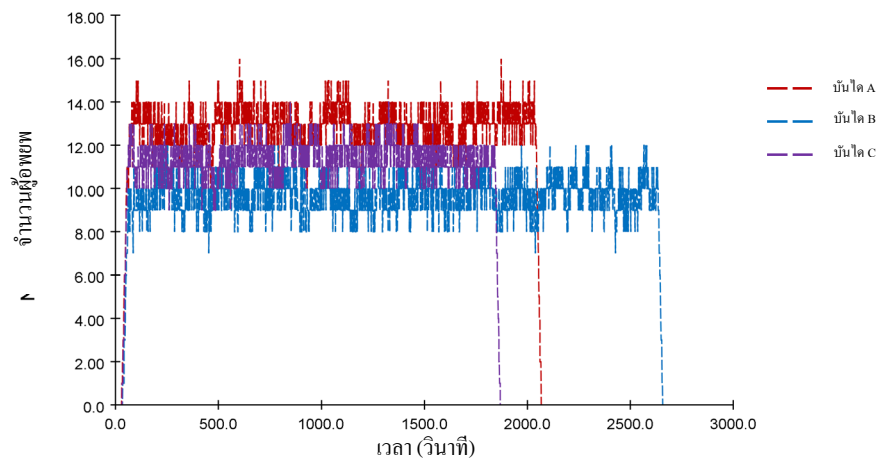
จากตารางที่ 5 สำหรับพฤติกกรรมการอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรมจะเห็นได้ว่า เวลาที่ผู้อพยพคนสุดท้ายเดินผ่านในแต่ละบันไดมีความแตกต่างกันมาก โดยผลต่างของเวลาระหว่างบันไดที่อพยพเสร็จบันไดแรก (บันได A) กับบันไดที่อพยพเสร็จบันไดสุดท้าย (บันได C) เป็น 903 วินาที เนื่องจากโปรแกรมมีการวิเคราะห์หลายตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้อพยพ เช่น ระยะเวลาการรอ, ระยะเวลาในการอพยพ, ระยะเวลาในการอพยพ เป็นต้น ทำให้ผู้อพยพมีการเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการอพยพ ซึ่งส่งผลให้เวลาการอพยพโดยรวมเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าโปรแกรมจะมีเป้าหมายให้เวลาการอพยพน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงจำนวนผู้อพยพที่เดินผ่านบันได A, B และ C ในแต่ละช่วงเวลาของพฤติกกรรมการอพยพตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

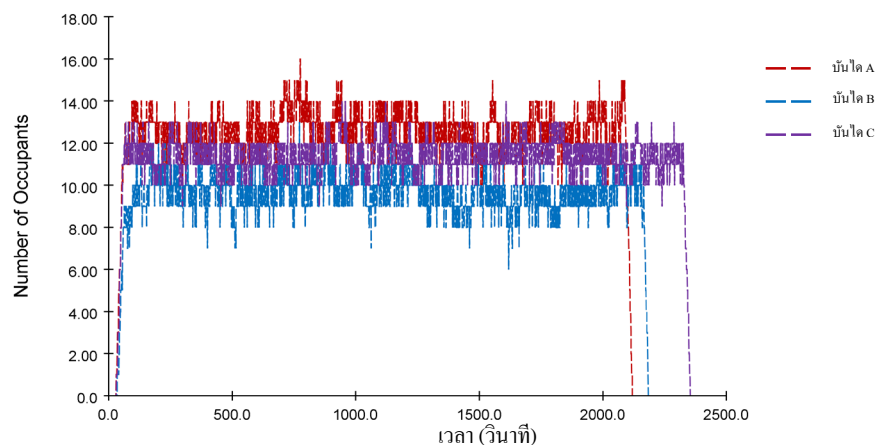
จากตารางที่ 5 สำหรับพฤติกกรรมการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียนจะเห็นได้ว่า ผลต่างของเวลาระหว่างบันไดที่อพยพเสร็จบันไดแรก (บันได B) กับบันไดที่อพยพเสร็จบันไดสุดท้าย (บันได C) เป็น 788 วินาที เนื่องจากเกิดกรณีคอขวดที่บันได A และ B เนื่องจากจำนวนห้องเรียนที่ปักตึกด้านบันได A และ B มีจำนวนมากกว่าอีกฝั่งเป็นจำนวน 1 ห้อง ซึ่งทำให้มีผู้อพยพจำนวนมากกว่า และนอกจากนี้ที่ชั้น 6 ฝั่งปักตึกด้านบันได B และ C ยังเป็นห้องประชุมที่เวลาปกติไม่ได้มีผู้ใช้งาน จึงทำให้บันได C มีผู้อพยพจำนวนน้อยกว่าบันได A และ B ดังแสดงในรูปที่ 6





รูปที่ 6 แสดงจำนวนผู้พบที่เดินผ่านบันได A, B และ C ในแต่ละช่วงเวลาของพฤติกรรมตามแผนผังห้องของโรงเรียน

จากตารางที่ 5 สำหรับพฤติกรรมการอพยพที่กำหนดจำนวนคนแต่ละบันไดใกล้เคียงกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของเวลาระหว่างบันไดที่อพยพเสร็จจบบันไดแรก (บันได C) กับบันไดที่อพยพเสร็จจบบันไดสุดท้าย (บันได A) เป็น 234 วินาที เนื่องจากทำการแบ่งผู้พบให้ไปแต่ละบันไดให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน เพื่อลดปัญหาคอขวด ทำให้บันไดได้ถูกใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และบังคับให้ผู้พบเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว ไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการอพยพ ส่งผลให้มีระยะเวลาในการอพยพลดลง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงจำนวนผู้พบที่เดินผ่านบันได A, B และ C ในแต่ละช่วงเวลาของพฤติกรรมที่จำนวนคนแต่ละบันไดใกล้เคียงกัน

## 6. บทสรุป

การศึกษาวิจัยนี้ทำการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรม Pyrosim พบว่า อุณหภูมิบริเวณที่เกิดเหตุเพลิงไหม้จะเป็นอันตรายต่อผู้พบภายในเวลาเพียง 78 วินาที และค่าก๊าซพิษ (FED) มีค่า 0.3 ที่เวลา 1825 วินาที ซึ่งค่าก๊าซพิษ (FED) ที่วัดได้ต้องมีค่าไม่เกิน 0.3 ผู้พบจึงจะมีความปลอดภัย และทำการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการอพยพ 3 รูปแบบ ซึ่งผลที่ได้พบว่า



พฤติกรรมการอพยพ โดยให้แต่ละบ้าน ใดมีจำนวนผู้อพยพที่ใกล้เคียงกันใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด คือ 2369.8 วินาที รองลงมาเป็นพฤติกรรมการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของโรงเรียน คือ 2688.8 วินาที และสุดท้ายเป็นพฤติกรรมการอพยพตามคำเริ่มของโปรแกรม คือ 3116 วินาที ซึ่งพฤติกรรมการอพยพทั้ง 3 รูปแบบ ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมงตามที่กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (2535) กำหนด ดังนั้นการอพยพหนีไฟในอาคารนี้สอดคล้องตามกฎหมาย

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.เฉลิมพล เปล่งสะอาด ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆในงานวิจัย และขอกราบขอบพระคุณคุณครูและเจ้าหน้าที่โรงเรียนราชินีทาจาร์ย สามเสนวิทยาลัย 2 ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. 2535. นิวัฒน์ สิริกุล. (2542). การศึกษาเวลาในการหนีภัยในอาคาร – กรณีประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, วิศวกรรมโยธา, วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย. สถานการณ์อัคคีภัยของประเทศไทย พ.ศ. 2532-2560. [ออนไลน์]. 2562 . แหล่งที่มา [http://social.nesdb.go.th/socialstat/StatReport\\_Final.aspx?reportid=3558&template=2R1C&yeartype=M&subcatid=48](http://social.nesdb.go.th/socialstat/StatReport_Final.aspx?reportid=3558&template=2R1C&yeartype=M&subcatid=48) [1 มีนาคม 2562]
- ศรีกาญจนา พลอาสา. ขนาดตัวมาตรฐานคนไทย. [ออนไลน์]. 2562. แหล่งที่มา <http://www.fashion.rmutt.ac.th/download/KM/N56-0301-1-THAI-STANDARD-BODY%20SIZES.pdf> [27 กุมภาพันธ์ 2562]
- CFPA Europe. 2009. Fire safety engineering concerning evacuation from building. Stockholm.
- International Organization for Standardization. 2002. ISO/TS 13571 Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data. Switzerland.
- National Fire Protection Association. (2015). NFPA 101, Life Safety Code, Edition 2015. Quincy. Massachusetts.
- Thunderhead Engineering. Pathfinder User Manual. [ออนไลน์]. 2014. แหล่งที่มา [https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/10/users\\_guide.pdf](https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/10/users_guide.pdf) [22 กุมภาพันธ์ 2562]