

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์เหตุฉุกเฉินจากเพลิงไหม้ในกรณีศึกษาอาคารเรียน Computer Simulation-based Fire Emergency Analysis for a Case Study of Academic Building

กสิน รังสิกรรพุม¹ และ นิรุทธิ์ วัฒนะแสง²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี^{1,2}

E-mail: kasinphd@gmail.com¹, niroot121@gmail.com²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำลองการเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยพิจารณาเหตุฉุกเฉินจากการเกิดไฟไหม้ด้วยโปรแกรม Pyrosim และใช้กรณีศึกษาของอาคารเรียนรวม 6 ชั้นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (EN6) โดยมีความแตกต่างกันที่ประเภทห้องและขนาดความจุของห้องในแต่ละชั้นของอาคาร โดยทำการโมเดลแหล่งกำเนิดไฟไหม้ในจุดต่างๆ ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุเพลิงไหม้แยกเป็น 7 สถานการณ์ ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ผลภายในระยะเวลา 300 วินาที ผลการวิเคราะห์ผลทางด้านอุณหภูมิ ทิศทางการเคลื่อนที่ของควันจากการเผาไหม้ และปริมาณการสะสมของควันในพื้นที่ที่เกิดเหตุไฟไหม้พบว่าแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ที่ต่างกัน ส่งผลต่อรูปแบบอันตรายจากเพลิงไหม้และเวลาในการวางแผนการอพยพของผู้ใช้งานในพื้นที่ โดยพบว่าการจำลองไฟไหม้ภายในบริเวณภายในห้องเรียนรวมชั้น 2 มีโอกาสเกิดอันตรายจากความร้อนมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 30 - 85.5 องศาเซลเซียส และมีระดับความสูงของห้องควันเฉลี่ยสะสมในช่วง 1.9 - 2.3 เมตร

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์, การวางแผนเหตุฉุกเฉิน, การจัดการเพลิงไหม้, อาคารเรียน

Abstract

This research focuses on the simulation aspect of the emergency situation from fire using Pyrosim programming. The case study used in this research is scoped to a fire-emergency situation hypothetically occurred at the engineering building at Ubonratchathani university comprising of different room and capacities. We conduct a designed experiment by modeling fire emergency in risky locations of the building divided into 7 scenarios to understand the impact of temperature and smoke over time, in which a period of 300 seconds is analyzed. Analyzed results show that different sources of fire affect the emergency. In addition, fire hazard can impact evacuation time and planning for occupants. The hypothesized fire at the large-size classroom in the 2nd floor is found to be the most dangerous case with an average increase of 30-85.5 degree Celsius and with an average of 1.9-2.3 meter for the height of smoke.

Keywords: Simulation model, Emergency planning, Fire management, Academic building

1. บทนำ

ผลกระทบขนาดหนักจากเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ ทั้งทางธรรมชาติและที่เกิดจากมนุษย์ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาส่งผลให้หลายๆหน่วยงานทั้งด้านการศึกษา รัฐบาล และภาคเอกชนได้ให้ความสนใจและศึกษาการวางแผนจัดการเหตุฉุกเฉินอย่างจริงจัง โดยนักวิจัยได้แนะนำว่าการเตรียมการจัดการเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสมควรพิจารณาทั้งในช่วงเวลาก่อนเกิดเหตุ ช่วงที่เกิดเหตุการณ์ใหม่ๆ และช่วงเวลาหลังเกิดเหตุอย่างเป็นระบบ โดยได้มีการเรียกชื่อศาสตร์ทางด้านนี้ขึ้นมาในชื่อการบรรเทาเหตุฉุกเฉิน (emergency relief) หรือโลจิสติกส์ฮิวแมนิตารีแชน (humanitarian logistics) [1-3] ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือทางด้านการวิจัยดำเนินงานและวิทยาศาสตร์การจัดการในการวางแผนการตัดสินใจ

อัคคีภัยหรือเพลิงไหม้เองเป็นเหตุฉุกเฉินที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินและระบบเศรษฐกิจโดยรวมอย่างมหาศาล ในหลายๆ ประเทศ รวมถึงประเทศไทยเอง ทั้งนี้ตั้งแต่ปี 2532-2558 มีการรายงานว่าประเทศไทยมีอัคคีภัยเกิดขึ้นมากกว่า 52,000 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 4,532 คน มีผู้เสียชีวิต 1,740 คน และมีความเสียหายเกิดขึ้นคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 31,000 ล้านบาท [4] ซึ่งการจัดการเหตุฉุกเฉินจากเพลิงไหม้ควรมีการศึกษาทั้งช่วงก่อนการเกิดเหตุ เช่น การคาดคะเนความรุนแรงหรือความเสี่ยง (risk) ที่อาจเกิดขึ้น หรือการเตรียมอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ หรือช่วงหลังการเกิดเหตุ เช่น การเตรียมวางแผนอพยพ หรือการซ้อมการจัดการและระงับเหตุ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำวิจัยได้ทำการการศึกษาการจำลองการเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยพิจารณาเหตุฉุกเฉิน

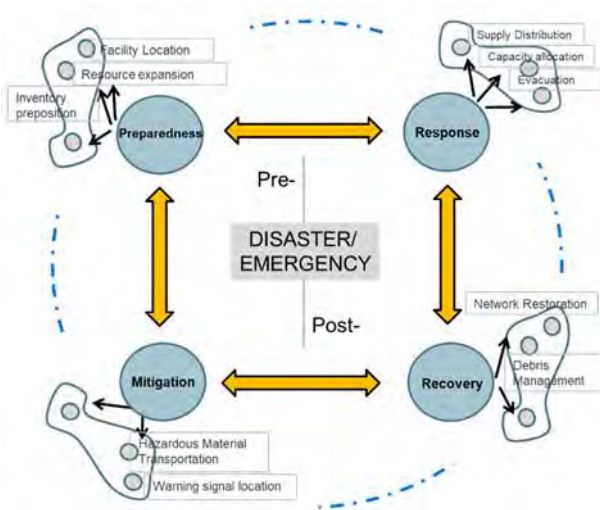
จากการเกิดไฟไหม้ด้วยโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) และใช้กรณีศึกษาของอาคารเรียนรวม 6 ชั้นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (EN6) เป็นกรณีศึกษา ซึ่งพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จากการทบทวนวรรณกรรมเป็นกรณีศึกษาอื่น ๆ เช่น โรงพยาบาลหรือพื้นที่เปิดโล่ง โดยมีส่วนน้อยที่ใช้อาคารเรียนของมหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษา [5-6] โดยหัวข้อที่ 2 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 วิธีการวิจัยและกรณีศึกษา หัวข้อที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเกิดเหตุฉุกเฉิน และหัวข้อที่ 5 บทสรุป ตามลำดับ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรการจัดการเหตุฉุกเฉิน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนจัดการเหตุฉุกเฉิน (emergency planning) ในปัจจุบันได้มีการแบ่งตามวงจรการจัดการเหตุฉุกเฉินและภัยพิบัติทั้งสี่เฟสตามช่วงเวลาก่อนและหลังการเกิดเหตุ (pre- and post-emergency operations) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยช่วงก่อนเกิดเหตุรวมถึงการลดความรุนแรงจากเหตุฉุกเฉินให้น้อยลง (mitigation phase) และการเตรียมการสำหรับเหตุฉุกเฉิน (preparedness phase) และช่วงหลังการเกิดเหตุฉุกเฉินที่เน้นการตอบสนองทันทีหลังจากเกิดเหตุ (response phase) และการแก้ไขเหตุการณ์ให้กลับมาอยู่ในสภาพปกติเช่นเดิม (recovery phase) ทั้งนี้จุดประสงค์ของการลดความรุนแรงจากเหตุฉุกเฉินคือเพื่อป้องกันก่อนเกิดขึ้น จุดประสงค์ของการเตรียมการสำหรับเหตุฉุกเฉินคือเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเกิดเหตุขึ้น ในขณะที่เดียวกันหลังจากที่เกิดเหตุฉุกเฉินแล้วจุดประสงค์

ของการตอบสนองทันทีหลังจากเกิดเหตุคือเพื่อจัดการกับทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุเนื่องจากมีความจำเป็นในการช่วยชีวิตผู้ประสบเหตุอย่างรวดเร็ว โดยจำเป็นที่จะต้องดูเรื่องค่าใช้จ่ายด้วย [11] สุดท้ายจุดประสงค์ของการแก้ไขเหตุการณ์ให้กลับมาในสภาพปกติคือเพื่อปรับสภาพความเสียหายให้คืนกลับสู่สภาพปกติให้เร็วที่สุดซึ่งรวมถึงการซ่อมแซมความเสียหายต่อทรัพย์สินด้วย



รูปที่ 1 วงจรการจัดการเหตุฉุกเฉินและภัยพิบัติ

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การใช้เครื่องมือทางด้าน OR/MS เป็นการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ขั้นสูงเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยใช้การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) หรือแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (simulation model) ซึ่งถูกนำมาใช้ในระบบการบรรเทาเหตุฉุกเฉิน และระบบโลจิสติกส์อิวแมนีแทเรียลมากขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะนำไปใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ในขณะที่

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เหมาะสมกับปัญหาที่ซับซ้อนที่มีขนาดเล็กรายละเอียดเยอะและมีความไม่แน่นอนสูงกว่า ซึ่งมีวิธีการในการสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกัน เช่นการใช้ Systems Dynamic การใช้ Discrete Event Simulation และการใช้ Agent-based Simulation [7-10] ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดเหตุฉุกเฉินยังมีอยู่จำกัด การศึกษาในงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาโมเดลแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิค fire dynamics simulator (FDS) เพื่อวิเคราะห์กรณีการเกิดเหตุฉุกเฉินจากเพลิงไหม้ โดยโปรแกรมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์คือ Pyrosim ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้เทคนิค FDS ในการโมเดลแบบจำลองการเกิดเหตุฉุกเฉินเกี่ยวกับไฟไหม้

ทั้งนี้ ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์การเกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น วัฒนาและคณะ [12] เสนอวาระการวิจัยการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยทบทวนวรรณกรรมที่สืบค้นจากศูนย์ดัชนีอ้างอิงวารสารไทยพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองการอพยพหนีไฟที่มีอยู่ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก โดยพบว่ามีการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในลักษณะที่มีการกระจุกตัวอยู่ในบางกลุ่มวารสารและบางกลุ่มนักวิจัยเท่านั้น นอกจากนี้พบว่ามีการศึกษาในรูปแบบของทั้งในอาคารและนอกอาคารในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ เขมณัญฐ์ [13] ศึกษาเส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาการอพยพโดยใช้กรณีศึกษาอาคารเทียบเครื่องบินของสนามบินประเทอากาศขนาดใหญ่พิเศษเพื่อสร้างความมั่นใจในระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัยต่ออรัณค้าผู้เช่า

ผู้ให้บริการ และผู้สัญจรต่อไป วัฒนาและคณะ [14] ศึกษาการประเมินผลกระทบโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการรั่วไหลและการระเบิดของถังเก็บและจ่ายก๊าซแอลพีจีของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินความเสี่ยงร่วมกับโปรแกรมรองรับแผนฉุกเฉินเพื่อสร้างแผนภาพแสดงการกระจายตัวของก๊าซ นิรุทธิและคณะ [15] ศึกษาการจำลองการแพร่กระจายควันไฟในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับยานยนต์ โดยพิจารณาความเร็วลมเพื่อช่วยการระบายอากาศที่เหมาะสม เป็นต้น

3. วิธีการวิจัยและกรณีศึกษา

3.1 เครื่องมือวิจัย

การตัดสินใจในการเลือกเครื่องมือในการทำ การโมเดลและวิเคราะห์ระบบต่าง ๆ มีความ หลากหลาย ซึ่งเป็นที่ชัดเจนว่าแต่ละเครื่องมือที่ใช้มี ข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป โดยแบบจำลองทาง คอมพิวเตอร์ (computer simulation) มีความ เหมาะสมในการวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้องกับความ ชับซ้อนและมีความไม่แน่นอน (uncertainty) มา เกี่ยวข้อง โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือโปรแกรม Pyrosim ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจาก Fire Dynamics Simulator (FDS) ซึ่งเป็นรูปแบบการ คำนวณของไหลพลศาสตร์ (Computational Fluid Dynamics - CFD) ของการไหลของของไหลใน ลักษณะของไฟ นั่นคือใช้การไหลแบบความเร็วต่ำที่ ชับเคลื่อนด้วยความร้อนโดยเน้นการขนส่งควันและ ความร้อนจากไฟเพื่ออธิบายวิวัฒนาการของไฟ ทั้งนี้

FDS นอกจากจะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการเกิด ไฟในวิศวกรรมการป้องกันไฟ (Fire protection engineering) ยังได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือใน การศึกษาการเคลื่อนไหวของการสันดาปหรือการเผา ไหม้ของไฟ โดยได้มีการรายงานไว้ว่า FDS ได้มีการใช้ งานอย่างแพร่หลายรวมถึงในการออกแบบระบบ ควบคุมควันไฟ และการศึกษาการตรวจจับควันที่เกิด จากไฟในปัจจุบัน

3.2 กรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ทางผู้ทำวิจัยได้ประสานงานกับ ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแบบแปลน อาคารเรียน (EN6) และทำการสำรวจพื้นที่จริงของ อาคารในแต่ละชั้น เพื่อนำข้อมูลมาจัดสร้างโมเดล อาคารเรียนรวมเสมือนจริงจำนวน 6 ชั้น พร้อมทั้ง เพิ่มเติมติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในอาคารเพื่อใช้ใน การวิเคราะห์การจำลองเหตุการณ์ฉุกเฉิน ดังแสดง ตัวอย่างอาคารเรียนรวมในรูปที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วย ห้องเรียน ห้องพักอาจารย์ สำนักงาน รวมถึงห้องสมุด โดยแต่ละชั้นสูงประมาณ 4 เมตร และภายในอาคารมี ขนาดความจุของห้องในแต่ละชั้นของอาคารต่างกัน



รูปที่ 2 อาคารเรียน EN6 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์

3.3 การออกแบบการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและระดับควันไฟที่เกิดขึ้นจากเหตุฉุกเฉิน โดยใช้ประเภทอุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้ในการจำลองการเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ในแต่ละสถานการณ์ โดยได้ทำการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple แทนด้วย THCP) และอุปกรณ์ตรวจวัดระยะความสูงของท้องควัน (Smoke Layer height แทนด้วย Layer) ในแต่ละโมเดลแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ระดับผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นพิจารณาจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากไฟไหม้ในหน่วยองศาเซลเซียส ในขณะที่ระดับผลความสูงของควันไฟพิจารณาจากระดับของท้องควันไฟ (ตำแหน่งล่างสุดของควันไฟที่เกิดขึ้น) จนถึงระดับพื้นของห้องในอาคารใด ๆ ที่ทำการวัดผล โดยทำการจำลองติดตั้งจำนวน sensor THCP ทั้งสิ้น 617 ตัว และ sensor Layer ทั้งสิ้น 570 ตัวในตำแหน่งที่ต่างกันแบบจำลองตามบริเวณต่าง ๆ ของอาคารฝั่งซ้าย อาคารฝั่งขวา และส่วนสำนักงานของอาคาร

ทั้งนี้ ได้ทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์ฉุกเฉินจากแหล่งไฟไหม้ในตำแหน่งต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 7 สถานการณ์ เพื่อให้ครอบคลุมจุดเกิดเหตุของชั้นเรียนที่แตกต่างกัน และขนาดห้องที่แตกต่างกัน โดยในแต่ละสถานการณ์ ทำการวิเคราะห์ผลภายในช่วงเวลา 300 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการอพยพจากตำแหน่งของผู้ใช้อาคารออกจากตัวอาคาร [16-17] โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายในห้องเรียนรวม (ความจุประมาณ 120 คน)

2) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายนอกห้องเรียนรวม ในอาคารฝั่งซ้าย

3) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 3 ภายในห้องเรียนทั่วไป (ความจุประมาณ 60 คน)

4) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 3 ภายนอกห้องเรียนทั่วไป ในอาคารฝั่งซ้าย

5) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 1 ภายในห้องสมุด

6) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายนอกห้องเจ้าหน้าที่และสำนักงาน

7) จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 6 ภายนอกห้องพักอาจารย์

โดยสถานการณ์ที่ 1) - 4) แสดงการจำลองการเกิดเหตุในบริเวณส่วนอาคารเรียนหลักที่มีลักษณะขนานเป็นตึกฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของอาคาร โดยพิจารณาจากขนาดห้องเรียนที่มีความจุของนักศึกษาต่างกัน และพิจารณาจากตำแหน่งของจุดเกิดเหตุด้านในและด้านนอกอาคาร โดยตำแหน่งที่เกิดเพลิงไหม้ภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียนของการวิเคราะห์ที่ชั้นเรียนใด ๆ ไม่จำเป็นต้องเป็นห้องเดียวกัน นอกจากนี้สถานการณ์ที่ 5) - 7) แสดงการจำลองการเกิดเหตุในบริเวณส่วนหัวของอาคารที่เป็นจุดเชื่อมต่อของอาคารเรียนหลักในส่วนตึกฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของอาคารโดยเป็นส่วนสำนักงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนรวมถึงห้องพักอาจารย์

สมมุติฐานในการจำลองการเกิดเหตุฉุกเฉินจากเพลิงไหม้ แสดงได้ดังนี้

- จำลองแหล่งไฟไหม้ที่อาจเกิดขึ้น โดยพิจารณาหนึ่งแหล่งเกิดเหตุ (one source) เช่นหนังสือ

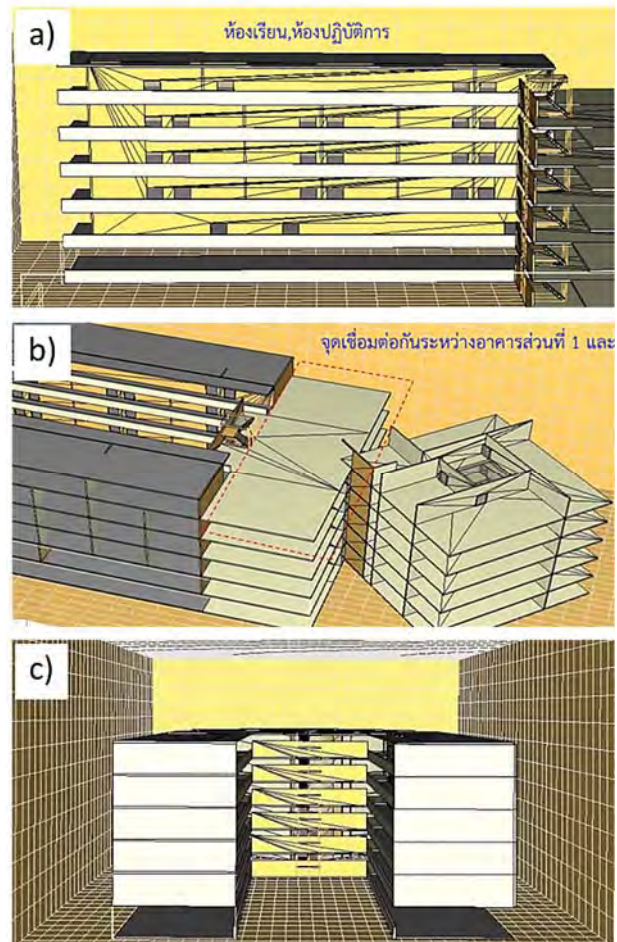
อุปกรณ์ไฟฟ้า นั่นคือการเกิดเหตุฉุกเฉินไม่ได้เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหลายแห่งเพลิงไหม้

- ใช้การโมเดลโดยเลือกการจำลองลักษณะการแพร่กระจายความร้อนและควันไฟแบบธรรมชาติ (natural modeling) ซึ่งเป็นเงื่อนไขค่าเริ่มต้น (default) ของโปรแกรม
- ใช้การจำลองการเกิดไฟไหม้โดยกำหนดความแตกต่างในการจำลองทางด้านชั้นเรียนของอาคารเรียน ตำแหน่งกองไฟ และขนาดห้องเรียนที่แตกต่างกันเพื่อพิจารณาความแตกต่างของแต่ละสภาพเหตุการณ์ นั่นคือห้องเรียนไม่ได้มีขนาดเท่ากันหรือเหมือนกันทุกห้อง
- ใช้การเก็บข้อมูลจากอุณหภูมิและควันไฟในการเป็นตัววัดผลความเสียหายและผลต่อการอพยพของประชากรในระบบ นั่นคือตัววัดผลอื่น ๆ เช่นรังสีหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อทัศนใจวางแผนการเกิดเหตุฉุกเฉิน ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา

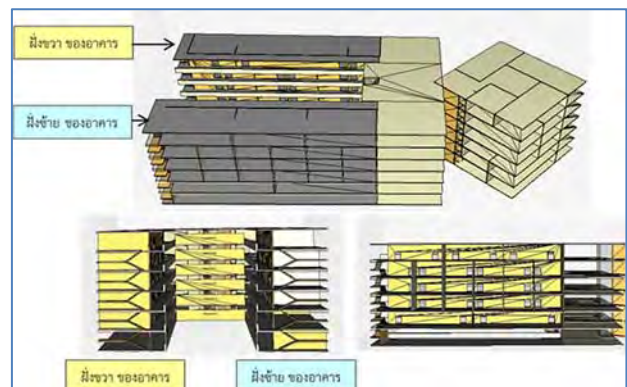
3.4 การโมเดลแบบจำลองของอาคารเรียน

ขั้นตอนการโมเดลแบบจำลองอาคารแต่ละส่วนของ EN6 แสดงดังรูปที่ 3 โดยรูปอาคารฝั่งซ้ายและขวาแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้ผู้ทำวิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้สมมติฐานในการสร้างอาคารเรียนแบ่งเป็นสองส่วนหลักคือส่วนที่เป็นอาคารเรียน (อาคารส่วนที่ 1) ซึ่งมีฝั่งซ้ายและขวาของอาคารที่ขนานกัน และส่วนที่เป็นสำนักงานและห้องพักอาจารย์ (อาคารส่วนที่ 2) เพื่อลดความซับซ้อนในการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยที่ตัวอาคารมีการเชื่อมต่อกันระหว่างสองส่วนหลัก โดยส่วนที่มีการเชื่อมต่อกันระหว่างสองส่วนอาคารที่มีลักษณะเป็นวงกลมในตัวแบบแปลน และได้มีการปรับแบบจำลอง

เป็นส่วนของสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อลดความซับซ้อนของแบบจำลอง ซึ่งไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญกับการวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 3 a) ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ b) จุดเชื่อมต่ออาคาร c) ส่วนบันไดและลิฟต์

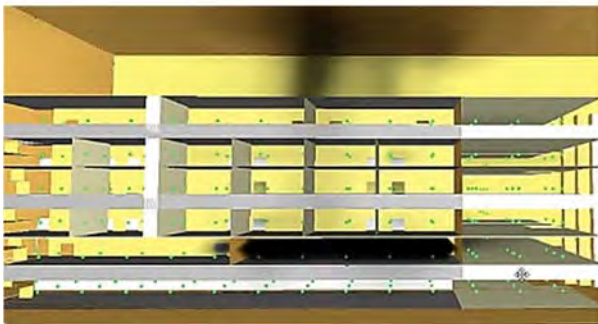
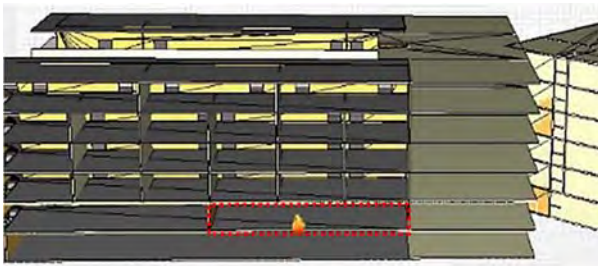


รูปที่ 4 โมเดลแบบจำลองอาคารเรียน EN6

4. ผลการวิเคราะห์การเกิดเหตุฉุกเฉิน

4.1 สถานการณ์ที่ 1

ในสถานการณ์ที่ 1 ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์บันทึกความร้อนและระดับความสูงของห้องควันในการวัดผลข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 โดยแสดงผลการลุกไหม้ในพื้นที่จากแหล่งกำเนิดไฟดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่ามีการสะสมปริมาณควันบริเวณกองไฟที่ลุกไหม้และมีปริมาณเพิ่มขึ้นและกระจายตัวทั่วบริเวณห้องตามช่วงเวลาที่ยาวขึ้น โดยมีควันบางส่วนระบายออกทางด้านประตูของห้อง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีการลุกไหม้ พบว่ามีปริมาณสูงขึ้นตามช่วงเวลาที่ยาวขึ้นเช่นกัน

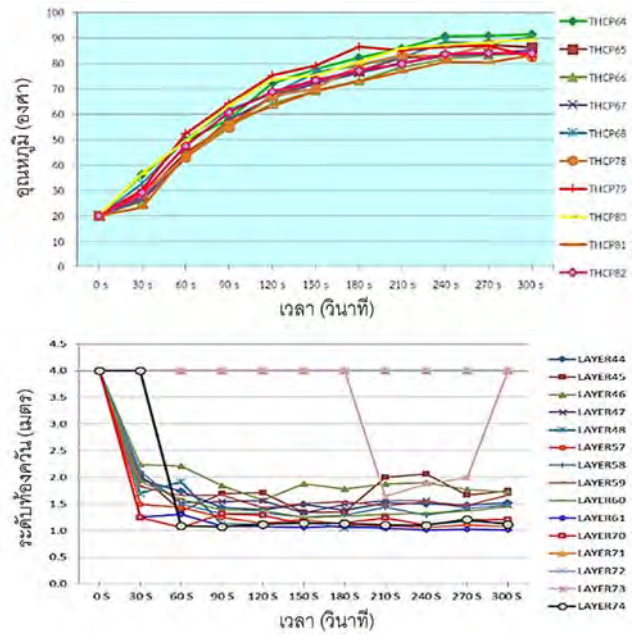


รูปที่ 5 จุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณ์ที่ 1 (บน) และลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)

ตารางที่ 1 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 1

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
ชั้น 2 ภายในห้องเรียนรวม	ความร้อน (THCP)	THCP 64-68, 78-82
	ห้องควัน (Layer)	Layer 44-48, 57-61
ชั้น 2 ทางเดินหน้าห้องเรียนรวม	ความร้อน (THCP)	THCP 48-53
	ห้องควัน (Layer)	Layer 70-74

แสดงรูปแบบผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีในรูปที่ 6 สำหรับอุณหภูมิและระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานการณ์ที่ 1 โดยแสดงให้เห็นแนวโน้มของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาที่มากขึ้น



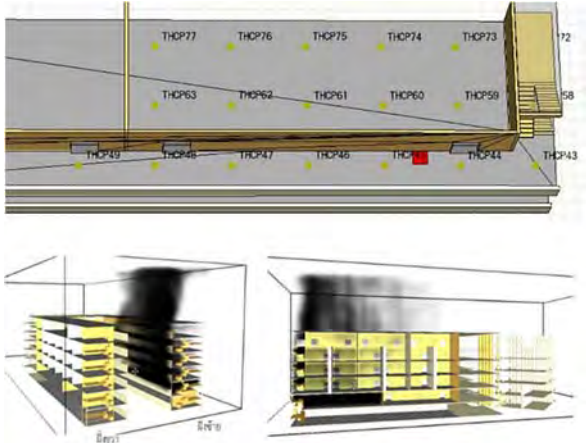
รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ของสถานการณ์ที่ 1 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนแปลง

4.2 สถานการณ์ที่ 2

ในสถานการณ์ที่ 2 ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 2 โดยแสดงผลการลุกไหม้ดังแสดงในรูปที่ 7

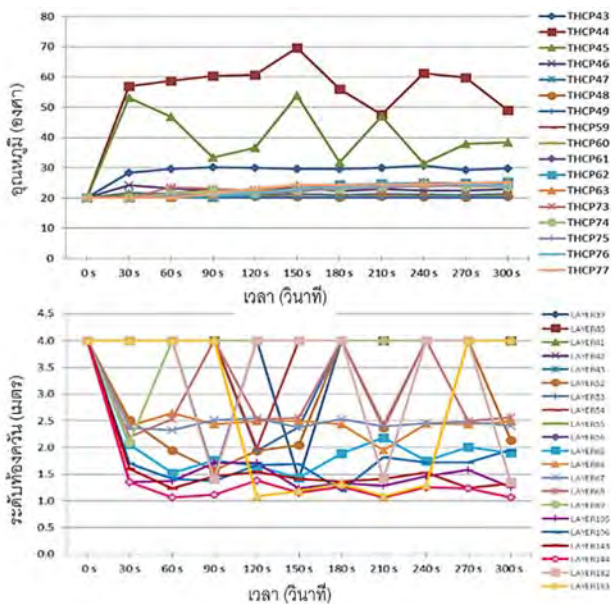
ตารางที่ 2 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 2

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
ชั้น 2 ภายในห้องเรียนรวม	ความร้อน (THCP)	THCP 59-63, 73-77
	ห้องควัน (Layer)	Layer 39-43, 52-56
ชั้น 2 ทางเดินหน้าห้องเรียนรวม	ความร้อน (THCP)	THCP 43-49
	ห้องควัน (Layer)	Layer 65-69



รูปที่ 7 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณที่ 2 (บน) และ ลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)

ผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีแสดงในรูปที่ 7 สำหรับอุณหภูมิและระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานการณที่ 2



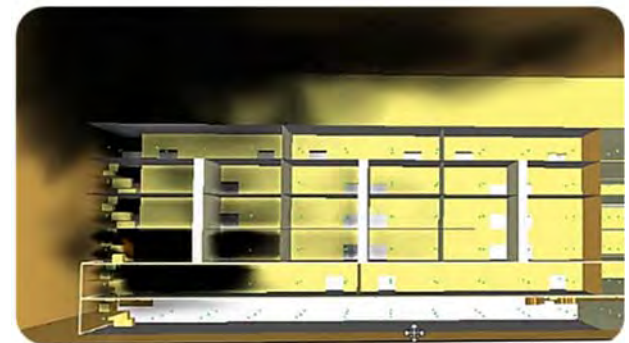
รูปที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณที่ 2 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนไป

4.3 สถานการณที่ 3

ในสถานการณที่ 3 ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 3 โดยแสดงผลการลุกไหม้ดังแสดงในรูปที่ 9

ตารางที่ 3 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ 3

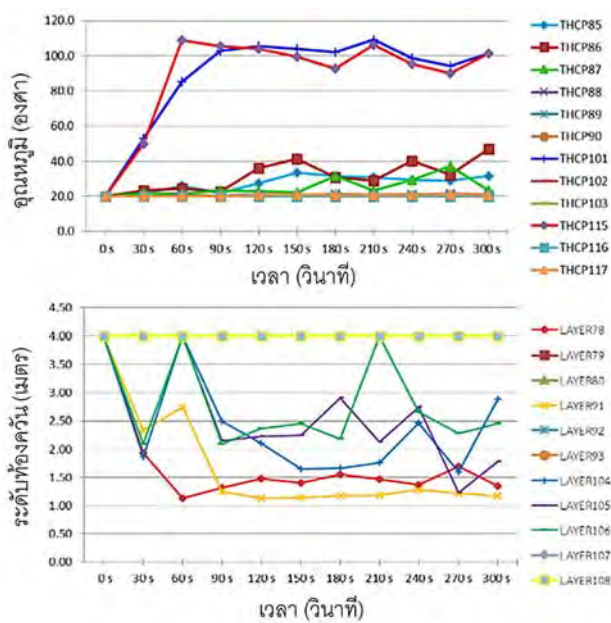
พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
ชั้น 3 ห้องเรียน ฝั่งซ้าย	ความร้อน (THCP)	THCP 101-103, 115-117
	ห้องควัน (Layer)	Layer 78-80, 91-93
ชั้น 3 ทางเดินหน้า ห้องเรียน ฝั่งซ้าย	ความร้อน (THCP)	THCP 85-89
	ห้องควัน (Layer)	Layer 104-106



รูปที่ 9 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณที่ 3 (บน) และ ลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)

ผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีแสดงในรูปที่ 10 สำหรับอุณหภูมิและระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานการณที่ 3 นอกจากนี้ แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดระหว่างสถานการณที่ 1 และสถานการณที่ 3 ได้ในตารางที่ 4

ซึ่งชัดเจนว่าสถานการณ์ที่ 1 ไฟไหม้ห้องเรียนรวมจะมีความร้อนจากการเผาไหม้ที่ปลดปล่อยออกมามากและมีการสะสมน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 3 ซึ่งเป็นห้องเรียนขนาดปกติ ทั้งนี้สถานการณ์ที่ 1 พบว่าห้องเรียนมีขนาดใหญ่มีปริมาตรของเนื้อที่ในการแพร่กระจายความร้อนมากกว่าสถานการณ์ที่ 3 ที่มีขนาดห้องเล็กกว่า อุณหภูมิที่สะสมจึงต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ 3 ที่มีการกระจายความร้อนน้อย มีการสะสมควันและระดับอุณหภูมิสูง ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความรุนแรงของการเกิดเพลิงไหม้ในห้องเรียนที่มีขนาดเล็กจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคารมากกว่าห้องเรียนขนาดใหญ่



รูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณ์ที่ 3 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (ล่าง) ระดับที่ของควันที่เปลี่ยนไป

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดระหว่างสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 3

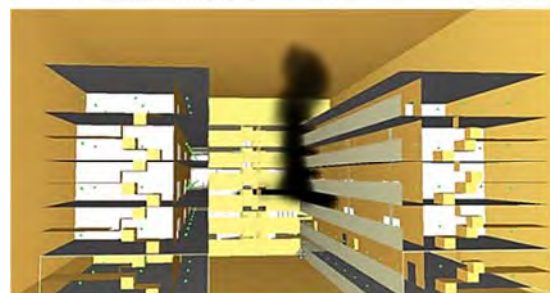
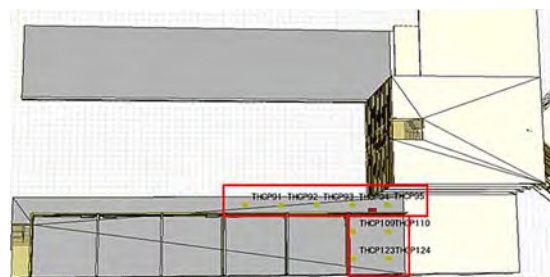
สถานการณ์เปรียบเทียบ	เวลา (วินาที)				
	60	120	180	240	300
สถานการณ์ 1	52 °C	75 °C	86 °C	90 °C	91 °C
สถานการณ์ 3	109 °C	105 °C	102 °C	99 °C	101 °C

4.4 สถานการณ์ที่ 4

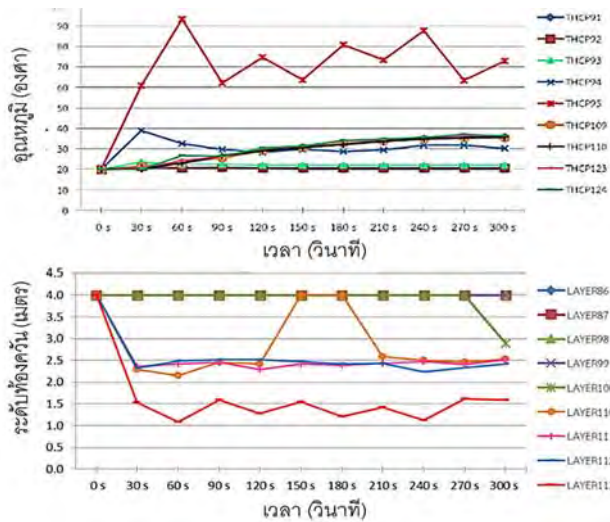
ในสถานการณ์ที่ 4 ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 5 โดยแสดงผลการลุกไหม้ดังแสดงในรูปที่ 11 นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ของอุณหภูมิและระดับที่ของควันที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาจนถึงช่วงที่ 300 วินาทีแสดงได้ในรูปที่ 12

ตารางที่ 5 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 4

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
ชั้น 3 ด้านหน้าห้องเรียน	ความร้อน (THCP)	THCP 109-110, 123-124
	ที่องควัน (Layer)	Layer 86-87, 99-100
ชั้น 3 ทางเดินด้านหน้าห้องเรียน	ความร้อน (THCP)	THCP 91-95
	ที่องควัน (Layer)	Layer 110-113



รูปที่ 11 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณ์ที่ 4 (บน) และลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)



รูปที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณ์ที่ 4 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนไป

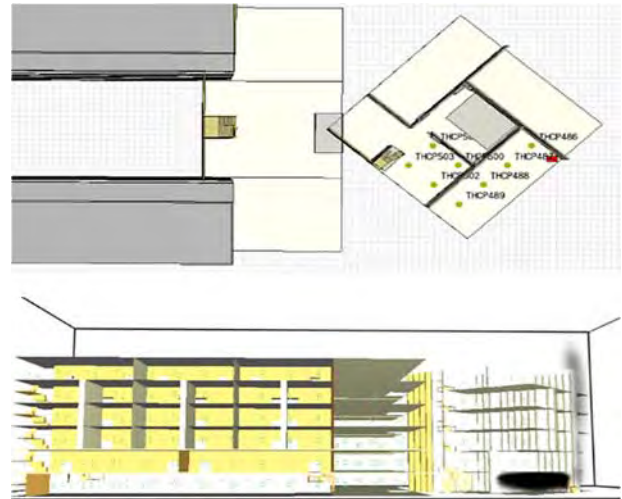
4.5 สถานการณ์ที่ 5

ในสถานการณ์ที่ 5 ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 6 โดยแสดงผลการลุกไหม้ดังแสดงในรูปที่ 13

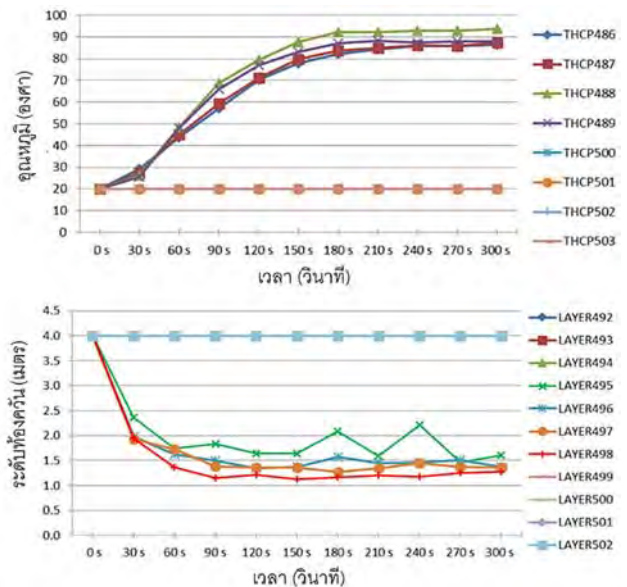
ตารางที่ 6 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 5

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
บริเวณชั้น 1 ห้องสมุด	ความร้อน (THCP)	THCP 486-489, 500-503
	ห้องควัน (Layer)	Layer 495-499, 500-502

ผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีแสดงในรูปที่ 14 สำหรับอุณหภูมิและระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานการณ์ที่ 5



รูปที่ 13 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณ์ที่ 5 (บน) และ ลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)



รูปที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณ์ที่ 5 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนไป

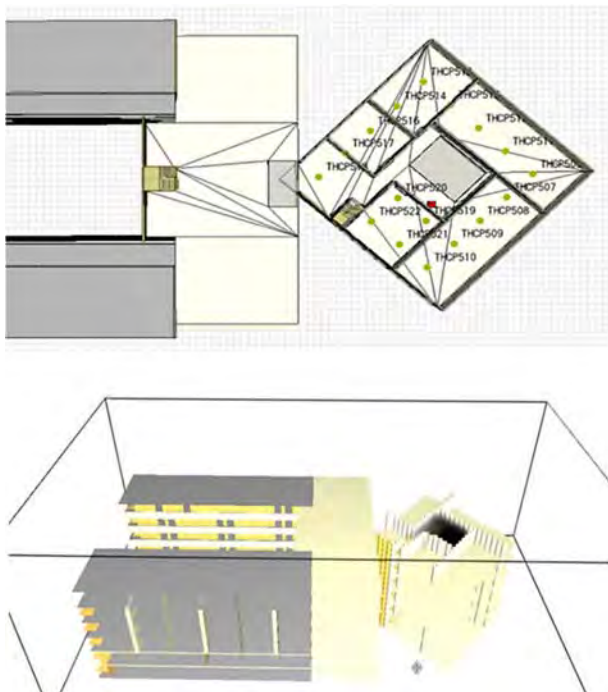
4.6 สถานการณ์ที่ 6

ในสถานการณ์ที่ 6 จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายนอกห้องเจ้าหน้าที่และสำนักงานได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 7 โดยแสดงผลการลุกไหม้ในรูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีแสดงในรูปที่ 16 สำหรับ

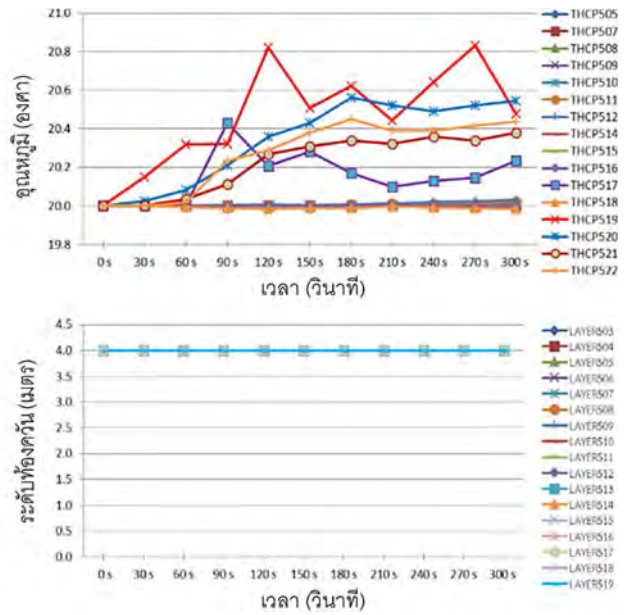
อุณหภูมิและระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานการณ์ที่ 6 ทั้งนี้พบว่าบริเวณด้านหน้าห้องทำงานของเจ้าหน้าที่มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งเปิดขึ้นด้านบนจนถึงชั้น 6 ของอาคารเรียน ซึ่งส่งผลให้มีการสะสมของระดับความร้อนปริมาณน้อย ดังนั้นข้อมูลที่ได้ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดไฟไหม้ที่ตำแหน่งด้านหน้าห้องทำงานของเจ้าหน้าที่ ชั้น 2 จะส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผู้ใช้อาคารหรือเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานบริเวณดังกล่าว

ตารางที่ 7 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 6

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
บริเวณชั้น 2 หน้าห้องเจ้าหน้าที่	ความร้อน (THCP)	THCP 505, 507 - 522
	ห้องควัน (Layer)	Layer 503 - 519



รูปที่ 15 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณ์ที่ 6 (บน) และลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)



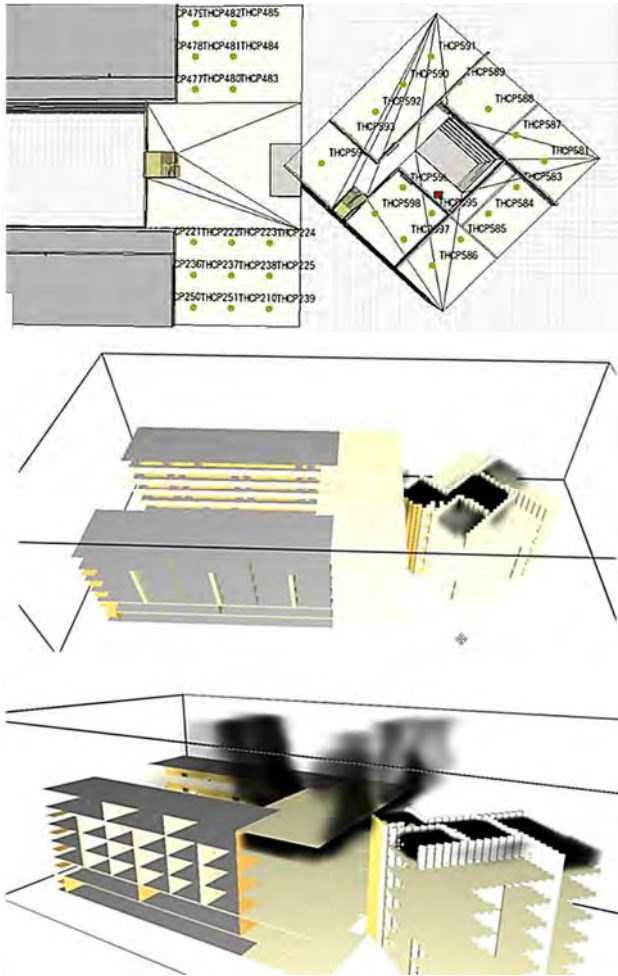
รูปที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณ์ที่ 6 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนแปลง

4.7 สถานการณ์ที่ 7

ในสถานการณ์สุดท้าย ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดผลดังแสดงในตารางที่ 8 โดยแสดงผลการลุกไหม้ดังแสดงในรูปที่ 17

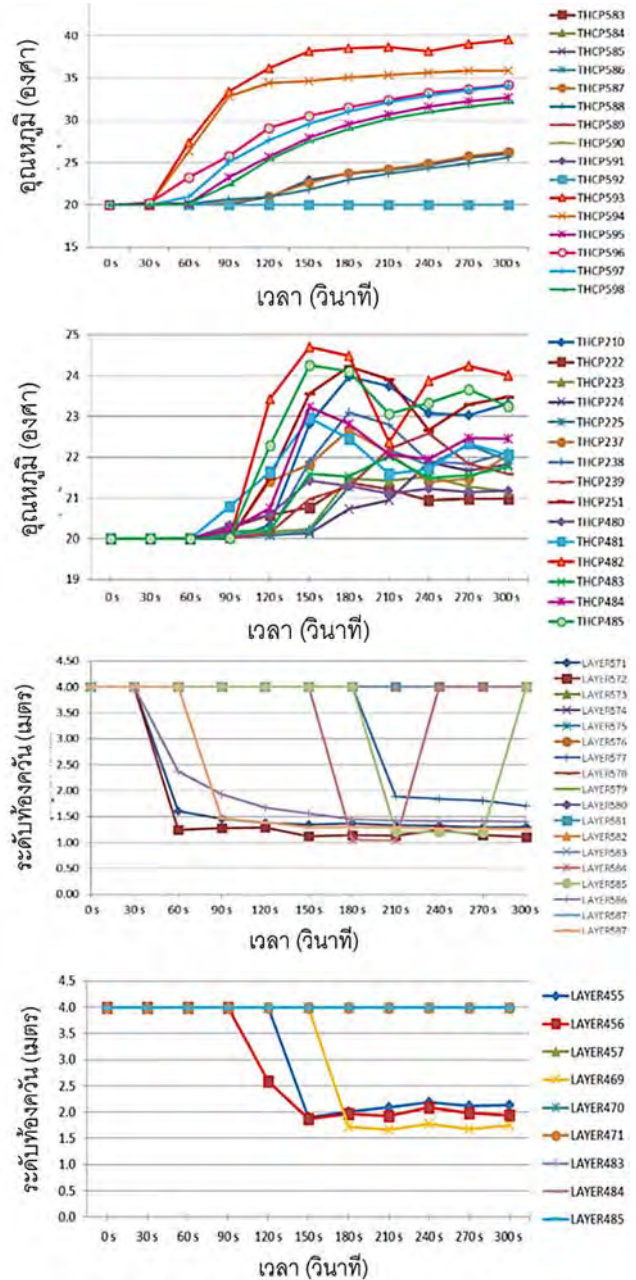
ตารางที่ 8 แสดงการติดตั้ง sensor ของสถานการณ์ 7

พื้นที่เกี่ยวข้อง	อุปกรณ์ตรวจวัด	ตำแหน่ง
บริเวณชั้น 6 ห้องพักอาจารย์	ความร้อน (THCP)	THCP 210, 222-225, 237-239, 251, 480-485, 581, 583-598
	ห้องควัน (Layer)	Layer 455-457, 469-471, 483-485, 571-587



รูปที่ 17 แสดงจุดกำเนิดไฟไหม้ของสถานการณที่ 7 (บน) และ ลักษณะการแพร่กระจายของควัน (ล่าง)

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ที่ 300 วินาทีของ สถานการณที่ 7 แสดงในรูปที่ 18 สำหรับอุณหภูมิและ ระดับความสูงของห้องควันไฟในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ โดยแสดงข้อมูลแยกตามบริเวณด้านหน้าห้องพัก อาจารย์ ชั้น 6 ในส่วนหัวของอาคาร และบริเวณส่วน ปลายของอาคารเรียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาซึ่งติดกับส่วน หัวของอาคาร



รูปที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ของสถานการณที่ 7 (บน) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ล่าง) ระดับห้องควันที่เปลี่ยนแปลง

4.8 ผลการเปรียบเทียบทั้ง 7 สถานการณ

ขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ในภาพรวมสำหรับทั้ง 7 สถานการณ โดยทำการ เปรียบเทียบการจำลองสถานการณการเกิดไฟไหม้ สำหรับระดับอุณหภูมิเฉลี่ยจากการเผาไหม้ในแต่ละ ช่วงเวลาของทั้ง 7 สถานการณ โดยแสดงผลในตาราง

ที่ 9 สำหรับระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา และทำการแสดงผลการตรวจวัดทีละ 30 วินาทีสำหรับช่วงเวลาทั้งหมด 300 วินาที นอกจากนี้สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบระดับความสูงของห้องควันเฉลี่ยของทั้ง 7 สถานการณ์ได้ในทำนองเดียวกัน โดยแสดงผลได้ในตารางที่ 10 โดยทำการตรวจวัดระดับห้องควันและแสดงผลทีละ 30 วินาทีสำหรับช่วงเวลาทั้งหมด 300 วินาที

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยจากการเผาไหม้ในแต่ละช่วงเวลา ของทั้ง 7 สถานการณ์

THCP (อุณหภูมิ °C)	เวลา (วินาที s)				
	30 s	60 s	90 s	120 s	150 s
Scenario 1	29.8	46.7	58.9	68.6	73.5
Scenario 2	25.1	25.2	24.9	25.4	27.6
Scenario 3	25.8	33.9	34.7	36.5	36.9
Scenario 4	27.6	31.9	29.0	31.7	31.2
Scenario 5	23.5	33.1	41.4	47.2	51.1
Scenario 6	20.0	20.0	20.1	20.1	20.1
Scenario 7	20.0	21.1	22.6	23.6	24.5
	180 s	210 s	240 s	270 s	300 s
Scenario 1	78.4	81.9	84.7	85.8	85.8
Scenario 2	25.7	26.4	26.5	26.8	26.2
Scenario 3	36.0	36.9	36.3	35.6	37.3
Scenario 4	33.9	33.6	35.9	33.6	34.5
Scenario 5	53.1	53.7	54.0	54.1	54.4
Scenario 6	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
Scenario 7	25.0	25.4	25.7	26.0	26.3

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของห้องควันเฉลี่ยจากการเผาไหม้ในแต่ละช่วงเวลา ของทั้ง 7 สถานการณ์

LAYER (ความสูง m)	เวลา (วินาที s)				
	30 s	60 s	90 s	120 s	150 s
Scenario 1	2.39	2.03	1.92	1.87	1.85
Scenario 2	3.03	3.05	2.90	2.78	2.73
Scenario 3	3.29	3.63	3.03	3.03	2.99
Scenario 4	3.25	3.21	3.30	3.25	3.44
Scenario 5	3.29	3.13	3.08	3.05	3.05
Scenario 6	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Scenario 7	4.00	3.62	3.31	3.28	3.26
	180 s	210 s	240 s	270 s	300 s
Scenario 1	1.84	1.76	1.76	1.75	1.91
Scenario 2	3.11	2.75	3.14	3.20	2.97
Scenario 3	3.04	3.14	3.14	2.91	3.06
Scenario 4	3.40	3.29	3.23	3.28	3.19
Scenario 5	3.10	3.05	3.12	3.05	3.06
Scenario 6	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Scenario 7	3.09	2.81	2.97	2.96	3.11

นอกจากนี้สามารถแสดงลักษณะแนวโน้มอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ในรูปที่ 19 และแสดงผลเปรียบเทียบแนวโน้มความสูงของห้องควันในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ดังแสดงในรูปที่ 20 ตามลำดับ โดยแสดงผลอภิปรายผลเปรียบเทียบทั้งสองปัจจัยสำหรับการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ในตารางที่ 11 โดยพบว่าสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งเป็นการจำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายในห้องเรียนรวมขนาดใหญ่มีโอกาสได้รับอันตรายจากความร้อนและระดับความสูงของควันมากที่สุด ในขณะที่สถานการณ์ที่ 6 ซึ่งเป็นการจำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณชั้น 2 ภายนอกสำนักงาน ซึ่งมีข้อดีที่เป็นลักษณะพื้นที่เปิดโล่งกว้างขึ้นด้านบน ทำให้มีโอกาสได้รับอันตรายจากความร้อนและระดับความสูงของควันต่ำที่สุด

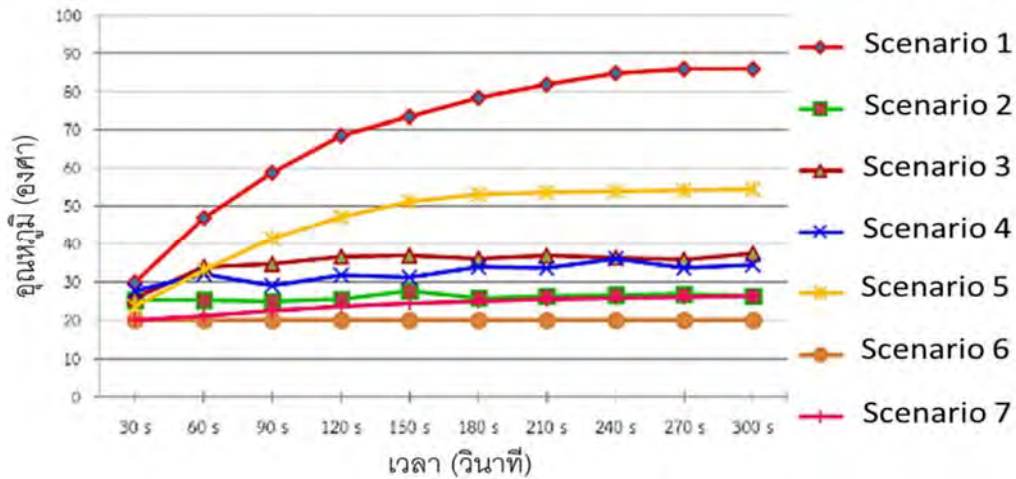
ตารางที่ 11 แสดงการอภิปรายเปรียบเทียบปัจจัยในการ
จำลองสถานการณ์และอภิปรายผล

สถานการณ์	ปัจจัย		อภิปราย
	อุณหภูมิ สูงสุด	ระดับห้อง ควันสูงสุด	
1 (Worst case)	85.5 °C	1.91 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนและระดับความสูง ของควันมากที่สุด
2	26.2 °C	2.97 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนและระดับความสูง ของควันน้อย
3	37.3 °C	3.06 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนสูงแต่อันตรายจาก ระดับความสูงของควันต่ำ
4	34.5 °C	3.19 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนและระดับความสูง ของควันต่ำ
5	54.5 °C	3.00 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนสูงแต่อันตรายจาก ระดับความสูงของควันต่ำ
6 (Best case)	20.1 °C	4.00 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนและระดับความสูง ของควันต่ำที่สุด
7	26.3 °C	3.11 m	มีโอกาสได้รับอันตรายจาก ความร้อนและระดับความสูง ของควันต่ำ

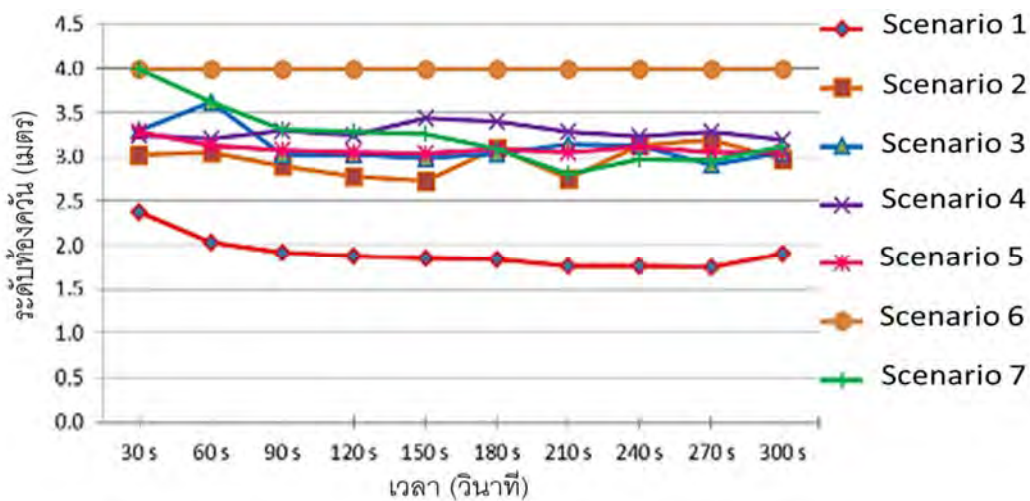
นอกจากนี้ ข้อมูลจากกราฟแสดงสรุป
อุณหภูมิเฉลี่ย พบว่าการจำลองเหตุการณ์ไฟไหม้
สถานการณ์ที่ 1 มีโอกาสเกิดอันตรายจากความร้อนที่
สูงชันมากที่สุดเนื่องจากมีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่ม
สูงชันอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยเท่ากับ 30 - 85.5 องศา

เซลเซียส รองลงมาคือ สถานการณ์ที่ 5 จำลองไฟไหม้
ภายในบริเวณห้องสมุดชั้น 1 พบว่าระดับอุณหภูมิ
เฉลี่ยเท่ากับ 23.5 - 54.4 องศาเซลเซียส ส่วน
สถานการณ์ที่ 6 พบว่ามีโอกาสเกิดอันตรายจากความ
ร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากความร้อนมีการแพร่กระจาย
ไปยังพื้นที่ข้างเคียง อีกทั้งบริเวณด้านหน้าห้องทำงาน
ของเจ้าหน้าที่มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งเปิดขึ้นด้านบน
จนถึงชั้นหก ซึ่งส่งผลให้มีการสะสมของระดับความ
ร้อนปริมาณน้อย ดังที่ได้อธิบายไปข้างต้น

ในการทำงานเดียวกัน จากกราฟแสดงแนวโน้ม
สรุประดับความสูงของห้องควันไฟเฉลี่ย พบว่าการ
จำลองเหตุการณ์ไฟไหม้สถานการณ์ที่ 1 มีโอกาสเสี่ยง
และมีความเป็นอันตรายมากที่สุดเนื่องจากมีระดับ
ความสูงของห้องควันเฉลี่ยสะสมในพื้นที่อยู่ในระดับ
ใกล้เคียงกับระดับการหายใจของผู้ใช้อาคารหรือนักศึกษา
ในช่วงเฉลี่ย 1.9 - 2.3 เมตร รองลงมาคือ สถานการณ์
ที่ 2 ที่เป็นการจำลองไฟไหม้บริเวณภายนอกห้องเรียน
รวมชั้น 2 ผังซ้าย โดยพบว่ามีระดับความสูงของห้อง
ควันเฉลี่ยอยู่ที่ 3.03 - 2.97 เมตร ส่วนสถานการณ์ที่ 6
พบว่านอกจากความร้อนของควันไฟจะน้อยที่สุดแล้ว
ระดับความสูงของห้องควันยังสูงที่สุด ซึ่งเป็นอันตราย
น้อยที่สุดสืบเนื่องมาจากการออกแบบของอาคารที่มี
ลักษณะเป็นพื้นที่โล่งเปิดขึ้นด้านบน ส่งผลให้มีการ
สะสมของระดับควันในชั้นที่เกิดเหตุน้อยมาก โดย
แนวโน้มของสถานการณ์อื่น ๆ สามารถตีความได้ใน
ลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 19 แสดงแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ย ของทั้ง 7 สถานการณ์



รูปที่ 20 แสดงแนวโน้มระดับความสูงของห้องควนเฉลี่ย ของทั้ง 7 สถานการณ์

5. สรุปผลงานวิจัย

5.1 สรุปผลและงานวิจัยในอนาคต

การศึกษาเกี่ยวกับการบรรเทาเหตุฉุกเฉิน (emergency relief) ถือเป็นศาสตร์ที่ได้รับความสนใจจากหลายๆ หน่วยงานอย่างต่อเนื่องในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา สืบเนื่องจากการเกิดเหตุฉุกเฉินซึ่งรวมถึงภัยพิบัติต่างๆ ที่รุนแรงมากขึ้นและมีความถี่มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจากการจำลองการเกิดเหตุฉุกเฉินจากไฟไหม้ทั้ง 7 สถานการณ์โดยใช้กรณีศึกษาของอาคารเรียน 6 ชั้น พบว่าอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเกิดเหตุ

ฉุกเฉินเนื่องมาจากไฟไหม้มีต้นเหตุคล้ายกันคืออันตรายจากทั้งความร้อน และควันไฟ โดยจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละปัจจัยของสถานการณ์ เช่น ขนาดห้องเรียน จำนวนนักศึกษาหรือผู้ใช้อาคารบริเวณนั้น เส้นทางหนีไฟ เป็นต้น โดยพบว่าการจำลองเหตุการณ์ไฟไหม้สถานการณ์ที่ 1 ภายในบริเวณภายในห้องเรียนรวมชั้น 2 มีโอกาสเกิดอันตรายจากความร้อนที่สูงขึ้นมากที่สุด และมีระดับความสูงของห้องควนเฉลี่ยสะสมในพื้นที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกับการหายใจของผู้ใช้อาคารหรือนักศึกษามากที่สุดคือ

ในช่วง 1.9 - 2.3 เมตร ส่วนสถานการณ์ที่ 6 บริเวณสำนักงานพบว่ามีโอกาสเกิดอันตรายจากความร้อนน้อยที่สุด และมีระดับของห้องควันสูงที่สุด (อันตรายน้อยสุด) เนื่องจากมีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งเปิดขึ้นด้านบน ส่งผลให้มีการสะสมของระดับความร้อนและควันไฟในปริมาณน้อย

ทั้งนี้งานวิจัยที่ต่อเนื่องในอนาคตมีได้หลายทิศทาง เช่น 1) ควรทำการพิจารณาศึกษาการเกิดเหตุฉุกเฉินจากหลายๆ แหล่งซึ่งอาจเกิดขึ้นพร้อมกัน (simultaneous-emergency sources) หรืออาจเป็นในลักษณะที่การเกิดเหตุฉุกเฉินจากแหล่งหนึ่งส่งผลให้เกิดเหตุฉุกเฉินในอีกแหล่งหนึ่ง (cascading-emergency sources) 2) งานวิจัยนี้ใช้การเก็บข้อมูลจากอุณหภูมิและควันไฟ เป็นตัววัดผลความเสียหาย ทั้งนี้ในอนาคตอาจมีการศึกษาที่ใช้ตัววัดผลอื่น ๆ เช่น รังสีหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจวางแผนการเกิดเหตุฉุกเฉินได้ เป็นต้น 3) เป็นที่น่าสนใจในการทำการสร้างแบบจำลองของห้องต่าง ๆ โดยแสดงรายละเอียดของแต่ละห้อง และประเภทวัสดุที่อาจแตกต่างกัน และส่งผลต่อการเกิดเพลิงไหม้ได้ 4) การขยายขอบเขตของงานวิจัยโดยทำการบูรณาการผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับการจำลองการวางแผนการอพยพจากอาคารเรียน เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

ทั้งนี้สามารถแสดงข้อเสนอแนะจากงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติในการวางแผนและเตรียมความพร้อมโดยเน้นที่สถานการณ์ที่ 1 (กรณีเลวร้ายที่สุด) และสถานการณ์ที่ 6 (กรณีดีที่สุด) ได้ดังนี้

สถานการณ์จำลอง	ข้อเสนอแนะ
สถานการณ์ที่ 1 (กรณีเลวร้ายที่สุด)	<p>เมื่อเกิดไฟไหม้จะมีอุณหภูมิและปริมาณควันสะสมภายในห้องปริมาณมาก เนื่องจากมีการระบายอากาศออกไปยังพื้นที่อื่น ๆ ได้น้อย โดยข้อเสนอแนะ แบ่งออกเป็น 2 มาตรการคือ</p> <ul style="list-style-type: none"> • มาตรการทางด้านวิศวกรรม <p>ควรศึกษาการติดตั้งระบบระบายอากาศเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ เช่น ระบบระบายอากาศเชิงกลอัตโนมัติ โดยการตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันและพัดลมระบายอากาศ ซึ่งเมื่อเกิดไฟไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับควันสามารถส่งสัญญาณในการเปิดการทำงานของพัดลมระบายอากาศ ซึ่งจะช่วยระบายควันที่เกิดขึ้นจากการลุกไหม้ ส่งผลให้ปริมาณควันและอุณหภูมิลดลง</p> <p>นอกจากนี้ การมีระบบระบายอากาศธรรมชาติ โดยเพิ่มช่องทางระบายอากาศภายในห้องด้วยการทำช่องเปิดบริเวณด้านบนของผนังห้อง ซึ่งเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้จะช่วยให้ความร้อนขึ้นและระบายออกได้ นอกจากนี้ อาจพิจารณาติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิและควันจากการเผาไหม้โดยเป็นการตัดวงจรของการเผาไหม้ นั่นเอง</p> • มาตรการทางด้านการจัดการ <p>ควรกำหนดมาตรการ และกฎระเบียบในการตรวจสอบพื้นที่ ห้องเรียนและควบคุมการปฏิบัติเพื่อเป็นการเฝ้าระวังปัจจัยเสี่ยงเช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า การจัดเก็บ สะสมวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ ควรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ป้องกันและระงับอัคคีภัยภายในอาคารให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน</p>
สถานการณ์ที่ 6 (กรณีที่ดีที่สุด)	<p>เมื่อเกิดเหตุไฟไหม้จะมีอุณหภูมิและปริมาณควันสะสมจะมีปริมาณน้อย เนื่องจากมีการระบายอากาศออกไปยังพื้นที่อื่นได้ดี ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการวางแผนและเตรียมความพร้อม จะเป็นการตรวจสอบ ดูแลและ ควบคุมสภาพพื้นที่ให้ปราศจากวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงได้ง่ายเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้</p>

นอกจากนี้ มาตรการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อใช้บริหารจัดการสำหรับเหตุการณ์ไฟไหม้โดยทั่วไป คือ ‘แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย’ ซึ่งจะประกอบด้วยแผนหลักที่นำไปปฏิบัติอยู่ 3 แผน คือ

- 1) แผนก่อนเกิดเหตุ คือการดูแลป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดเหตุไฟไหม้ เช่นการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า ตรวจสอบความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์สำหรับดับเพลิง ดำเนินการประชาสัมพันธ์และจัดฝึกอบรมให้ความรู้
- 2) แผนขณะเกิดเหตุ คือเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ขึ้น สิ่งที่สำคัญคือการระงับควบคุมเหตุอย่างรวดเร็ว โดยนักศึกษาหรือผู้ใช้อาคารควรต้องได้รับการฝึกอบรมในการดับเพลิงเบื้องต้น รวมถึงหากไม่สามารถควบคุมเหตุการณ์ได้ ต้องสามารถอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัย และ
- 3) แผนหลังเกิดเหตุ คือการดูแลผู้ที่อาจได้รับบาดเจ็บจากกรณีเกิดเหตุไฟไหม้ และตรวจสอบสภาพความเสียหายของอาคาร อุปกรณ์และเครื่องมือ เพื่อดำเนินการแก้ไขให้อยู่ในสภาพดีอีกครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุน FDA-CO-2561-5696-TH กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Altay, N., & Green III, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European journal of operational research*, 175(1), 475-493.

[2] Ransikarbum, K., & Mason, S. J. (2016). Goal programming-based post-disaster decision making for integrated relief distribution and early-stage network restoration. *International Journal of Production Economics*, 182, 324-341.

[3] Sheu, J. B. (2007). Challenges of emergency logistics management.

[4] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ที่มา : <http://info.dla.go.th/> เข้าถึงเมื่อ : 1 เมษายน 2562

[5] ขวัญชนก ยศจันทร์.(2557). การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการอพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถของการอพยพบนอาคารขนาดใหญ่พิเศษ. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] สุทัศน์ ประเสริฐพานิช.(2555). การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารสูงด้วยแบบจำลอง Pathfinder : กรณีศึกษา อาคาร Q.House ลุมพินี. วิทยานิพนธ์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[7] Joo, J., Kim, N., Wusk, R. A., Rothrock, L., Son, Y. J., Oh, Y. G., & Lee, S. (2013). Agent-based simulation of affordance-based human behaviors in emergency evacuation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 32, 99-115.

[8] Wagner, N., & Agrawal, V. (2014). An agent-based simulation system for concert venue crowd evacuation modeling in the presence

- of a fire disaster. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2807-2815.
- [9] Ransikarbum, K., Kim, N., Ha, S., Wysk, R. A., & Rothrock, L. (2017). A highway-driving system design viewpoint using an agent-based modeling of an affordance-based finite state automata. *IEEE Access*, 6, 2193-2205.
- [10] Marzouk, M., & Mohamed, B. (2019). Integrated agent-based simulation and multi-criteria decision making approach for buildings evacuation evaluation. *Safety science*, 112, 57-65.
- [11] Ransikarbum, K., & Mason, S. J. (2016). Multiple-objective analysis of integrated relief supply and network restoration in humanitarian logistics operations. *International Journal of Production Research*, 54(1), 49-68.
- [12] วัฒนา จันทะโคตร, นิรุทธิ วัฒนะแสง, กิตติ วิเศษลา และกสิณ รังสิกรรพุม (2561). วาระการวิจัย การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในประเทศไทย, *IE Network*, 23-26 กรกฎาคม, อุบลราชธานี, หน้า 1136-1141
- [13] เขมณัฐ เลิศวิษณุพันธ์.(2556). การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ และการคำนวณระยะเวลาการอพยพ: กรณีศึกษาอาคารเทียบเครื่องบิน ชั้น 4 สนามบินเอ บี ซี . วิทยานิพนธ์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [14] วัฒนา จันทะโคตร, นิรุทธิ วัฒนะแสง, กิตติ วิเศษลา และกสิณ รังสิกรรพุม (2561). การประเมินผลกระทบโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการรั่วไหลและการระเบิดของถังเก็บและจ่ายก๊าซแอลพีจีของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน, *IE Network*, 23-26 กรกฎาคม, อุบลราชธานี, หน้า 1157-1162
- [15] นิรุทธิ วัฒนะแสง, วัฒนา จันทะโคตร, กิตติ วิเศษลา และกสิณ รังสิกรรพุม (2561). การจำลองการแพร่กระจายควันไฟในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับยานยนต์, *IE Network*, 23-26 กรกฎาคม, อุบลราชธานี, หน้า 1152-1156
- [16] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555
- [17] โชคดี หนูเอียด และพิชัย กฤษไมตรี (2552) โปรแกรมคำนวณเวลาอพยพหนีภัยในอาคาร. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 73 ปีที่ 23 หน้า 61-74