



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

สาขา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

ภาควิชา

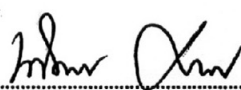
เรื่อง การศึกษาแผนอพยพโดยใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อวกาศและ
การจำลองการอพยพ

Study of Evacuation Procedure using Fire Dynamic and Evacuation Simulation
Programs

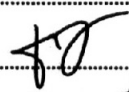
นามผู้วิจัย นายสมเกียรติ เวชพุกภัยพิทักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

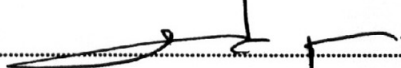
ประธานกรรมการ

( รongศาสตราจารย์เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, Ph.D.)

กรรมการ

( รongศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D.)

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประกอบ สุวัฒน์วรรณ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนันต์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รongศาสตราจารย์วันัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๔๙

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแผนอพยพโดยใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย
และการจำลองการอพยพ

Study of Evacuation Procedure using Fire Dynamic
and Evacuation Simulation Programs

โดย

นายสมเกียรติ เวชพฤษพิทักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1581-7

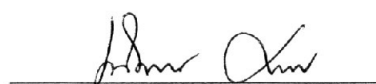
สมเกียรติ เวชพฤษ์พิทักษ์ 2549: การศึกษาแผนอพยพโดยใช้โปรแกรมการจำลอง
ด้านพลศาสตร์อัคคีภัยและการจำลองการอพยพ ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย
โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา:
รองศาสตราจารย์เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, Ph.D. 94 หน้า
ISBN 974-16-1581-7

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเพื่อนำเสนอ มาตรการและการจัดการอพยพคนออกจาก
อาคารสูงให้ปลอดภัย โดยใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัยร่วมกับโปรแกรมจำลอง
การอพยพ โปรแกรมสำเร็จรูป 2 โปรแกรมมาใช้เป็นเครื่องมือหาผลลัพธ์ที่เกิดจากเพลิงไหม้ใน
สำนักงานอาคารสูงที่เกิดจากการเผาไหม้ของเฟอร์นิเจอร์ การจำลองเริ่มจากควันไฟจากจุดเกิด
เพลิงและกลุ่มควันกระจายตัวในแต่ละช่วงเวลา ผลการจำลองจะบอกเวลาในการอพยพคนออก
จากชั้นนั้นนานเท่าใด

ผลที่ได้จากการศึกษาบ่งบอกถึง การจัดการอพยพจะต้องดำเนินการอพยพอย่างไร
เพื่อให้เกิดความปลอดภัยขณะทำการอพยพ รวมทั้งเสริมสร้างความเข้าใจในเรื่องความปลอดภัย
ให้กับผู้ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงานปฏิบัติได้ถูกต้องเพื่อลดการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น การจำลอง
เหตุการณ์นับจากเวลาที่เกิดเพลิงไหม้จนมีการอพยพคนออกจากสำนักงานแล้วเสร็จใช้เวลาทั้งสิ้น
2.175 นาทีหลังจากที่ได้ปรับปรุงด้วยการรื้อถอนผนังสำเร็จรูปออกและชุดอุปกรณ์สำนักงาน
บริเวณทางร่วมของเส้นทางอพยพตามที่เสนอโดยโปรแกรมปรากฏว่าการอพยพใช้เวลา 1 นาที
ก็สามารถอพยพคน จำนวน 73 คนออกจากพื้นที่สำนักงานสู่นับไดหนีไฟได้หมด

สำหรับเส้นทางหนีไฟที่เป็นทางร่วมมีผลกระทบต่อการจัดการอพยพ ต้องแก้ไขด้วยการ
ขยายเส้นทางหนีไฟและจัดรูปแบบเส้นทางหนีไฟให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารอบผนังลิฟต์ ตาม
โครงสร้างอาคารก็จะสามารถลดเส้นทางหนีไฟที่เป็นทางตันของเส้นทางหนีไฟได้ และขยาย
ความกว้างของเส้นทางอพยพที่เป็นทางร่วมมาบรรจบกันให้กว้างพอเพื่อป้องกันการชะลอตัวของ
ผู้อพยพหนีไฟ รวมถึงการหามาตรไม่ให้มีการกองเก็บเอกสารไว้ในเส้นทางหนีไฟ


ลายมือชื่อนิสิต

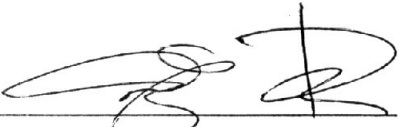

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

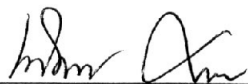
Smokiat Wetchapuckpitak 2006: Study of Evacuation Procedure using Fire Dynamic and Evacuation Simulation Programs. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program.
Thesis Advisor: Associate Professor Penjit Srinophakun, Ph.D. 94 pages.
ISBN 974-16-1581-7

This thesis of study is to propose the guideline of evacuation management of the highlight buildings using the fire dynamic simulation Program and evacuation simulation program. These two programs are used as tools to investigate the fire accident from the combustion of furniture in the office of high-rise building. The simulation started from the origin of the fire smoke and expanded according to time. The simulation led to the evacuation time. The simulation led to the evacuation time of people from the office.

The simulation suggested on the evacuation management including making people in the office understood about fire safety to reduce the potential loss. The results showed that the evacuation time was 2.175 minute. However, after the removal of some particle boards and equipment from the combined fire escape as suggested by the simulation, the evacuation time was only 1 minute for evacuating 73 people from the office through the fire stair way.

Particularly, combined and dead end fire exits affected the evacuation management. The suggestions of the fire escape route improvement were to expand the fire exit and reorganize the shape of the fire exit around the elevator to rectangular shape as to the building structure. Nevertheless, the width of the fire exit needed to be expanded to be large enough to support people in case of fire situation. Moreover, the guideline of the document storage prohibition at the fire exit was also proposed.


Student's signature


Thesis Advisor's signature

24 / 04 / 2006

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จล่วงได้ดังนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ ที่ได้แนะนำ คู่มืองานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สัมฤทธิ์ผลและ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชงไชย ศรีนพคุณ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทาง ที่เป็นประโยชน์แก่การจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ในสาขาวิศวกรรมความปลอดภัยที่สั่งสอน วิชาความรู้ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยที่อำนวยความสะดวกระหว่างการศึกษา รวมถึง คุณอภิวัฒน์ ธรรมชาติ ร้อยโท ภากร ยังประภากร คุณนารีรัตน์ ธนะเกษม และน้องๆ รุ่น 4 ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการ จนสามารถทำการทดลองได้สำเร็จล่วง ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ครอบครัวที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย

สมเกียรติ เวชพฤษ์พิทักษ์

เมษายน 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อและอักษรย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ของการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	43
อุปกรณ์	43
ขั้นตอนการวิจัย	43
วิธีการวิจัย	44
ผลและวิจารณ์	55
ผลการดำเนินการวิจัย	55
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	78
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	84
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไปกับขนาดพื้นที่ต่อคน เพื่อคำนวณความจุคน	26
2	แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะกับขนาดพื้นที่ต่อคน เพื่อคำนวณความจุคน	27
3	แสดงความกว้างต่อคนเพื่อคำนวณความกว้างของเส้นทางหนีไฟ	29
4	แสดงระยะสัญจรและระยะทางปลายตันสูงสุด	32
5	ข้อมูลค่าเริ่มต้นที่เป็นคำสั่งในโปรแกรม Evacsim	47
6	ข้อมูลป้อนเข้าที่เป็นวัตถุในโปรแกรม Evacsim	47
7	การอพยพที่มีจำนวนคนน้อยกว่า 73 คน	66
8	จำลองการอพยพที่มีจำนวนคน 1 คน	67
9	จำลองการอพยพที่มีจำนวนคน 5 คน	68
10	จำลองการอพยพที่มีจำนวนคน 10 คน	69
11	จำลองการอพยพที่มีจำนวนคน 40 คน	70

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปสามเหลี่ยมของไฟ	3
2	การแพร่กระจายของเปลวไฟ	5
3	ควันไฟเกิดกลางโถง	9
4	อัตราการเกิดควันไฟกลางโถง	10
5	ควันไฟเกิดที่ผนัง	11
6	อัตราการเกิดควันไฟที่ผนัง	12
7	ควันไฟที่เกิดขึ้นมุมห้อง	13
8	อัตราการเกิดควันไฟที่มุมห้อง	14
9	ควันไฟเกิดใต้ระเบียบ	15
10	อัตราการเกิดควันไฟใต้ระเบียบ	16
11	ควันไฟจากช่องเปิดบนผนัง	16
12	อัตราการเกิดควันไฟจากช่องเปิดบนผนัง	17
13	รูปแบบปฏิกิริยาตอบสนองรูปแบบต่างๆ	23
14	ตัวอย่างแสดงจำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี	30
15	รูปการจัดวางตำแหน่งทางหนีไฟ	32
16	การวิเคราะห์สัญญาณของบันได	33
17	การวิเคราะห์สัญญาณรวม	34
18	ตัวอย่างทางบังคับและทางปลายตัน	35
19	ตัวอย่างแสดงทางไปสู่ทางหนีไฟบันไดหนีไฟ	35
20	สภาพแวดล้อมของชั้นต้นเพลิงภายในอาคารที่ทำการทดลอง	45
21	การนำชุดคำสั่ง Evacsim มา Compile	
	การจำลองการอพยพของชุดคำสั่งของ Evacsim ใน web page	53
22	การจำลองเหตุการณ์การอพยพของโปรแกรม Evacsim	54
23	แปลนอาคารชั้นที่ 5	55
24	สภาพพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 5	56
25	ภายในส่วนพื้นที่ทำงานของสำนักงานชั้น 5	57
26	อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในสำนักงาน ก.ตู้เย็น ข.กาดม้ไฟฟ้า	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	แปลนอาคารชั้นที่ 5 ขณะยังไม่เกิดควันและตำแหน่งจุดเกิดเพลิงไหม้	59
28	การเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป ก. 40 วินาที ข. 50 วินาที ค. 60 วินาที ง. 120 วินาที จ.180 วินาที	61
29	จำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Evacsim	62
30	ภาพการจำลองการอพยพที่เวลา ก.10 วินาที ข.40 วินาที ค.60 วินาที	64
31	ภาพการจำลองการอพยพที่เวลา ก.80 วินาที ข.137.5 วินาที	65
32	ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที	72
33	ภาพการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที	72
34	ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที	73
35	ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที	73
36	ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที	74
37	ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที	74
38	ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 80 วินาที	75
39	ภาพการจำลองการอพยพ เมื่อเวลาผ่านไป 80 วินาที	75
40	ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 120 วินาที	76
41	ภาพการจำลองการอพยพ เมื่อเวลาผ่านไป 137.5 วินาที	76
42	ภาพจำลองการอพยพ ณ.เวลา 40 วินาที เมื่อได้ขยายเส้นทางอพยพ	78
43	ภาพจำลองการอพยพ ณ.เวลา 60 วินาที เมื่อได้ขยายเส้นทางอพยพ	79

คำอธิบายสัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ

Aroom	=	พื้นที่ของพื้นห้อง
Aw	=	พื้นที่ช่องเปิดหรือช่องหน้าต่าง $m^2(ft^2)$
B	=	ความกว้างสุทธิของจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ หน่วย เป็นเมตร
B	=	ความกว้างของบันไดหนีไฟ
CFD	=	การจำลองพลศาสตร์การไหล
E	=	Fire heat release rate, kW (btu/s)
Ec	=	Convection Heat, kW (btu/s) = 0.7E
H	=	ระยะจากไฟถึงพื้นด้านบนของระเบียง m, ft
Hlim	=	ความสูงของชั้นควันไฟที่ก่อให้เกิดอันตรายวัดจากระดับพื้น
Hroom	=	ความสูงเฉลี่ยของเพดาน
Hw	=	ความสูงช่องเปิดหรือหน้าต่าง, m (ft)
L	=	ความยาวของเส้นทางหนีไฟ
N	=	สัมประสิทธิ์การปล่อยออกคน/เมตร/นาที
M	=	อัตราการเกิดมวลควันไฟ, kg/s (lb/s)
Neff	=	เวลาที่ใช้ในการอพยพเท่ากับ 45 คน/หน่วย/นาที โดย 1 หน่วย = 22 นิ้ว
P	=	จำนวนของผู้ใช้อาคาร
P	=	จำนวนคนภายในอาคาร
Q	=	อัตราการเกิดปริมาตรควันไฟ, $m^3/s(cfm)$
T	=	เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมดไม่เกิน 2 นาที
Ts	=	เวลาสะสมที่ควันไฟขยายไปสู่พื้นที่หนีบันไดหนีไฟ
Tj	=	เวลาของควันไฟที่ล้นออกไปสู่ห้องอื่นๆ โดยกำหนดให้คิดในทิศทางจากจุดศูนย์กลางของเพลิงถึงบันไดหนีไฟ
tawareness	=	เวลาที่ผู้คนเริ่มรับรู้ถึงเพลิงไหม้
tdecision	=	เวลาที่ใช้ในการตัดสินใจอพยพ
tqueue	=	เวลาที่ใช้ในการผ่านจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ
ttravel	=	เวลาที่ใช้ในการเดินผ่านเส้นทางอพยพ
V	=	ความเร็วในการเดิน
W	=	ความกว้างควันไฟที่ม้วนตัวไปตามระเบียง, m (ft)
W	=	ค่าความกว้างต่อจำนวนคนภายในอาคารมีค่าเท่ากับ 0.3 นิ้วต่อคน

คำอธิบายสัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ (ต่อ)

V_s	= ปริมาตรของคว้นไฟที่กำลังเกิดขึ้น
v_e	= ปริมาตรของคว้นไฟที่ระบายออก
Z	= ความสูงของระดับคว้นไฟ, m (ft)
Z_b	= ความสูงของคว้นวัดจากใต้พื้นระเบียง (ขอบล่างที่ต่ำสุด) m (ft)
Z_f	= ความสูงจำกัดของไฟ, m (ft)
Z_w	= ความสูงของคว้นวัดจากขอบบนของช่องเปิดหรือหน้าต่าง
ΔT	= ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูง

การศึกษาแผนอพยพโดยใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย และการจำลองการอพยพ

Study of Evacuation Procedure using Fire Dynamic and Evacuation Simulation Programs

คำนำ

กฎหมายและมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับการออกแบบอาคารในประเทศไทยเป็นเพียงมาตรฐานขั้นต่ำเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของต่างประเทศเช่นญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา อาคารสูงหลายๆโครงการในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีความปลอดภัยไม่เพียงพอเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ทำให้การอพยพออกจากอาคารเป็นไปด้วยความลำบากเพราะ ทางไปสู่ทางหนีไฟไม่สอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้อาคาร ซึ่งเกิดจากการออกแบบอาคารไม่ถูกต้อง ตั้งแต่เริ่มก่อสร้าง จึงทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อชีวิตขณะทำการอพยพ

สาเหตุการเสียชีวิตที่เกิดจากอัคคีภัยส่วนมากเกิดจากการต่อเติมดัดแปลงอาคาร และการใช้อาคารผิดประเภท เพราะความไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องของอัคคีภัย รวมถึงวิธีการก่อสร้างอาคารที่ไม่ได้มาตรฐานและมีการนำวัสดุที่ติดไฟ มาเป็นส่วนประกอบอาคารหรือนำก๊าซไวไฟมาใช้ภายในอาคารอย่างผิดวิธีการทำให้เกิดเพลิงลุกไหม้ ดังกรณีของโรงแรมรอยัลปาล์ม จอมเทียน พัทยาที่ได้นำก๊าซหุงต้มมาใช้ในห้องจัดเลี้ยง และลูกกลามขยายวงกว้างจนไม่สามารถควบคุมไฟได้ ทำให้มีผู้เสียชีวิต 90 คนบาดเจ็บ 51 คน สาเหตุเนื่องจากเส้นทางหนีไฟมีเก้าอี้และ โต๊ะจัดเลี้ยง ขวางทางออกและบันไดหนีไฟก็เป็นบันไดเวียนจึงไม่สามารถรองรับจำนวนผู้อพยพหนีไฟได้ (คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัยด้านอัคคีภัย, 2543-2544)

ดังนั้นสถาปนิก จะต้องเข้าใจ และสามารถคำนวณวิเคราะห์ความจุของทางไปสู่ทางหนีไฟให้มีขนาดเพียงพอสัมพันธ์กับจำนวนคนที่อยู่ในอาคารเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้และ สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย สำหรับประเทศไทยสถาปนิกส่วนใหญ่จะออกแบบอาคารตามคู่มือวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ควรศึกษากฎหมาย และ มาตรฐานที่เกี่ยวข้องหากออกแบบอาคารไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เกิดความไม่ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินรวม ถึงงานระบบป้องกันอัคคีภัยที่ออกแบบไว้ ก็จะไม่ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองการเกิดเพลิงไหม้สำนักงานในอาคารโดยใช้โปรแกรมการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล
2. เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้
3. เพื่อเสนอแนวทางการจัดทางเดินภายในอาคารให้กว้างพอสำหรับหนีไฟ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในเรื่องการจัดวางผนังสำเร็จรูป และตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ตามแผนผังอาคารซึ่งมีผลต่อเวลาเดินทางจากตำแหน่งที่ทำงานไปสู่ประตูหนีไฟ
2. วิเคราะห์และประเมินเวลาน้อยที่สุดในการอพยพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
3. โปรแกรมการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล ที่ใช้ คือ Fire Dynamic System Version 4 และ Evac Sim Version 1 ในการจำลองการอพยพ

ประโยชน์ของการวิจัย

1. นำเสนอแนวทางเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดวางผังอาคาร
2. สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรม EvacSim สำหรับหาเวลาที่เกิดขึ้นในการหนีไฟให้สอดคล้องกับข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
3. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับเผยแพร่ให้กับบุคคลทั่วไป

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

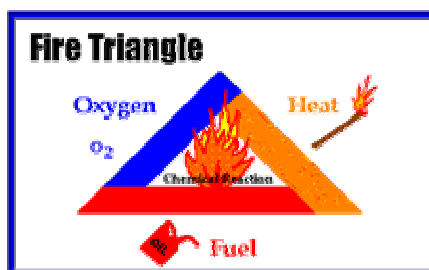
1. ทฤษฎีการเผาไหม้

ปี ค.ศ. 1783 ลาวัวซิเยร์ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการเผาไหม้ของสารเคมี และต่อมาลาวัวซิเยร์จึงได้ค้นพบคุณสมบัติของการเผาไหม้ที่เรียกว่า การสันดาป ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของสารเคมีอย่างรวดเร็วระหว่างสารที่ติดไฟได้กับออกซิเจน ซึ่งเขาได้ตั้งชื่อทฤษฎีนี้ว่าทฤษฎีการเผาไหม้ (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2004)

1.1 กระบวนการการเผาไหม้

เพลิงไหม้ คือ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เราไม่สามารถควบคุมได้ จนก่อให้เกิดความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สินจากการที่เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซออกซิเจน อย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดความร้อน และแสงสว่างเป็นปริมาณมากองค์ประกอบ ของการเผาไหม้นั้นต้องมีองค์ประกอบด้วยกัน 3 อย่างที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ได้คือ (มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศไทย, 2546)

1. เชื้อเพลิง (Fuel)
2. ความร้อน (Heat)
3. ออกซิเจนซึ่งในอากาศมีอยู่ 21 %ของก๊าซทั้งหมด



ภาพที่ 1 รูปสามเหลี่ยมของไฟ

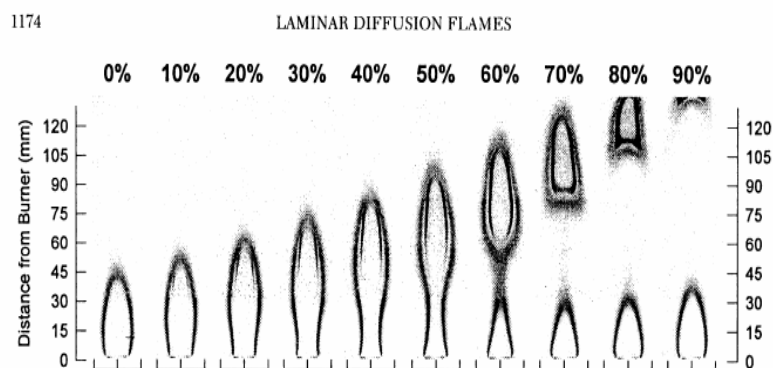
ที่มา: Oklahoma State University (2006)

การเผาไหม้เป็นขบวนการเคมีที่มีการปล่อยพลังงานอย่างต่อเนื่อง ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบครบทั้ง 3 ประการตลอดช่วงเวลาของการติดไฟ การจะจำกัดการติดไฟนั้นทำได้ด้วยการจำกัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ก่อให้เกิดเพลิงไหม้ ส่วนการดับเพลิงนั้นจะใช้น้ำซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไป เนื่องจากปริมาณความร้อนที่น้ำดูดซับเอาไว้นั้นจะกลายเป็นไอน้ำมีปริมาณมากถึง 2256.3 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมากกว่าของเหลวชนิดอื่นๆ การใช้น้ำในการดับเพลิงมีข้อได้เปรียบกว่าการดับเพลิงอื่นๆ ไป ดังนั้นการจำกัดองค์ประกอบการเกิดเพลิงไหม้ ทั้ง 3 ประการออกเพื่อควบคุมปริมาณการเผาไหม้หรือทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้ไฟดับได้แก่

1. การกำจัดเชื้อเพลิงออก
2. การลดปริมาณออกซิเจนจาก 21% ให้ต่ำลงมาที่ 15% ในอากาศ
3. ลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้ต่ำกว่าจุดที่ติดไฟ
4. การตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเผาไหม้

1.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของไฟในพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure Fire Dynamics)

การจุดติดไฟและเกิดเปลวไฟที่แพร่กระจายออกไปมีขนาดเล็ก เช่น การลุกไหม้ของไม้ขีดไฟ หรือเทียนไข ลักษณะของเปลวไฟจะราบเรียบ และคงที่ (Steady) เรียกการแพร่กระจายของเปลวไฟแบบนี้ว่าแบบราบเรียบ (Laminar) ถ้าไฟเริ่มมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ อาจลุกลามไปทั่วทั้งพื้นผิวหน้าเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้เปลวไฟจะเริ่มไม่เสถียร และจะพวยพุ่งหรือเลบออกมาท้ายที่สุด เปลวไฟเปลี่ยนรูปเป็นแบบแปรปรวน (Turbulent) รัศมีของเปลวไฟสูงกว่า 30 ถึง 50 มิลลิเมตรและการกระจายตัวของเปลวไฟขนาดเล็กจะเป็นแบบราบเรียบ สามารถคำนวณหาอัตราการแพร่กระจายของไฟ (Flame Spread Rate) บนพื้นผิวของของแข็ง และอัตราความเสถียรของการลุกไหม้ (Steady Burning Rates) ตามลักษณะทรงเรขาคณิตพื้นฐานต่างๆ เช่น พื้นผิวราบเรียบทรง กระบอก หรือองค์ประกอบของสามเหลี่ยมแห่งไฟ (Fire Triangle) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศเช่นประเทศอเมริกา, อังกฤษ, สวีเดน, ออสเตรเลีย, ญี่ปุ่นและ นิวซีแลนด์ ได้ทำการวิจัยในห้องทดลองและนำค่าเหล่านี้มาสร้างเป็นสมการ Fire Dynamic โดยมีหลักการของการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) และพลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamic) ที่เกิดจากการเผาไหม้ดังภาพที่ 2 ตัวอย่างเปลวไฟที่ได้จากการทดลองเปลวไฟแบบ ราบเรียบ



ภาพที่ 2 การแพร่กระจายของเปลวไฟ

ที่มา: Quintiere (2000)

เนื่องจากอัตราการลุกไหม้จะอยู่ภายใต้การควบคุมของ ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการพา (Convective Heat Transfer) จากเปลวไฟ ไปสู่เชื้อเพลิงของแข็ง และเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซหรือไอ แล้วถ่ายเข้าสู่เปลวไฟขณะเดียวกัน สารที่ออกซิไดซ์กับอากาศจะถ่ายให้กับเปลวไฟ จากทิศทางด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน เนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyancy) ของมวลสารที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และแรงลอยตัวนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาจากเปลวไฟ ไปสู่เชื้อเพลิงของแข็งได้ดียิ่งขึ้น กรณีที่เปลวไฟลามอัตราการแพร่กระจาย จะขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อน การลามของเปลวไฟแบบต่าง ๆ สามารถแสดงให้เห็นว่าการทำนายการลามของไฟ (Quintiere, 2000) ขั้นตอนของการเกิดเพลิงไหม้ในห้องหรือในอาคารเริ่มจาก ขั้นตอนแรกคือเกิดการคายไอสมบรูณ์จนเกิดไฟ และลามบนพื้นผิวของวัสดุนั้น เมื่อไฟดังกล่าวได้ลามต่อไปยังกองวัสดุที่สะสมอยู่ในบริเวณนั้น โดยอากาศร้อนและควันจะแผ่รังสีความร้อน จนทำให้เพลิงไหม้กระจายตัวไปอย่างต่อเนื่องตามผนังอย่างรวดเร็วและทำลายหน้าต่างหรือกำแพงจนเป็นช่องเปิดให้อากาศภายนอกเข้ามาช่วยในการเผาไหม้อย่างสมบรูณ์ หลังจากที่เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงจนหมด และอุณหภูมิในห้องเริ่มลดลง หมายถึง จบกระบวนการเผาไหม้ ในช่วงระหว่างเริ่มเกิดเพลิงไหม้จนถึงช่วงเผาไหม้อย่างสมบรูณ์ สภาพห้องที่เกิดเพลิงไหม้จะมีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณก๊าซต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในภาวะนี้ ปริมาณก๊าซที่มีปริมาณสูงขึ้นได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนก๊าซออกซิเจนที่ช่วยในการเผาไหม้นั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ภาวะเช่นนี้จะอันตรายต่อผู้ที่อาศัยในอาคารและนักผจญเพลิงเรียก ปรากฏการณ์นี้ ช่วงไฟลุกไหม้ (Flashover) ผลการทดลองและวิจัยจากสถาบัน NIST (National Institute of Standards and Technology) ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับตัวบ่งชี้การเกิดช่วงไฟลุกไหม้ว่า เป็นเชื้อเพลิงที่ลุกไหม้ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีและการพาความร้อนซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่นำไปสู่ขั้นตอนไฟลุกไหม้ รวมถึง

ขนาดช่องระบายอากาศขนาดของห้องและชั้นบนของก๊าซร้อน (Hot Gas Upper Layer) ภายในห้อง ซึ่งมีส่วนต่อการเกิดช่วงไฟลุกลามได้เช่นกัน

2. ทฤษฎี พลศาสตร์อวกาศ

หลักการพลศาสตร์อวกาศ เป็นการนำทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamic) ที่เกิดการเผาไหม้ คุณลักษณะการแผ่รังสีจากเปลวไฟขนาดใหญ่ รวมถึงความสามารถในการติดไฟ เพื่ออธิบายช่วงการติดไฟขนาดเล็ก และการศึกษาไฟขนาดใหญ่ของการเกิดเพลิงไหม้ในห้องหรือในอาคารนั้น ประเทศไทยยังไม่มีนักวิจัยและขาดนักวิจัยที่มีประสบการณ์ในเรื่องนี้ เนื่องจากการอธิบายการเคลื่อนที่ของไฟแบบแปรปรวนและการแผ่รังสีของเปลวไฟทำได้ยากมาก วัฏปฏิบัติที่ผ่านมามีประเทศไทยได้รับวิทยาการทางด้านพลศาสตร์อวกาศ มาจากต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ สวีเดน ญี่ปุ่น และ นิวซีแลนด์ ที่มีห้องปฏิบัติการที่ทันสมัยและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวิจัยมากมาย

สำหรับห้องปฏิบัติการของต่างประเทศที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ได้มีการทดสอบ ค้นคว้าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของไฟแบบ Full-Scale และนำมาสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่มีความสลับซับซ้อนมากมาใช้ในการพัฒนาการเจริญเติบโตของไฟ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการจุดติดไฟ (Ignition) ไปจนถึงขั้นเริ่มเติบโต (Growth) ลูกไฟพร้อมกันหมดทั้งห้องและลุกลามไปสู่ห้องข้างเคียง หรืออาคารอื่นด้วยการสร้างแบบจำลองเสมือนไฟด้วยคอมพิวเตอร์ (Fire Modeling Computer Programmer) แสดงให้เห็นภาพการเคลื่อนที่ของไฟไปยังตำแหน่งต่างๆ ณ ช่วงเวลาที่กำหนดในรูปแบบของการสร้างแบบจำลองเสมือน

การที่ไฟจะเกิดลุกลามขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูง (ΔT) เท่ากับ 575 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส การหาค่าไฟลุกลามแล้วส่วนใหญ่ จะใช้ผลที่ได้จากการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ออกมาจากไฟลุกลามที่ได้จากการทดลองหาค่าอัตราการคายความร้อน (Heat Release Rate) ค่าที่ต่ำที่สุดที่จะทำให้เกิดไฟลุกลามขึ้นได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของช่องเปิดที่อากาศถ่ายเทเข้าออกภายในห้อง

การสร้างแบบจำลองภาพเสมือนที่ใช้งานแบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

2.1 การจำลองแสดงผลแบบแบ่งเขต (Zone Model) เป็นรูปแบบการจำลองภาพเสมือนที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ของควัน หรือความร้อนที่เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยหลักการแล้วสามารถนำภาพ การจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มควันมาหาระยะเวลาที่เคลื่อนที่ไปในทุกช่วงเวลาที่ต้องการเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณหาระยะเวลาการอพยพหนีไฟ

2.2 การจำลองพลศาสตร์การไหล (Computational Fluid Dynamics Model; CFD) เป็นรูปแบบการจำลองภาพเสมือนที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ของไฟตั้งแต่เริ่มจุดติดไฟ และการคายไอของมวลสารจนถึงสุดขบวนการเผาไหม้ ในรูปของภาพเสมือนจริง นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนา CFD ให้สามารถเขียนรูปอาคารลงในโปรแกรม ตัวอย่างของ CFD ที่ใช้งานแบ่งออกได้ 3 แบบซึ่งจะอยู่รวมกันหรือแยกกันก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานนำไปใช้งานประเภทใด

2.2.1 Turbulence Submodel แบบจำลองนี้เกี่ยวกับผลรับโดยตรงที่เกิดความเปลี่ยนแปลงของการไหลและการขยายตัวของไฟในพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง

2.2.2 Radiation and Soot Submodel แบบจำลองนี้เป็นการคำนวณ ค่าความร้อนและเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มวลสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว และดูการเคลื่อนที่ของมวลสารที่ติดไฟว่ามีกาให้พลังงานความร้อนรวมถึงน้ำหนักของมวลสาร ที่ถูกเผา

2.2.3 Combustion Sub-Model แบบจำลองนี้เกี่ยวกับการจุดติดไฟในลักษณะของเปลวไฟโดยพิจารณาคุณสมบัติของมวลสาร ที่เกิดการเผาไหม้เพื่อพิจารณาการผสมระหว่างอากาศกับมวลสารที่ได้รับการเผาไหม้ว่ามีการจุดติดไฟ อย่างสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ อย่างไร รวมถึงค่าพลังงานปลดปล่อยความร้อนที่ได้จากมวลสารนั้นๆ

โมเดลการคำนวณวิเคราะห์การพัฒนาของเพลิงไหม้ได้เริ่มมีอย่างจริงจังตั้งแต่ประมาณ ปี 1960 (เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติครั้งที่ 1) และได้มีการพัฒนาโมเดลต่างๆ อย่างต่อเนื่องและมีความแม่นยำเพียงพอและเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรม จุดประสงค์ส่วนหนึ่งของการพัฒนาคือนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อน และเป็นเครื่องมือสำคัญในการใช้ประเมินความเสี่ยงภัยอันตรายจากเหตุเพลิงไหม้ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานแบบเชิงประสิทธิผล (Performance Based) ซึ่งจะแตกต่างกับ

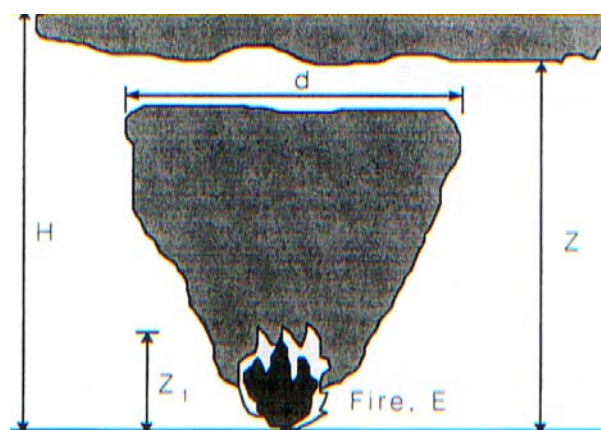
มาตรฐานแบบกำหนดรายละเอียด (Prescriptive Based) มาตรฐานแบบเชิงประสิทธิผล เริ่มเป็นที่นิยมใช้ในต่างประเทศสำหรับเป็นทางเลือกให้กับวิศวกร และสถาปนิกที่ต้องการออกแบบอาคารที่มีข้อจำกัดในเรื่องของงานโครงสร้างอาคาร หรือทางด้านสถาปัตยกรรมแต่คิดค่าใช้จ่ายของข้อกำหนดของแต่ละประเทศที่เรียกว่ามาตรฐานแบบกำหนดรายละเอียด การคำนวณวิเคราะห์เหตุการณ์เพลิงไหม้ที่เราสมมุติขึ้นมานั้น ต้องมีการปรับเปลี่ยนผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไปจนกว่าผลลัพธ์นั้นจะได้ตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ ทั้งนี้ผู้ออกแบบเองจะต้องมีความรู้ และความเข้าใจกระบวนการออกแบบงานที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมความปลอดภัยมาเป็นอย่างดี

3. อัตราการระบายควันไฟและตำแหน่งต้นเพลิง

(คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร, 2545) การที่จะทำให้ระดับพวยควันอยู่ในระดับปลอดภัยจะต้องมีการระบายควัน การระบายควันไฟออกจากอาคารสามารถทำได้ 2 วิธีคือ โดยวิธีธรรมชาติและโดยใช้พัดลมช่วยสิ่งแรกที่ต้องทำคือหาว่าปริมาณควันไฟที่เกิดขึ้นมีจำนวนเท่าใด เมื่อทราบปริมาณควันไฟจะสามารถหาขนาดช่องเปิด (วิธีธรรมชาติ) หรือขนาดพัดลมได้

ในการคำนวณ เรื่องการควบคุมควันไฟ มักจะให้ความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน (Convection Heat, EC) ประมาณ 70% ของพลังงานความร้อนทั้งหมด (E) ในห้องสูงจะมีอากาศโดยรอบมากกว่าห้องธรรมดา อากาศร้อนหรือควันร้อนเมื่อลอยตัวขึ้นจะเหนี่ยวนำอากาศรอบเข้ามาผสมกับควันไฟทำให้ปริมาณควันไฟเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ดังนั้นเมื่อควันลอยสูงขึ้นจึงมักไม่ร้อนมาก ความหนาแน่นของควันจึงมักจะใกล้เคียงกับอากาศมีค่าประมาณ 1.2 kg/m^3 (0.075 lb/ft^3) การระบายควันที่เพียงพอ หมายความว่า เราสามารถควบคุมให้อัตราการระบายควันไฟไม่น้อยกว่าอัตราการเกิดควันไฟ เมื่อใดที่อัตราการระบายควันไฟเท่ากับ อัตราการเกิดควันไฟเมื่อนั้นระดับของควันไฟจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Equilibrium) ดังนั้นตำแหน่งของไฟมีความสำคัญต่ออัตราการเกิดควันไฟซึ่งจำแนกการเกิดควันไฟได้ 5 ลักษณะตามตำแหน่งของต้นเพลิงซึ่งแต่ละแบบจะให้พลังงานความร้อนและปริมาณควันไฟที่ไม่เหมือนกันดังนี้

1. ควันไฟเกิดกลางโถง (Axisymmetric Plum) ต้นเพลิงอยู่กลางโถงจะแผ่รังสีความร้อนออกทุกทิศทางและดึงอากาศข้างเคียงเข้ามาทุกทิศทางตามรูปที่ 3 พบว่ามวล (Mass) และปริมาตร (Volume) การเกิดควันไฟมีความสัมพันธ์กับขนาดเพลิง (E) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ควันไฟเกิดกลางโถง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

มวลการเกิดควันไฟ [Mass Flow Rate, kg/s (lb/s)]

$$E_c = 0.7E \quad (1)$$

$$Z_f = C E_c^{2/5} \quad C = 0.159 (0.533) \quad (2)$$

$$Z < Z_f, \quad m = C_1 E_c^{3/5} Z \quad C_1 = 0.030 (0.0208) \quad (3)$$

$$Z < Z_f, \quad m = C_2 E_c \quad C_2 = 0.00474 (0.011) \quad (4)$$

$$Z > Z_f, \quad m = C_3 E_c^{1/3} Z^{5/3} + C_4 E_c \quad (5)$$

$$C_3 = 0.071(0.022) \quad C_4 = 0.0018(0.0042)$$

หรือคิดเป็นปริมาตรการไหล [Volumetric Flow Rate, m³/s (cfm)] (ความหนาแน่น 1.2 kg/m³)

$$Z < Z_f, \quad Q = C_5 E_c^{3/5} Z \quad C_5 = 0.025 (16.64) \quad (6)$$

$$Z=Z_f, \quad Q = C_6 E \quad C_6 = 0.00395 \quad (8.8) \quad (7)$$

$$Z>Z_f \quad Q = C_7 E c^{1/3} Z^{5/3} + C_8 E c \quad (8)$$

$$C_7 = 0.059(17.6) \quad C_8 = 0.0015 \quad (3.36) \quad (9)$$

โดยที่

M คือ อัตราการเกิดมวลควันไฟ, kg/s (lb/s)

Q คือ อัตราการเกิดปริมาตรควันไฟ, m³/s (cfm)

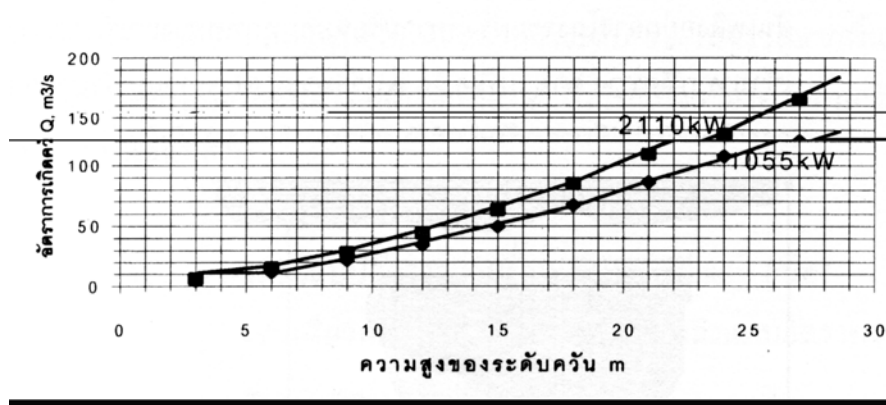
E คือ Fire Heat Release Rate, kW (btu/s)

Ec คือ Convection Heat, kW (btu/s) = 0.7E

Z คือ ความสูงของระดับควันไฟ, m (ft)

Z_f คือ ความสูงจำกัดของไฟ, m (ft)

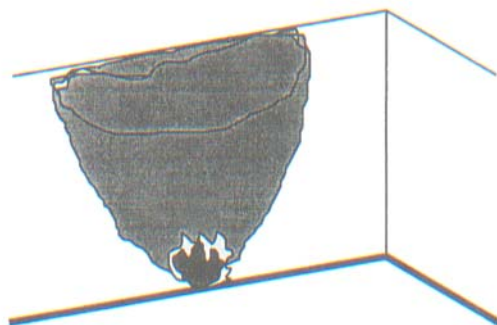
ส่วนมากจะพบว่า $Z > Z_f$ ก็ใช้สมการ (45) เช่นสมมติให้ที่ต้นเพลิงมีความร้อน 1055 kW (1,000btu/s) และ 2110kW (2,000 btu/s) จากสมการนี้นำมาเขียนกราฟ จะได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อัตราการเกิดควันไฟกลางโถง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

2. ควันไฟเกิดที่ผนัง (Wall Plume) ตามภาพที่ 5 ดันเพลิงลักษณะนี้จะให้ พลังงานความร้อนเป็นสองเท่าของต้นเพลิงพื้นที่ แต่มันจะดึงอากาศข้างเคียงเข้ามาได้ครึ่งหนึ่งของต้นเพลิงอยู่กลางพื้นที่ จะได้ว่ามวลและปริมาตรการเกิดควันไฟมีค่าดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ควันไฟเกิดที่ผนัง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

มวลการเกิดควันไฟ [Mass Flow Rate, kg/s (lb/s)]

$$E_c = 2 \cdot 0.7E \quad (10)$$

$$Z_f = C E_c^{2/5} \quad C = 0.159 \text{ (0.533)} \quad (11)$$

$$Z < Z_f, \quad m = C_{1w} E_c^{3/5} Z \quad C_{1w} = C_{1/2} = 0.015 \text{ (0.0104)} \quad (12)$$

$$Z = Z_f \quad m = C_{2w} E_c \quad C_{2w} = C_{2/2} = 0.00237 \text{ (0.0055)} \quad (13)$$

$$Z > Z_f \quad m = C_{3w} E_c^{1/3} Z^{5/3} + C_{4w} E_c \quad (14)$$

หรือคิดเป็นปริมาตรการไหล [Volumetric Flow Rate, m^3/s (cfm)] (ความหนาแน่น 1.2 kg/m^3)

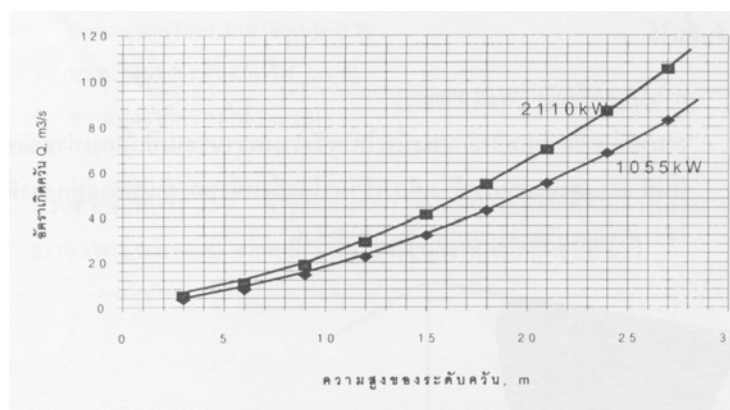
$$Z < Z_f, \quad Q = C_{5w} E_c^{3/5} Z \quad C_{5w} = C_{5/2} = 0.0125 \quad (8.32) \quad (15)$$

$$Z=Z_f, \quad Q = C6wEc \quad C6w = C6/2 = 0.001975 \quad (4.4) \quad (16)$$

$$Z=Z_f, \quad Q = C7wEc^{1/3}Z^{5/3} + C8wEc \quad (17)$$

$$C7w = C7/2 = 0.0295(8.8) \quad C8w = C8/2 = 0.00075(1.68)$$

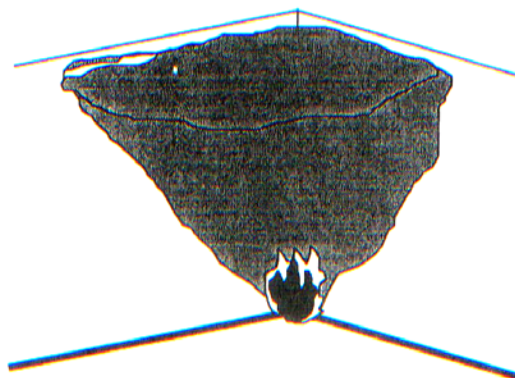
$Z > Z_1$ ที่ต้นเพลิงมีความร้อน 1055kW (1000 btu/s) และ 2110kW (2000 btu/s) ได้กราฟตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อัตราการเกิดควันไฟที่ผนัง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

3. ควันไฟเกิดที่มุมห้อง (Corner Plume) ตามภาพที่ 7 ต้นเพลิงจะให้ความร้อนเป็นสี่เท่าของต้นเพลิงอยู่กลางพื้นที่แต่ผนังสามารถดึงอากาศข้างเคียงเข้ามาได้เพียงหนึ่งในสี่ของต้นเพลิงอยู่กลางพื้นที่



ภาพที่ 7 คว้นไฟเกิดที่มุมห้อง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

มวลการเกิดคว้นไฟ [Mass Flow Rate, kg/s (lb/s)]

$$E_c = 4 \cdot 0.7E = 2.8E \quad (18)$$

$$Z_f = C E_c^{2/5} \quad C = 0.159 \text{ (0.533)} \quad (19)$$

$$Z < Z_f, \quad M = C_1 E_c^{3/5} Z \quad C_{1c} = C_1/4 = 0.0075 \text{ (0.0052)} \quad (20)$$

$$Z = Z_f, \quad M = C_2 E_c \quad C_{2c} = C_2/4 = 0.001185 \quad (21)$$

$$Z > Z_f, \quad M = C_3 E_c^{1/3} Z^{5/3} + C_4 E_c \quad (22)$$

$$C_{3c} = C_3/4 = 0.01775 \text{ (0.0055)} \quad C_{4c} = C_4/4 = 0.00045 \text{ (0.00105)}$$

หรือคิดเป็นปริมาตรการไหล [Volumetric Flow Rate, m^3/s (cfm)] (ความหนาแน่น 1.2 kg/m^3)

$$Z < Z_f, \quad Q = C_5 E_c^{3/5} Z \quad C_{5c} = C_5/4 = 0.00625 \text{ (4.16)} \quad (23)$$

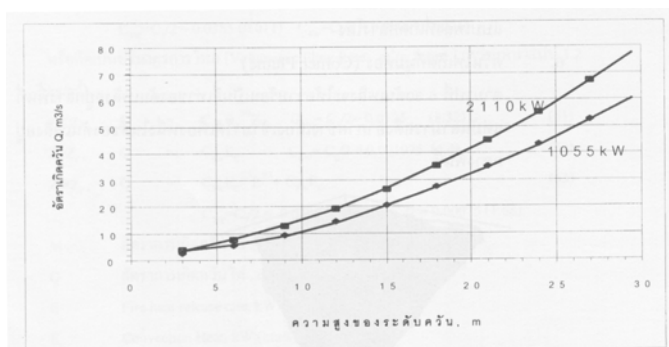
$$Z=Z_f \quad Q = C6cEc \quad C6c=C6/4 = 0.0009875(2.2) \quad (24)$$

$$Z>Z_f \quad Q = C7cEc^{1/3}Z^{5/3}+C8cEc \quad (25)$$

$$C7c = C7/4 = 0.01475(4.4) \quad C8c = C8/4 = 0.000375 (0.84)$$

โดยที่

และที่ Z (Z_1) ที่ต้นเพลิงมีความร้อน 1055 kW (1000 btu/s) และ 2110 (2000 btu/s) จะได้กราฟตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 อัตราการเกิดควันไฟที่มุมห้อง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

4. ควันไฟเกิดได้ระเบียง (Balcony Plume) ดังแสดงในภาพที่ 9 ที่พบเห็นมากได้แก่ ศูนย์การค้าต่างๆ ที่มีช่องโถงตรงกลาง และมีทางเดินหน้าร้านค้าติดกับช่องโถงดังกล่าว เมื่อเกิดเหตุการณ์แบบนี้ควันไฟจะลอยขึ้นไปยังอยู่ตามฝ้าเพดาน ถ้าฝ้าเพดานมีความลึกมากก็จะเก็บควันไฟไว้ได้นาน เมื่อใดที่ควันไฟทะลักเข้ามาในช่องโถงจะทำให้ควันไฟกระจายไปพื้นที่อื่นๆ ได้ ดังนั้นเราจะพบว่าในบางที่ โดยเฉพาะต่างประเทศที่มีข้อกำหนดเรื่องการควบคุมควันไฟใช้จะเห็นว่าจะมีการติดตั้งแผ่นกันควันไฟ (Draft Curtains) รอบๆ ช่องโถงบางครั้งเป็น Automatic Roller Shutter ที่สามารถปิดได้เมื่อไฟไหม้ ได้มีการวิจัยและทำเป็นสูตรหรือสมการต่อไปนี้

$$M = C9 (EW^2)^{1/3} (Zb+0.3H) [1+0.063(Zb+0.6H)/W]^{2/3} \quad (26)$$

$$Q = C10 (EW^2)^{1/3} (Zb+0.3H) [1+0.063(Zb+0.6H)/W]^{2/3} \quad (27)$$

$$C9 = 0.41(0.124) \quad C10 = 0.34 (99.2) \quad (28)$$

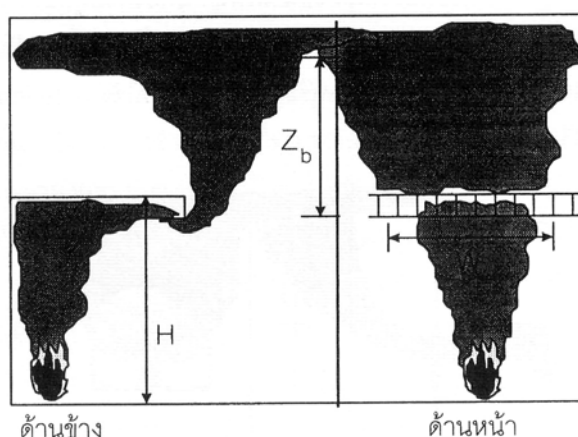
โดยที่

Zb = ความสูงของควันทอดจากใต้พื้นระเบียง (ขอบล่างที่ต่ำสุด) m (ft)

W = ความกว้างควันทอดที่ม้วนตัวไปตามระเบียง, m (ft)

H = ระยะจากไฟถึงพื้นด้านบนของระเบียง m, ft

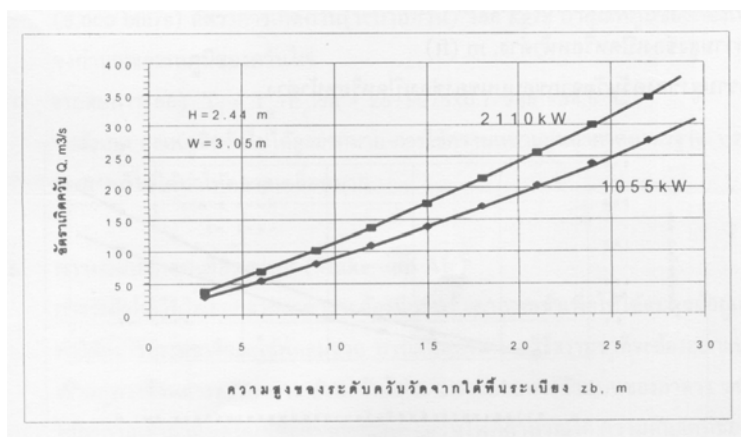
ค่าที่อาจจะยุ่งยากในการประมาณบ้างคือ W หรือระยะที่ควันทอดม้วนตัวไปตามระเบียง ที่จะต้องใช้ในสูตรข้างต้น มีนักวิจัยบางคนแนะนำให้ใช้ประมาณ 1.25 เท่าของ kW (btu/s) ความสูงจากไฟถึงใต้พื้นระเบียง (H) ตามภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ควันทอดเกิดใต้ระเบียง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

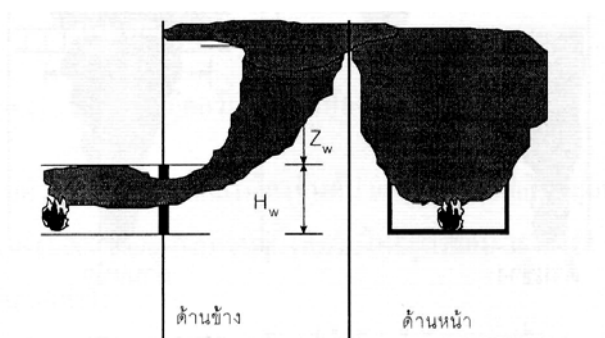
อัตราการเกิดควันทอดสามารถคำนวณหาได้จากสูตรข้างต้น ซึ่งสามารถแสดงด้วยกราฟดังภาพที่ 10 โดยกำหนดให้ระยะจากต้นเพลิงถึงระเบียง (H) /2.44 m(8ฟุต) และควันทอดม้วนตัวไปได้ระยะทาง(W) 3.05m (10 ฟุต) เมื่ออัตราความร้อนเป็น 1055kw(1000 btu/s) และkW(2000 btu/s) ตามลำดับ อัตราการเกิดควันทอดที่ใต้ระเบียงแสดงอยู่บนแกน Y ตามภาพที่ 10



ภาพที่ 10 อัตราการเกิดควันไฟได้ระเบียง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

5. ควันไฟจากหน้าต่างหรือช่องเปิดบนผนัง (Window Plume) ตามภาพที่ 11 โถงสูงมีร้านค้ามีผนังปิด แต่มีหน้าต่างเปิดอยู่บนผนังและมีเพลิงไหม้ที่ร้านค้านี้หรือห้องจัดเลี้ยงขนาดใหญ่ที่มีห้องควบคุมแสงและเสียงอยู่ในระดับบนและมีไฟไหม้ภายในห้องควบคุมดังกล่าว ควันไฟที่ออกมาจากห้องควบคุมจะเข้าลักษณะนี้ มีการวิจัยและทำเป็นสมการหรือสูตรสำเร็จ เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเกิดควันไฟเช่นกันดังต่อไปนี้



ภาพที่ 11 ควันไฟจากช่องเปิดบนผนัง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

$$M = C_{11} (A_w H_w^{1/2})^{1/3} (z_w + 2.4 A_w^{2/5} H_w^{1/5} - 2.1 H_w)^{5/3} + C_{12} A_w H_w^{1/2} \quad (29)$$

$$Q = C_{13} (A_w H_w^{1/2})^{1/3} (z_w + 2.4 A_w^{2/5} H_w^{1/5} - 2.1 H_w)^{5/3} + C_{14} A_w H_w^{1/2} \quad (30)$$

$$C_{11} = 0.68(0.077) \quad C_{12} = 1.59(0.18) \quad C_{13} = 0.57(61.6) \quad C_{14} = 1.33(144)$$

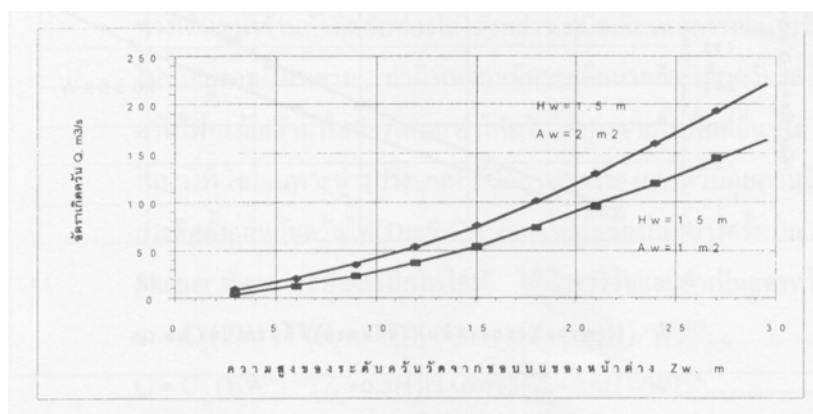
โดยที่

A_w คือ พื้นที่ช่องเปิดหรือช่องหน้าต่าง $m^2 (ft^2)$

H_w คือ ความสูงช่องเปิดหรือหน้าต่าง, m (ft)

Z_w คือ ความสูงของควันทัดจากขอบบนของช่องเปิดหรือหน้าต่าง

จากสมการ(65) สามารถเขียนเป็นกราฟดังภาพที่12 ขนาดช่องเปิดมีขนาด $2 m^2$ และ $1 m^2$ สูง $1.5 m$



ภาพที่ 12 อัตราการเกิดควันทัดจากช่องเปิดบนผนัง

ที่มา: คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

4. มาตรฐานการอพยพหนีไฟของประเทศญี่ปุ่น (2003)

4.1 แนวความคิดพื้นฐานของการวางแผนอพยพหนีไฟ

มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศญี่ปุ่น (2546) แนวความคิดพื้นฐานในการวางแผนอพยพคือ ต้องสามารถอพยพผู้คนได้หมดก่อนที่ควันไฟจะมีปริมาณมากจนถึงระดับที่เป็นอันตราย ปริมาณควันในระดับที่เป็นอันตราย ก็คือ ควันที่สะสมตัวจนลอยต่ำลงมาบดบังเส้นทางหนีไฟ และระยะเวลาในการอพยพจะต้องน้อยกว่าระยะเวลาที่ควันจะลอยต่ำลงมา

$$T_{evacuation} < T_s \quad (31)$$

โดยที่

($T_{evacuation}$ คือเวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมดหน่วยเป็นนาที T_s คือเวลาที่ควันไฟลอยต่ำลงมาอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายหน่วยเป็นนาที)

4.1.1 เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด ($T_{evacuation}$) คือ ระยะเวลาที่คิดรวมจากเวลา 2 ช่วงได้แก่เวลาที่ใช้ในการเริ่มอพยพ (t_{start}) และเวลาที่ใช้ในการอพยพนับจากช่วงเริ่มทำการอพยพ ($T_{evacuation}$)

$$T_{evacuation} = t_{start} + t_{evacuation} \quad (32)$$

t_{start} และ $t_{evacuation}$ สามารถแบ่งย่อยได้อีก คือ

$$t_{start} = t_{awareness} + t_{decision} \quad (33)$$

โดยที่

$t_{awareness}$ คือ เวลาที่ผู้คนเริ่มรับรู้ถึงเพลิงไหม้(หน่วยเป็นนาที)

$t_{decision}$ คือ เวลาที่ใช้ในการตัดสินใจอพยพ(หน่วยเป็นนาที)

$$t_{evacuation} = t_{travel} + t_{queue} \quad (34)$$

โดยที่

t_{travel} คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางผ่านเส้นทางอพยพ $t_{travel} = L / V$

t_{queue} คือ เวลาที่ใช้ในการผ่านจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ

$$t_{queue} = P / NB$$

และ

L คือ ความยาวของเส้นทางหนีไฟ (หน่วยเป็นเมตร)

V คือ ความเร็วในการเดิน (หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที)

P คือ จำนวนของผู้ใช้อาคาร (หน่วยเป็นคน)

B คือ ความกว้างสุทธิของจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ
(หน่วยเป็นเมตร)

N คือ สัมประสิทธิ์การปล่อยออก (คน/เมตร/นาที)

4.1.2 เวลาสำหรับการเพิ่มของระดับชั้นควันไฟถึงระดับที่มีความอันตราย (T_s)

$$T_s = \sum t_j \quad (35)$$

โดยที่

T_s คือ เวลาสะสมที่ควันไฟขยายไปสู่พื้นที่หน้าบันใดหนีไฟ
(หน่วยเป็นนาที)

t_j คือ เวลาของควันไฟที่ลั่นออกไปสู่ห้องอื่นๆ โดยกำหนดให้คิดใน
ทิศทางจากจุดศูนย์กลางของเพลิงถึงบันใดหนีไฟ (หน่วยเป็นนาที)

สมการสำหรับวางแผนในการอพยพที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่นสำหรับเวลาที่ควันไฟ
จะลั่นไปสู่ห้องอื่นๆ คือ

$$t_j = [A_{room} * (H_{room} - H_{lim})] / (V_s - V_e * 0.01) \quad (36)$$

โดยที่

A_{room} คือ พื้นที่ของพื้นที่ห้อง(หน่วยเป็นตารางเมตร)

H_{room} คือ ความสูงเฉลี่ยของเพดาน(หน่วยเป็นเมตร)

H_{lim} คือ ความสูงของชั้นควันไฟที่ก่อให้เกิดอันตรายวัดจากระดับพื้น
(หน่วยเป็นเมตร)

V_s คือ ปริมาตรของควันไฟที่กำเนิดขึ้น(หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

V_e คือ ปริมาตรของควันไฟที่ระบายออก(หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

4.2 ความจุของเส้นทางอพยพ

เส้นทางหนีไฟที่ใช้ในการอพยพนั้นจะต้องมีความจุเพียงพอ ที่จะทำให้การอพยพเป็นไปอย่างราบรื่น ความจุของเส้นทางหนีไฟดูที่ความกว้างของเส้นทาง ในมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยบางประเทศได้กำหนดความกว้างที่น้อยที่สุดที่ยอมรับสำหรับทางหนีไฟ โดยความกว้างจะขึ้นกับจำนวน ผู้ที่อยู่ภายในอาคาร ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา (NFPA) ได้กำหนดการหาความกว้างของเส้นทางหนีไฟเป็นดังนี้

4.2.1 ความกว้างของบันไดหนีไฟต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามสูตร โดยที่กำหนดให้เวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกมาทั้งหมดไม่เกิน 2 นาทีเพราะฉะนั้นเวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด

$$T = P / (B * N_{eff}) = P / (P * W * N_{eff}) = 1 / [0.3 * (45 / 22)] = 1.63 \text{ min} \quad (37)$$

โดยที่

T คือ เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมดไม่เกิน 2 นาที

P คือ จำนวนคนภายในอาคาร(หน่วยเป็นคน)

B คือ ความกว้างของบันไดหนีไฟ(หน่วยเป็นเมตร)

W คือ ค่าความกว้างต่อจำนวนคนภายในอาคารมีค่าเท่ากับ 0.3 นิ้วต่อคน

N_{eff} คือ เวลาที่ใช้ในการอพยพเท่ากับ 45 คน/หน่วย/นาที โดย 1 หน่วย=22 นิ้ว

4.2.2 ความกว้างของโถงทางเดินจะต้องเพียงพอที่จะอพยพผู้คนหมดภายใน 2 นาที เพราะฉะนั้น เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด

$$T = P / (P * W * N_{eff}) = 1 / [0.2 * (60 / 22)] = 1.83 \text{ min} \quad (38)$$

โดยให้ $W = 0.2$ นิ้วต่อคน $N_{eff} = 60$ คน/หน่วย/นาที, 1 หน่วย = 22 นิ้ว

มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศญี่ปุ่น (2546) ให้ใช้ตัวเลขสัมประสิทธิ์การอพยพในการคำนวณ เป็น 80 คน/เมตร/นาที สำหรับบันไดหนีไฟ และ 90 คน/เมตร/นาที สำหรับทางหนีไฟในประเทศอื่นๆ ไม่มีการสำรวจค่าสัมประสิทธิ์ในการอพยพออกมาชัดเจน เนื่องจากจำนวน ผู้อพยพมีผลอย่างมากกับการสำรวจได้แก่

ความรีบร้อนในการอพยพหรือปริมาณของจำนวน กลุ่มคนในประเทศญี่ปุ่น ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ในการอพยพคนเป็นค่ามาตรฐานตายตัว สำหรับใช้ในการคำนวณ คือ 1.5 คน/เมตร/วินาทีในแนวราบ และ 1.3 คน/เมตร/วินาที ในแนวตั้ง

4.3 ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับประสิทธิภาพการอพยพเคลื่อนย้าย (SFPE HANDBOOK)

การตัดสินใจของมนุษย์จะต้องมีช่วงเวลาในการตัดสินใจ โดยปกติทั่วไปแล้วคนจะไม่กระทำการใดๆ โดยขาดสติยั้งคิดถ้าหากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำอย่างนั้น

ในสถานการณ์แบบนี้การอพยพแบบกลุ่มจึงจำเป็นต้องมีการตัดสินใจอย่างเร่งด่วน Latane and Darley (1968) ได้ชี้ให้เห็นถึงการตัดสินใจที่แสดงออกของคนในสถานการณ์ฉุกเฉินตามความต้องการที่ชัดเจนนอกจาก นั้น MacLenna (1986) ยังให้ความเห็นว่าคนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมักจะมีการตอบสนองที่ช้าต่อการได้ยินเสียงสัญญาณเตือนภัย จนกระทั่งแน่ใจคนทั้งหมดจึงยอมรับว่ามีเหตุการณ์ฉุกเฉิน การฝึกฝน และข้อมูลเวลาจริงในการเกิดไฟไหม้ จะสามารถช่วยลดความล่าช้าที่อาจเกิดขึ้นต่อการตอบสนองเหตุการณ์ฉุกเฉินได้

Levin (1985) ได้ทำการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่งเกี่ยวกับความสัมพันธ์และปฏิกิริยาของคนซึ่งมีความเกี่ยวข้องกัน โดยมุ่งเน้นเพื่อให้มีการแบ่งแยกให้ชัดเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรณีที่เกิดขึ้นที่เฉพาะ Levin (1985) ได้แบ่งลำดับขั้นตอนการตอบสนองดังนี้

1. การตอบสนองโดยเชื่อว่าเกิดเพลิงไหม้ แต่ยังไม่แน่ใจ
2. การตอบสนองโดยเชื่อว่าน่าจะเกิดเหตุเพลิงไหม้
3. การตอบสนองโดยมั่นใจว่าเกิดเพลิงไหม้ และเห็นควันไฟ ที่ทำให้เชื่อว่าจะมีอันตรายจากเหตุเพลิงไหม้
4. การตอบสนองโดยเห็นไฟ

ด้วยหลักการอย่างใดอย่างหนึ่งของการตอบสนองความสัมพันธ์ และปฏิกิริยาของคนในรูปแบบที่ 1 จะมีการหาข้อมูล ในทางกลับกัน ถ้าอยู่ในกรณีที่ 4 ก็จะตอบสนองด้วยการอพยพทันที ส่วนในกรณีที่ 2 และ 3 บางคนจะพยายามหาข้อมูลก่อน แต่บางคนก็พยายามหนี ในการตอบสนองรวมไปถึงกรณีที่พยายามยับยั้งไฟไหม้ การเตือนภัยผู้อื่น และอพยพออกจากอาคาร จากการศึกษาของ Levin (1985) พบว่า 50% ของกรณีที่ 2 และ 35% ของกรณีที่ 3 จะพยายามหาข้อมูลก่อนทำการอพยพ

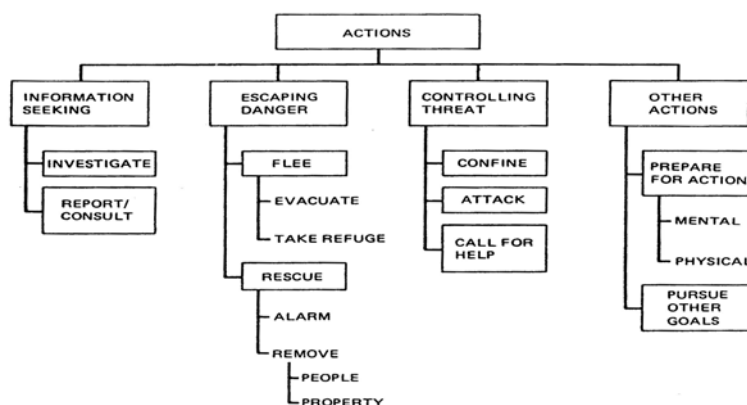
4.4 เวลาในการอพยพ (SFPE HANDBOOK)

จากข้อมูลที่ได้จัดบันทึกไว้โดยขณะที่คนกำลังจะทำการอพยพแต่ยังไม่มั่นใจว่าเกิดเหตุฉุกเฉินจริงจึงพยายามหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความมั่นใจ โดยขณะนั้นจะเป็นการอยู่คนเดียว หรืออยู่กันเป็นกลุ่มเล็กๆ ก็ตาม Sime (1984) ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเหตุการณ์เพลิงไหม้โรงแรมพลที่ได้ก็คือผู้คนพยายามหาข้อมูลเพื่อนำมาตัดสินใจ จากจุดนี้เองจึงเห็นได้ว่าการให้ข้อมูลด้วยการแจ้งเตือนภัยที่ชัดเจนมีผลต่อเวลาการอพยพ

4.5 ปฏิกริยาในรูปแบบอื่น

เมื่อคนที่อยู่คนเดียวตัดสินใจแล้วว่าจะทำการอพยพหนีไฟ การตอบสนองจึงอาจมีผลและไม่มีผลต่อความเร็วในการอพยพ ในภาพที่ 11 เป็นแผนผังแสดงให้เห็นถึงปฏิกริยาตอบสนองในรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่นการตัดสินใจหนี, ช่วยเหลือผู้อื่นหรือต้องตัดสินใจทำอะไรสักอย่างจากการตัดสินใจ เหล่านี้ล้วนมีผลไปถึงความปลอดภัยที่จะได้รับซึ่งการตอบสนองบางอย่างมีผลกระทบต่อการอพยพเคลื่อนย้ายด้วยกัน 4 ประการด้วยกันคือ

1. การสอบสวนหาข้อมูลและการรายงานผล
2. หลบภัยจากอันตรายด้วยการอพยพคนและทรัพย์สิน
3. ควบคุมความเสี่ยงด้วยการอยู่ในที่ปลอดภัยและขอความช่วยเหลือ
4. ปฏิบัติอื่นเช่นการเตรียมพร้อมทางด้านอารมณ์หรือการช่วยเหลือจากที่อื่น



ภาพที่ 13 รูปแบบปฏิกิริยาตอบสนองรูปแบบต่างๆ

ที่มา: Society of Fire Protection Engineers (1995)

การให้ข้อมูลตามเวลาจริง เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเป็นการแสดงถึง ความมั่นใจต่อการตอบสนองของคนซึ่งมีความล่าช้าและผลกระทบน้อยที่สุดต่อการตอบสนองของคนที่ไม่อพยพหนีไฟ

4.6 การหาทางออก

การหาทางออกถือเป็นเรื่องสำคัญที่เกี่ยวข้องกับจำนวนคนที่อพยพ มักจะมีปัญหามากตามมาเมื่ออาคารมีทางออกหลายทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาทางออก ก็คือการทำเครื่องหมายบอกทิศทางของทางหนีไฟ Ozel (1986) ได้สรุปผลการที่วิจัยเกี่ยวกับการหาทางออก กรณีอพยพหนีไฟ เมื่อมีเหตุการณ์เพลิงไหม้ ความสามารถของแต่ละคนในการหาทางออกขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ยืนอยู่ของคน และโดยภาพรวมแล้วคนส่วนใหญ่จะพยายามนึกถึงทางหนีไฟตามรูปแบบความคิดของตนเองที่พอจะคิดได้ ข้อกำหนดอื่นที่มีผลต่อการหาทางออก คือ 1) ความสับสนกับพื้นที่ตามลักษณะรูปร่างของอาคาร 2) เครื่องหมายต่างๆ ที่จะเป็นตัวบอกได้ว่าเส้นทางไหนเป็นทางออกทางไหนเป็นทางตัน

ในการหาทางออกนั้นจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการอพยพในกรณีที่พื้นที่ต่อคนมีน้อยมาก และคนไม่คุ้นเคยต่อเส้นทางการอพยพ การอพยพจะมีประสิทธิภาพที่ดีได้ก็ต่อเมื่อ

- 1) เส้นทางเป็นรูปแบบธรรมดา
- 2) ทางออกเป็นจุดที่ปลอดภัยต่อผู้อพยพ

ประสิทธิภาพในการหาทางออกจะลดลงเมื่อความสับสนเพิ่มมากขึ้น อาจเกิดจากลักษณะของเส้นทางเดิน และความเหมือนกันของประตูนี้ไฟกับประตูทั่วไป SFPE HANDBOOK

4.7 ความขัดแย้งของเส้นทางที่มาบรรจบกัน

เส้นทางการอพยพของคน เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้เปรียบเสมือนการไหลของน้ำที่ไหลต่อเนื่อง 2 เส้นทางมาบรรจบกันของและมีผลต่อความสามารถในการรองรับการอพยพของคนในพื้นที่ การจำลองการอพยพฉุกเฉิน MacLennan (1986) ได้ให้ข้อสังเกตการเคลื่อนย้ายว่า เมื่อเส้นทางหนึ่งหยุด ขณะที่อีกเส้นทางเข้ามาบรรจบกัน การบรรจบกันจะมีผลอย่างมาก เมื่อจำนวนคนที่มามากจนทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ อย่างไรก็ตาม เป็นเรื่องปกติเมื่อเกิดมีการบรรจบกันของเส้นทาง และสรุปได้ว่ามี 30-50% บริเวณบันไดความเร็วของการเคลื่อนที่จะลดลง

4.8 การควบคุม

MacLennan (1986) ได้พูดถึงการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นเมื่อผู้อพยพได้รับการฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดีทุกคน ในขณะที่เดียวกันการอพยพที่ไม่ได้รับการฝึกมานั้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสู่ทางออกลดลงทั้งนี้ จำนวนคนที่ลดลงนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดขององค์กร และขั้นตอนของการอพยพ ผลกระทบของประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายจะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อผู้ควบคุมการอพยพให้ผู้อพยพอยู่ในตำแหน่งเดิมจนกระทั่งมีการบอกทิศทางการอพยพและทิศทางการเคลื่อนย้ายที่แน่นอน

4.9 การควบคุมตนเอง

กรณีที่สถานการณ์มีความเสี่ยงสูง แต่ละคนจะไม่ทำตามขั้นตอนจนกระทั่งคนอื่นๆ ในกลุ่มทำ คนอื่นก็จะทำตามเมื่อคนเหล่านี้มาถึงจุดทางออกที่วิกฤติ ปกติจะเป็นบริเวณบันไดถ้าหากผู้อพยพยังสามารถควบคุมตัวเองได้ก็จะมีปัญหา แต่เมื่อใดหากไม่สามารถควบคุมได้แล้วก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของคนไปสู่ทางออก

4.10 ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับประสิทธิภาพการอพยพเคลื่อนย้าย

จากการวิเคราะห์ของ MacLennan (1986) พบว่าถ้าหากอาคารสำนักงานใดยังมีจำนวนชั้นมาก ประสิทธิภาพของการอพยพที่มีการจัดการจะทำการอพยพคนได้เพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ซึ่งมากกว่าระบบการอพยพแบบเดิมๆ ที่ไม่มีการจัดการ ถ้าหากอาคารสำนักงานใดไม่มีการฝึกซ้อมการอพยพและไม่มีระบบการอพยพที่ดีแล้วจะเห็นได้ว่า ทฤษฎีของ MacLennan (1986) แสดงให้เห็นความเป็นเหตุเป็นผล แต่การอพยพที่มีการแบ่งรูปแบบการอพยพกันไปอีกหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงต้องมีการตัดสินใจเลือกเส้นทางในการอพยพของแต่ละคน

5. มาตรฐานทางหนีไฟ

ขีดความสามารถของทางหนีไฟ (คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย, 2545)

5.1 การคำนวณความจุคน

5.1.1 การคำนวณความจุคนของแต่ละพื้นที่หรือห้องใดๆ จะ ต้องคำนวณโดยนำขนาดของพื้นที่ที่ต้องการคำนวณหารด้วยพื้นที่ต่อคนตามที่กำหนดในตารางที่ 1 และ 2 ตารางดังกล่าวให้ใช้เฉพาะการคำนวณความจุคนเพื่อการหนีไฟเท่านั้น

5.1.2 กรณีติดตั้งเก้าอี้ เติง หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะเป็นการถาวรที่สามารถนับเป็นความจุคนได้ให้คำนวณความจุคนโดยการนับจำนวนที่ปรากฏจริงได้ แต่เมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณได้จาก ข้อที่ 5.1.1 ต้องเลือกค่าความจุคน ที่สูงกว่า

5.1.3 กรณีพื้นที่ที่คำนวณความจุคน จากข้อ 5.1.1 และมีพื้นที่อื่นมารวมใช้ทางไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ด้วย จะต้องนำจำนวนคนในพื้นที่อื่นมารวมเป็นความจุคนด้วย

5.1.4 กรณีพื้นที่หรือห้องใดๆ ที่ใช้งานต่างกิจกรรมกันในเวลาต่างกัน ต้องคำนวณความจุคนจากลักษณะกิจกรรม การใช้ที่มีความจุคนที่สูงที่สุด

5.1.5 กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการใช้งานอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและอาคารมีการใช้งานแล้วกิจกรรมที่เปลี่ยนแปลงนั้นต้องมีความจุคนไม่เกินค่าความจุคนเดิมของ

อาคารหลังนั้น ข้อยกเว้นหากปรับปรุงอาคารให้มีขีดความสามารถทางการหนีไฟที่รองรับ ความจุคนของกิจกรรมการใช้ใหม่ได้

5.1.6 การคำนวณความจุคนตามข้อ 5.1.1 ให้ครอบคลุมทั้งสถานที่ใช้งานเป็นลักษณะถาวรและเป็นลักษณะชั่วคราว

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไปกับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณความจุคน (ตารางเมตรต่อคน)

ลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไป	หมายเหตุ	ขนาดพื้นที่ต่อคน
สำนักงาน		10.0
ห้องอาหาร โรงอาหาร		1.5
ภัตตาคาร ห้องจัดเลี้ยง		1.5
ศูนย์อาหาร (Food Center)	แบบบริการตนเอง	1.0
ร้านค้า		5.0
พื้นที่ หรือ ห้องเก็บของ		30.0
ครัว		10.0
พื้นที่ซักล้างอบรีด		10.0
พื้นที่รับรอง หรือ ต้อนรับ	ไม่ใช่พื้นที่พักคอย	3.0
ห้องอเนกประสงค์		1.0
ห้องประชุม ห้องสัมมนา		1.5
ห้องพักของโรงแรม อพาร์ทเมนต์	คำนวณแต่ละห้อง	20.0
ห้องพักของหอพักนักเรียน	คำนวณแต่ละห้อง	5.0
ห้องสมุด	ดูกิจกรรมเฉพาะด้วย	10.0
ห้องเครื่องจักรกล		30.0

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะกับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณความจุคน
(ตารางเมตรต่อคน)

ลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะ	หมายเหตุ	ขนาดพื้นที่ต่อคน
<u>สถานพยาบาล</u>		
พื้นที่พักคอยสำหรับผู้ป่วยนอก		1.5
ส่วนพยาบาล (Nurse Station)		10.0
ห้องผู้ป่วยหนัก		20.0
ห้องตรวจ (Treatment)		5.0
ห้องผู้ป่วยรวม		20
ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)		20
ห้องเก็บยา		
<u>สถานที่ค้าขาย</u>		
พื้นที่แสดงสินค้า		1.5
พื้นที่จำนวนสินค้าราคาพิเศษ (Promotion)		1.5
ซูเปอร์มาร์เก็ต, ซูเปอร์สโตร์		5.0
พื้นที่จำนวนสินค้าปกติ		5.0
<u>สถานอุตสาหกรรม</u>		
พื้นที่การผลิต		
ใช้แรงงานคนเป็นหลัก		2.0
ใช้แรงงานคนและเครื่องจักรอัตโนมัติ		6.0
ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเป็นหลัก		10.0
ห้องซ่อมเครื่องจักรกล (Mech. Workshop)		10.0
ห้องสมุด		5.0
ห้องทดลอง		5.0
โรงอาหาร		1.0

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะ	หมายเหตุ	ขนาดพื้นที่ต่อคน
<u>สถานที่ชุมนุม</u>		
โรงยิมเนเซียม		3.5
พื้นที่ฝึกซ้อมกีฬา		3.0
ลานสรวายน้ำ		5.0
โบว์ลิ่ง	ไม่รวมพื้นที่เลน	1.0
สวนสนุก	ไม่รวมพื้นที่เครื่องเล่น	1.0
ห้องบิลเลียด		5.0
ลานสเก็ต		3.0
ดิสโกเธค		1.0
คาราโอเกะ		2.5
ไนต์คลับ		2.0
สโมสร คลับ ศูนย์ออกกำลังกาย		5.0
<u>สถานีขนส่ง Concourse</u>		
พื้นที่สถานีขนส่งด้านขาออก		3.0
พื้นที่สถานีขนส่งด้านขาเข้า		1.5
<u>เวทีการแสดง</u>		
หลังเวทีการแสดง		3.0
ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าในโรงมหรสพ	แบบยืน	3.0
ห้องควบคุมระบบในโรงมหรสพ	แบบนั่งชมกีฬา	5.0
พื้นที่พักคอย หรือเข้าคิว		0.3
พื้นที่เข้าชม หรือร่วมงาน อัจฉริยะ		1.5
พื้นที่ หรือห้องอเนกประสงค์		0.3
พื้นที่ หรือห้องจัดคอนเสิร์ต		0.3
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)		

5.2 ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัยด้านอัคคีภัย, 2543-2544)

5.2.1 ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น รวมทั้งระเบียงและพื้นที่ที่มีคนใช้งานอยู่ จะต้องเพียงพอกับความจุคนทั้งหมด ที่ได้จากการคำนวณข้างต้น

5.2.2 บันไดที่รองรับการหนีไฟมากกว่า 1 ชั้น ให้ใช้ความจุคนของแต่ละชั้นเท่านั้นในการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ชั้นนั้นๆ และขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟนั้น ต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ

5.2.3 ชั้นตรงกลางที่รองรับการหนีไฟระหว่างชั้นบนและชั้นล่าง ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้นตรงกลาง ให้คำนวณจากผลรวมของความจุคนของชั้นบนและชั้นล่าง

5.2.4 ขีดความสามารถของช่องทางเดิน ให้คำนวณจากความจุคนทั้งหมดที่ใช้ช่องทางเดินเป็นทางเดินไปสู่ทางหนีไฟหารด้วยจำนวนทางหนีไฟทั้งหมดซึ่งต้องไม่น้อยกว่าขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ช่องทางเดินนั้นต่อเชื่อมอยู่

5.2.5 ขีดความกว้างของเส้นทางหนีไฟ ต้องกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร ยกเว้นส่วนที่อื่นเข้ามาตามที่มาตรฐานนี้กำหนด และความกว้างสุทธิต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากตารางที่ 2 คูณกับความจุคนรวมสำหรับเส้นทางหนีไฟนั้น

ตารางที่ 3 แสดงความกว้างต่อคนเพื่อคำนวณความกว้างของเส้นทางหนีไฟ

กิจกรรมการใช้	บันได (มิลลิเมตร ต่อคน)	ประตู และ ทางราบ (มิลลิเมตร ต่อคน)
กิจการเสี่ยงอันตรายสูง สอ1, สอ2, สอ3,	18	10
กิจการสวัสดิการสังคม สอ1, สอ2	15	13
กิจกรรมอื่นๆ	8	5

หมายเหตุ สอ1, สอ2, สอ3, หมายถึงเสี่ยงอันตรายสูง

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.3 จำนวนทางหนีไฟ (คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัยด้านอัคคีภัย, 2543-2544)

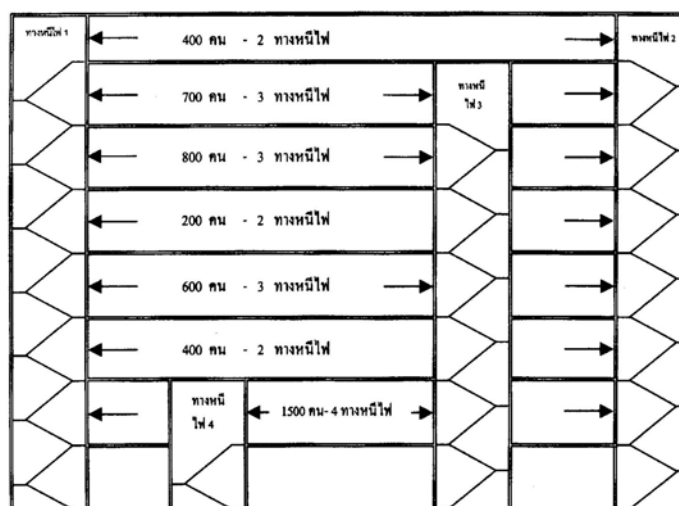
5.3.1 อาคารหรือส่วนของอาคารซึ่งคนเข้าใช้งานทุกชั้น หรือทุกห้องต้องจัดทางหนีไฟอย่างน้อยหนึ่งทางและถ้าเข้า ตามข้อกำหนดในตารางที่ 12 จะต้องจัดให้มีทางหนีไฟอย่างน้อยสองทาง

5.3.2 ชั้นแทรกซึ่งใช้ประโยชน์อย่างอื่นนอกเหนือจากการเก็บของหากมีพื้นที่มากกว่า 200 ตารางเมตรหรือมีความกว้าง หรือความยาวเกินกว่า 18 เมตร จะต้องจัดให้มีบันไดหนีไฟรองรับคนลงสู่พื้นล่างไม่น้อยกว่า 2 บันได

5.3.3 อาคารชั้นใดๆ หรือห้องใดที่มีความจุคนตั้งแต่ 500 ถึง 999 คน จะต้องมืทางหนีไฟไม่น้อย 3 ทาง

5.3.4 อาคารชั้นใดๆ หรือห้องใดซึ่งมีความจุคนตั้งแต่ 1000 คนขึ้นไป จะต้องมืทางหนีไฟไม่น้อยกว่า 4 ทาง

5.3.5 ให้ใช้ความจุคนของแต่ละชั้น ในการคำนวณจำนวนทางหนีไฟของชั้นนั้นๆ และจำนวนทางหนีไฟต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ



ภาพที่ 14 ตัวอย่างแสดงจำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.4 การจัดวางเส้นทางหนีไฟ (คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัยด้านอัคคีภัย, 2543)

5.4.1 ทางไปสู่ทางหนีไฟและทางหนีไฟ ต้องจัดวางในตำแหน่งที่คนสามารถหนีไฟได้ตลอดเวลา

5.4.2 พื้นที่ซึ่งไม่สามารถเข้าสู่ทางหนีไฟได้โดยตรง ต้องจัดให้มีทางไปสู่ทางหนีไฟอย่างน้อย 2 ทางจากพื้นที่ดังกล่าวไปสู่ทางหนีไฟโดยไม่ผ่านห้องอื่น ยกเว้นช่องทางเดิน ห้องโถงมีข้อยกเว้นทางที่เป็นทางตัน หรือทางบังคับที่ยอมให้ทำได้ตามมาตรฐานนี้

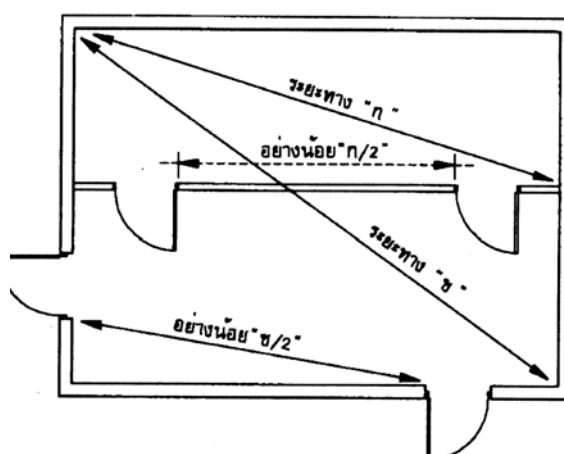
5.4.3 พื้นที่ที่มีทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง ทางหนีไฟแต่ละทางต้องอยู่ห่างกันเพื่อป้องกันกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้หรือเหตุฉุกเฉิน ไปกีดกันทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง

5.4.4 พื้นที่ซึ่งต้องมีทางหนีไฟ หรือทางไปสู่ทางหนีไฟ 2 ทาง ระยะห่างระหว่างกันต้องเท่ากับหรือมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเส้นทะแยงมุมสูงสุดของพื้นที่หรือห้องนั้นๆ โดยวัดจากขอบของทางหนีไฟ หรือทางไปสู่ทางหนีไฟด้านใกล้กัน กรณีทางหนีไฟถูกเชื่อมต่อกันด้วยช่องทางเดินที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ระยะห่างระหว่างกันของทางหนีไฟนั้นให้วัดตามแนวช่อง ทางเดิน

5.4.5 การจัดวางทางหนีไฟ และทางไปสู่ทางหนีไฟ ต้องไม่ให้เกิดทางตัน ยกเว้นทางตันหรือทางบังคับที่ยอมให้ทำได้ตามมาตรฐานนี้

5.4.6 ทางไปสู่ทางหนีไฟ ต้องไม่ผ่านห้องครัว ห้องเก็บของ ห้องน้ำ ตู้เก็บเสื้อผ้า ห้องทำงาน ห้องนอน หรือพื้นที่ใช้งานในลักษณะเดียวกันหรือห้องอื่นๆ ที่อาจมีการล๊อคประตู

5.4.7 ทางหนีไฟและทางไปสู่ทางหนีไฟ ต้องออกแบบและจัดวางในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่ายมองเห็นชัดเจน ไม่ซับซ้อนและทำให้สับสน ห้ามติดตั้งผ้า màn หรือแผงบังตาปิดบังทางหนีไฟ และห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนประตูทางหนีไฟและบริเวณใกล้เคียง



ภาพที่ 15 รูปการจัดวางตำแหน่งทางหนีไฟ

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.5 ระยะสัญจร

ระยะสัญจร คือ ระยะทางจากพื้นที่ใดๆพื้นที่หนึ่งไปยังทางหนีไฟอย่างน้อย 1 ทางที่ใกล้ที่สุด ต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงระยะสัญจรและระยะทางปลายตันสูงสุด

ประเภทการใช้อาคาร	ระยะสัญจรสูงสุด (เมตร)		ระยะทาง ปลายตัน สูงสุด (เมตร)
	ไม่ติดตั้งหัวกระจาย น้ำดับเพลิงอัตโนมัติ	ติดตั้งหัวกระจายน้ำ ดับเพลิงอัตโนมัติ	
สถานพยาบาล	30	60	6
อาคารพักอาศัย	30	60	10
อาคารชุมนุม	45	60	6
อาคารศึกษา	45	60	6
สถานจำหน่ายสินค้าขนาดใหญ่	45	60	6
สำนักงาน	60	90	6

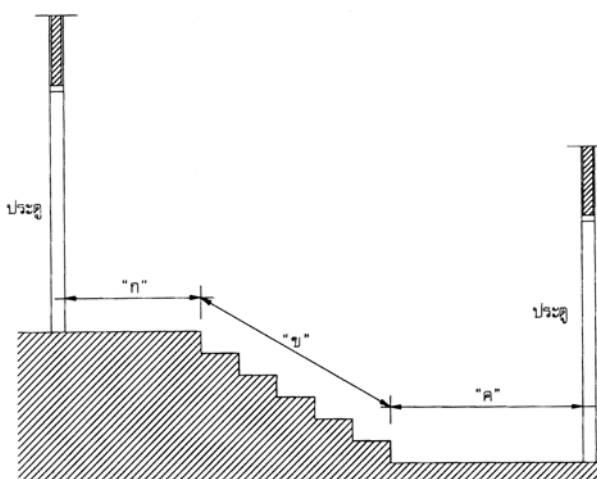
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.5.1 การวัดระยะสัญญาณ ให้วัดที่ระดับพื้นตรงกลางทางเดินภายใน โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่ไปจนถึงตรงกลางประตูทางออก กรณีเป็นบันได การวัดระยะสัญญาณ ให้วัดสั้นของจุมกขึ้นบันได (ดูภาพที่ 14 ประกอบ)

5.5.2 กรณีบันไดหรือทางลาดเอียงแบบเปิดโล่ง ยอมให้ใช้เป็นส่วนหนึ่งของทางสัญญาณรวม คือระยะทางของบันไดหรือทางลาดเอียงจนถึงประตูทางออกภายนอกอาคาร รวมกับระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงทางลงบันได

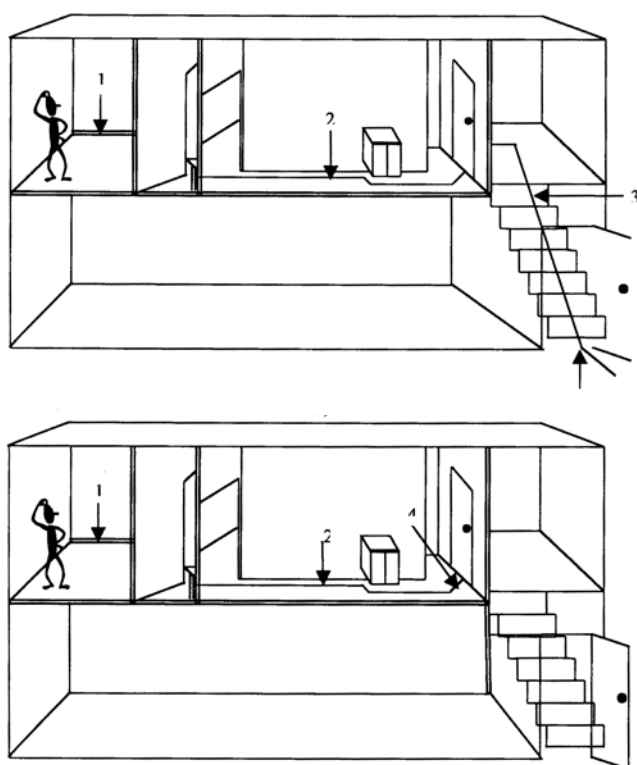
5.5.3 ในกรณีที่ให้มีส่วนปิดล้อมทึบไฟในแนวระดับเชื่อมต่อกับบันไดด้านทางเข้า ระยะสัญญาณเท่ากับ ระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงประตูส่วนปิดล้อม

5.5.4 กรณีบันไดภายนอกอาคารแบบเปิดโล่ง ไม่มีผนังทึบไฟกั้นแยก และหรือไม่มี การป้องกันช่องเปิดในระยะ 3 เมตรวัดตามแนวระดับ ระยะสัญญาณรวม ต้องรวมระยะทางของบันได จนถึงระดับชั้นพื้นดิน กับระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงทางลงบันได (ดูภาพที่ 14 ประกอบ)



ภาพที่ 16 การวัดระยะสัญญาณของบันได

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)



ภาพที่ 17 การวัดระยะสัญจรรวม

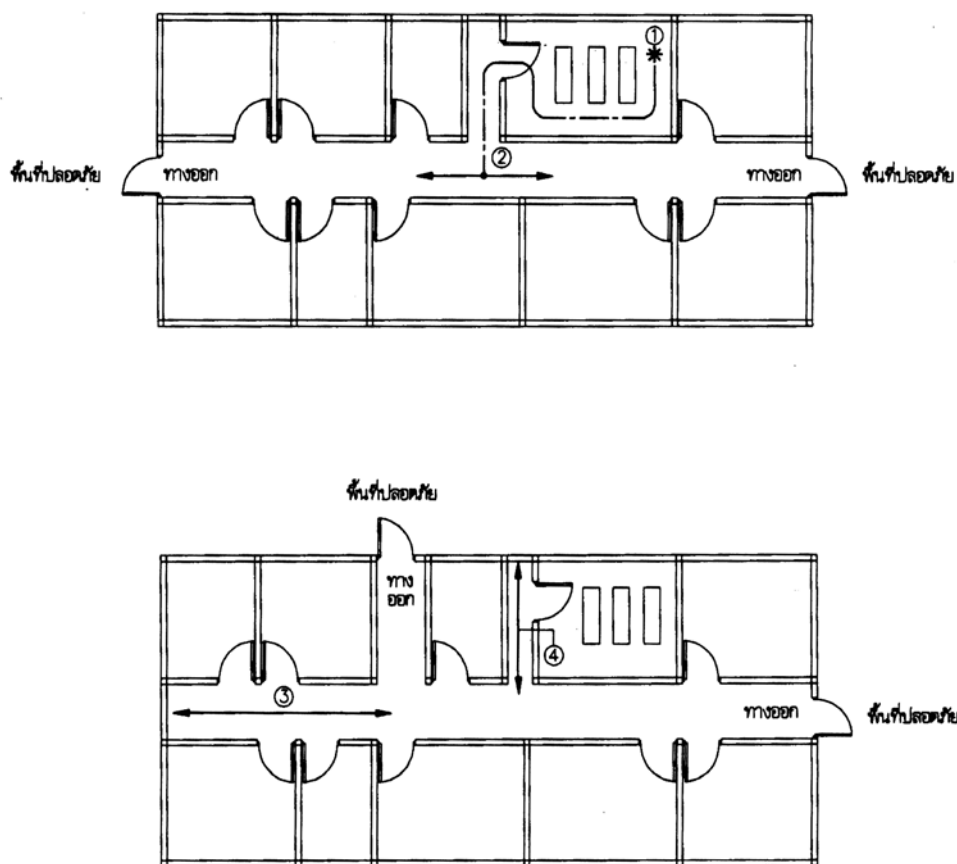
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.6 การวัดระยะสัญจรจากจุดใดถึงทางหนีไฟ ประกอบด้วย

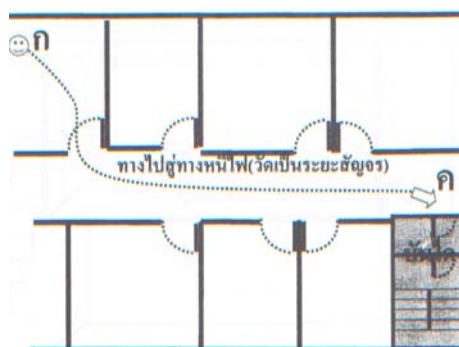
5.6.1 จากจุดเริ่มต้นภายในพื้นที่หรือห้องใดๆของอาคารที่ไกลที่สุด

5.6.2 หลังออกจากพื้นที่หรือห้องใดๆ ต้องวัดระยะไปตามแนวเส้นทางเดินที่จะนำไปสู่ทางหนีไฟหากมีอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางใดๆ จะต้องวัดระยะโดยอ้อมหลบสิ่งกีดขวางนั้นไปบนทางเดิน

5.6.3 ในกรณีที่ยันใด หรือทางลาดเอียงใดๆ ที่ไม่มีการปิดล้อมเพื่อป้องกันควันและความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้หรือการปิดล้อมไม่สมบูรณ์ ระยะทางภายในเส้นทางเดินส่วนนี้จะถูกรวมเป็นระยะสัญจรด้วยดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 19



ภาพที่ 18 ตัวอย่างทางบังคับและทางปลายตัน
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)



ภาพที่ 19 ตัวอย่างแสดงทางไปสู่ทางหนีไฟบันไดหนีไฟ
ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

6. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

6.1 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พระราชบัญญัติฉบับนี้ได้ประกาศใช้เป็นฉบับแรกในปี พ.ศ. 2522 และฉบับที่ 2 ในปี พ.ศ. 2535 เพื่อใช้ควบคุมการก่อสร้างอาคาร โดยมีกรมโยธาธิการ ซึ่งสังกัดกระทรวงมหาดไทย เป็นผู้รับผิดชอบในการร่างกฎกระทรวงและมีคณะกรรมการควบคุมอาคาร ประกอบด้วยผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการควบคุมอาคาร ผู้แทนจากหน่วยงานราชการ และผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นผู้ร่างและปรับปรุงกฎกระทรวง ในขณะนี้กำลังพิจารณากฎกระทรวงใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับที่ 3 ในปัจจุบันมีกฎกระทรวงอยู่ 51 ฉบับ และกฎกระทรวงฉบับที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัยที่สำคัญได้แก่

1. ฉบับที่ 33 (2535) ข้อกำหนดสำหรับอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ
2. ฉบับที่ 39 (2537) ข้อกำหนดสำหรับห้องแถว ตึกแถว บ้านแถว บ้านแฝดอาคารชุมนุม อาคารอยู่อาศัยเกิน 4 หน่วย หอพัก อาคารที่สูงเกิน 3 ชั้น
3. ฉบับที่ 47 (2540) ข้อกำหนดสำหรับอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารสาธารณะอาคารอยู่อาศัยรวม โรงงาน ภัตตาคาร สำนักงาน (อาคารเก่าที่ได้ก่อสร้างมาก่อนหน้านี้)
4. ฉบับที่ 48 (2540) ข้อกำหนดอัตราการทนไฟของโครงสร้างอาคาร
5. ฉบับที่ 50 (2540) มีข้อกำหนดเพื่อปรับปรุงข้อกำหนดในกฎกระทรวงที่ 33

พระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับที่ 50 (2540)จะไม่ครอบคลุมการใช้งานประจำวัน จึงไม่มีการตรวจสอบการทำงานของระบบความปลอดภัยว่าทำงานได้หรือไม่ ส่วนใหญ่ระบบความปลอดภัยมักจะถูกละเลยและไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน อย่างไรก็ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับที่ 3 จึงมุ่งเน้นให้ความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องการตรวจสอบระบบความปลอดภัยของอาคารและยังมีข้อกำหนดเรื่องการจัดให้มีการประกันภัยสำหรับผู้ใช้อาคารจากเดิมที่ให้ความสำคัญเฉพาะทรัพย์สิน และจะมีข้อกำหนดเพื่อให้มีการตรวจสอบสภาพอาคาร และการต่ออายุการใช้อาคาร ซึ่งจะลดการลักลอบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้อาคาร และทำให้เกิดมาตรการเพื่อดูแลให้ระบบความปลอดภัยอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี ตามวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับนี้

6.2 พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พระราชบัญญัติฉบับนี้ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2541 เพื่อคุ้มครองสวัสดิภาพของลูกจ้าง โดยจัดให้มีคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อยกร่างกฎกระทรวงว่าด้วยมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย ประกอบด้วยคณะอนุกรรมการหลายคณะซึ่งประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยราชการ และผู้ทรงคุณวุฒิภายใต้การดำเนินการของกองตรวจความปลอดภัย พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงานจะให้ความสนใจกับสถานประกอบการ ซึ่งหมายถึงสถานประกอบการที่มีลูกจ้างตั้งแต่ 1 คนขึ้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันจะมุ่งเน้นสถานประกอบการที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เนื่องจากสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงมาก และไม่ครอบคลุมที่อยู่อาศัย ถึงแม้ว่าจะมีพระราชบัญญัติใหม่ออกมาแล้ว ปัจจุบันกระทรวงแรงงานยังคงใช้ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานประกอบการ เพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับลูกจ้าง ปีพ.ศ. 2534 โดยอาศัยอำนาจตามประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 ปี พ.ศ. 2515 อยู่ เนื่องจากกฎกระทรวงใหม่ยังอยู่ในระหว่างการยกร่างพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน ซึ่งมีข้อกำหนดที่เกี่ยวกับอาคารและทางหนีไฟ การดับเพลิง และการป้องกันอันตรายจากเชื้อเพลิง และวัตถุอันตรายด้วย แต่จะเน้นเรื่องความปลอดภัยของสถานประกอบการ และสวัสดิภาพของลูกจ้าง โดยกำหนดให้สถานประกอบการที่มีลูกจ้างเกิน 50 คน ต้องมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ (จป) ประจำ และมุ่งเน้นเรื่องการจัดทำแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย, เรื่องการอบรมและการฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมหนีไฟ

6.3 พระราชบัญญัติป้องกันและระงับอัคคีภัย พระราชบัญญัติฉบับนี้ประกาศใช้ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2495 แก้ไขเพิ่มเติม ปี พ.ศ. 2499 และเป็นกฎหมายว่าด้วยการป้องกันและระงับอัคคีภัยโดยตรง แต่ไม่ค่อยเป็นที่รู้จักเนื่องจากไม่มีกฎหมายลูกรองรับเหมือนกฎหมายฉบับอื่น เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2542 รัฐสภาฯ ได้ผ่านร่างพรบ.ฉบับนี้อีกวาระหนึ่ง โดยกฎหมายฉบับนี้ได้กำหนดอำนาจหน้าที่ของผู้อำนวยการดับเพลิงและเจ้าพนักงานท้องถิ่นอำนาจของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย แต่ในพระราชบัญญัติยังยกเว้นมาตรา 6 ที่ให้รัฐมนตรีแต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมการป้องกันและระงับอัคคีภัย เพื่อทำหน้าที่ 1. เสนอนโยบายและมาตรฐานการป้องกันและระงับอัคคีภัย 2. เสนอต่อรัฐมนตรีในการประกาศกฎกระทรวง 3. เสนอต่อรัฐมนตรีในการเพิกถอนหรือเว้นกิจกรรม ที่เกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย

6.4 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครกรุงเทพมหานคร มีอำนาจ ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานครภายใต้ความเห็นชอบของสภากรุงเทพมหานคร ในการตราข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ซึ่งถือว่าเป็นกฎหมายท้องถิ่น ซึ่งมี

ข้อกำหนดเพิ่มเติมจากกฎกระทรวงใน พ.ร.บ. ควบคุมอาคารเช่นข้อบัญญัติฯ เรื่องอาคารจอดรถยนต์ ปี พ.ศ.2521 ข้อบัญญัติฯ เรื่องการควบคุมการก่อสร้าง ปี พ.ศ.2522 ประกาศฯ เรื่องกำหนดลักษณะของบันไดหนีไฟ และทางหนีไฟทางอากาศของอาคารปี พ.ศ. 2531

6.5 กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549) กฎกระทรวงเกี่ยวกับเรื่อง การกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของผู้ตรวจสอบอาคาร หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียน และการเพิกถอนการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ตรวจสอบอาคารประกาศใช้เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2549 ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ได้แก้ไขเพิ่มเติมตามมาตรา 8 (๑๓) (๑๔) และ (๑๕) พระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับที่ 3 พ.ศ. 2543 โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยซึ่งมีข้อกำหนด และรายละเอียดที่สำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบอาคารและอุปกรณ์ประกอบอาคารแบ่งเป็น 2 ประเภท

6.5.1 การตรวจสอบใหญ่ เป็นการตรวจสอบอาคาร และอุปกรณ์ประกอบอาคารและอุปกรณ์ประกอบของอาคารตามรายละเอียดการตรวจสอบตามข้อ 17 ให้กระทำทุกกระยะห้าปี

6.5.2 การตรวจสอบประจำปี เป็นการตรวจสอบอาคารและอุปกรณ์ประกอบของอาคารตามแผนการตรวจสอบอาคารและอุปกรณ์ประกอบของอาคารประจำปีของผู้ตรวจสอบได้จัดทำขึ้น ตามข้อ 14 (2) ให้กระทำในช่วงระหว่างการตรวจสอบใหญ่เป็นประจำทุกปี

6.6 กฎหมายอื่นๆ นอกจากกฎหมายดังกล่าวแล้วมีพระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้ออกข้อกำหนดเรื่องทางหนีไฟ ระเบิดลดภัย และเก็บเชื้อเพลิงและวัตถุไวไฟพระราชบัญญัติการประกันภัย ซึ่งล้าหลัง และให้ความสำคัญเฉพาะการประกันภัยทรัพย์สินเท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติกุล (2540) ศึกษารูปแบบการเกิด การลุกลาม และความเสียหายอันเกิดจากอัคคีภัยในกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษา เขตยานนาวา ความรุนแรงของเพลิงไหม้ในครั้งนั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงความรุนแรงของไฟในการทำ ความเสียหายกับโครงสร้าง จากความรุนแรงของเพลิงไหม้ในแต่ละครั้งนั้นจะมีความแตกต่างกันมากเนื่องจากมีตัวแปรที่จะต้องควบคุมการลุกไหม้ของเพลิง เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง ประเภทเชื้อเพลิง ปริมาณออกซิเจนในพื้นที่ และปริมาตรของบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ การตรวจสอบยังมีปัญหาอยู่ เพราะวิธีการตรวจสอบยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน ควรจะมี

หน่วยงานกลาง อาทิวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) หรือ สมาคมสถาปนิกสยาม เป็นผู้ออกแบบตรวจมาตรฐานขึ้น เพื่อสำรวจพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ออัคคีภัยเป็นระยะ อีกทั้งการกำหนดเขตผังเมืองของชุมชนต้องมีความชัดเจน รวมถึงการอำนวยความสะดวกของตำรวจดับเพลิงที่จะเข้าไประงับเหตุในพื้นที่ที่จะต้องมีความพร้อมในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการผจญเพลิงและได้รับการฝึกอบรมด้านนี้โดยเฉพาะ

นิวัฒน์ (2542) ศึกษาเวลาในการอพยพว่า การอพยพหนีไฟที่ใช้สำหรับอาคารเพื่อนำไปสร้างเวลาของการเคลื่อนที่ หรืออพยพคนจากอาคารเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ก่อนที่จะมีควันไฟเข้ามาในพื้นที่หนีไฟ ให้มีการกำหนดเวลาการอพยพอย่างเหมาะสมกับประเทศไทยโดยการวิจัยนี้ใช้สูตรเวลาอพยพหนีไฟของนักวิจัยชาวอเมริกัน Paul (1980) ด้วยทำการศึกษาทดลองโดยใช้นักศึกษาจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จังหวัดสงขลา จำนวน 102 คน ใช้เวลาการทดลอง 20 ครั้งในระยะเวลา 20 วัน โดยได้อัตราอพยพเฉลี่ยในทางราบผ่านประตูและลงบันไดมีค่า 81.98, 55.01 และ 54.68 คนต่อนาทีต่อความกว้างหนึ่งเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองที่สามารถจำลองเป็นสูตรคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (r^2) สูงเกิน 0.9 ในหลายกรณี

สุทัศน์ (2544) ศึกษาอพยพคนลงจากอาคารสูง โดยพิจารณาความสามารถของพฤติกรรมมนุษย์แต่ละคนเป็นบรรทัดฐานเพื่อทำการวิจัยถึงทางหนีไฟ การปิดล้อมพื้นที่ด้วยวัสดุทนไฟและไม่ติดไฟ ตลอดจนถูกขึ้นบันไดว่ามีผลกระทบต่อการหนีไฟเพียงใด ในแนวคิดการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัย สถาปนิกต้องให้ความสำคัญในการออกแบบเพื่อการป้องกันอัคคีภัยเป็น 2 เท่า ดังนั้นในการออกแบบสิ่งสำคัญที่สถาปนิกผู้ออกแบบควรรู้คือ

1. การป้องกันชีวิตต่ออัคคีภัยนั้น สามารถป้องกันได้โดยการหลบหนีจากควัน เพราะควันเป็นสิ่งที่ทำให้คนเสียชีวิตได้มากกว่าความร้อนของไฟ

2. การออกแบบโครงสร้าง ต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุทนไฟและไม่ติดไฟมาใช้ อีกทั้งการออกแบบการจำกัดวงพื้นที่ของการแพร่กระจายความร้อน

เกชา (2545) ศึกษาวิศวกรรมงานระบบป้องกันอัคคีภัย จากการศึกษาพบว่าอาคารส่วนใหญ่ในประเทศไทยมักจะมีปัญหาในเรื่องของการจัดการ ระบบการป้องกันอัคคีภัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสาธารณะ ที่มีโอกาสเกิดอัคคีภัยได้ง่ายจึงต้องรีบเร่งดำเนินการ จัดทำมาตรการในเชิงรับ

(Passive Fire Prevention) ด้วยการแบ่งพื้นที่ป้องกันอัคคีภัย จัดทำเส้นทางหนีไฟและบันไดหนีไฟ รวมถึงพื้นที่ปิดล้อมตามช่องแนวคั้งและช่องแนวนอนที่ไฟจะสามารถลุกลามต่อเนื่องได้ หลังจากนั้นจะต้องจัดทำมาตรการเชิงรุก (Active Fire Prevention) อันประกอบด้วยระบบเตือนภัย และระบบดับเพลิงเพื่อเตือนภัยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

Karlsson and Quintiere (2000) ได้นำเสนอเทคนิคสำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Computer Fluid Dynamic (CFD) เป็นโปรแกรมที่วิศวกรความปลอดภัยนิยมนำมาใช้คำนวณกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งโปรแกรมไม่เฉพาะเจาะจงว่าจะต้องสามารถนำมาใช้เกี่ยวกับการจำลองที่เกี่ยวข้องกับของไหลและ การถ่ายเทความร้อนเท่านั้น โปรแกรมยังสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนสถานะของการเผาไหม้ได้ ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนสถานะของการเผาไหม้ หรือแม้แต่การทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การจำลองความหลากหลายของการเปลี่ยนแปลงสถานะของของไหลในเตาหลอมโลหะ ซึ่งนอกจากนี้สิ่งสำคัญของการใช้โปรแกรกดังกล่าวก็คือ การจำลองความแปรปรวนของแบบจำลอง การแสดงการแผ่รังสีและการแพร่กระจายของควัน รวมทั้งการแสดงผลแบบจำลองของการเผาไหม้

พิชยุะ (2547) ได้กล่าวไว้ว่ากฎหมายเชิงประสิทธิผลในปัจจุบันมีหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ อังกฤษ สหรัฐอเมริกาได้เริ่มนำมาใช้แล้วสำหรับในประเทศไทยปัจจุบัน กฎหมายมีลักษณะที่มีข้อกำหนดเฉพาะเจาะจงไม่มีทางเลือกให้แก่สถาปนิก และวิศวกรกฎหมายแบบเชิงประสิทธิผลจะเน้นที่ผลลัพธ์ของมาตรการการป้องกันอัคคีภัย ด้วยการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ว่าเพียงพอในการป้องกันอัคคีภัยได้มากน้อยเพียงใด จึงทำให้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับคำนวณการลุกลามของเพลิงไหม้ และพฤติกรรมการหนีไฟของคนบนเส้นทางหนีไฟในอาคารทั้งนี้จากผลของการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการจำลองเหตุเพลิงไหม้ จะทำให้ได้ผลลัพธ์อย่างรวดเร็วในการทำนายเหตุการณ์ของแต่ละสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว และทำให้มีมาตรฐานทางด้านการคำนวณเกี่ยวกับสถิติทางด้านอัคคีภัย

ณัฐกรณ์ (2546) ศึกษาและพบว่า การออกแบบอาคารในปัจจุบันสถาปนิกต้องปฏิบัติ ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 ปี พ.ศ. 2533 ซึ่งมีข้อกำหนด และมาตรฐานในการออกแบบอาคารที่จะต้องระมัดระวังในการออกแบบระยะสัญจรของคนภายในอาคารทั้งในแนวคั้งและแนวราบ จึงไม่สามารถพยากรณ์การใช้งานว่าเพียงพอกับความต้องการใช้งานในปัจจุบันหรือไม่ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์การหนีไฟในอาคาร โดยใช้บันไดหนีไฟเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัยสำหรับอาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการอพยพคนออกจากอาคารว่าจะจัดผังอาคารอย่างไรจึงจะเพียงพอก่อนออกแบบจริง

พันธ์พร (2546) กล่าวว่าแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ไขปัญหในเรื่องอัคคีภัยก็คือมาตรการป้องกันไฟ ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2528-2534 ได้มีการก่อสร้างอาคารสูงเพิ่มขึ้นอย่างมากมาโดยเฉพาะกรุงเทพมหานครซึ่งมีอาคารสูงที่ก่อสร้างขึ้นมาใหม่ทดแทนอาคารเดิม เนื่องจากที่ดินในย่านธุรกิจมีราคาแพงจึงทำให้มองเห็นสภาพปัญหาที่จะตามมาในอนาคต ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัญหาอัคคีภัย การเกิดอัคคีภัยในกรุงเทพมหานครจะต้องได้รับการแก้ไขและวางแผนซึ่งมี 3 ระดับได้แก่

1. การป้องกันก่อนการเกิดอัคคีภัย
2. การผจญเพลิงในอาคารสูงเมื่อเกิดอัคคีภัย
3. การบรรเทาความเสียหายจากอัคคีภัย

อัศวิน (2546) ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดวางพื้นที่อาคารในแต่ละชั้นว่าจะส่งผลต่อเวลาในการหนีไฟที่เกิดขึ้นอย่างไรเนื่องจากลักษณะกฎหมายของประเทศไทยเป็นกฎหมายที่ตายตัวจะต้องทำตามข้อกำหนดของกรุงเทพมหานคร ในการก่อสร้างและการออกแบบอาคารจึงได้มีแนวความคิดที่จะศึกษาโปรแกรมสำหรับสถาปนิก เพื่อใช้คำนวณเวลาในการหนีไฟด้วยการวิเคราะห์แบบแปลนอาคาร โดยพิจารณาจากเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ขึ้นในแต่ละห้องตามเงื่อนไขของสมการที่ถูกกำหนดขึ้นมาจากกฎหมาย ผลการทดสอบพบว่าการใช้โปรแกรมกับผังอาคารตัวอย่างสามารถจำลองการปรับเปลี่ยนในการออกแบบวิเคราะห์หาผลลัพธ์ในการหนีไฟได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น

Hoskin (2004) ศึกษาการอพยพในสนามกีฬาเพื่อหาพฤติกรรมของผู้อพยพด้วยวิธีการสังเกต รวมถึงการจับเวลาที่ใช้ในการอพยพขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้การศึกษาจะครอบคลุมโครงสร้างของอาคาร เพื่อหาจุดเปราะบางของอาคารด้วย เช่น สนามกีฬาในประเทศนิวซีแลนด์กำหนดขนาดความจุไว้ไม่เกิน 20,000 คน เพื่อเหมาะสมกับการรองรับความจุของเส้นทางอพยพ ซึ่งประเทศนิวซีแลนด์เป็นเกาะหากเกิดแผ่นดินไหว หรือภูเขาไฟระเบิด จะได้มั่นใจว่าสามารถอพยพคนออกจากสนามกีฬาได้อย่างปลอดภัย ประเด็นที่สำคัญก็คือการบาดเจ็บและความเสียหายที่เกิดจากการอพยพที่ผิดวิธีการ การศึกษาจะมีวิธีการเช่นเดียวกับการศึกษาการอพยพในอาคารสูง ที่ทันสมัยเหมือนประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศนิวซีแลนด์ไม่มีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ จะมีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่เพียงอย่างเดียว คือการก่อสร้างสนามกีฬา ส่วนวิธีการศึกษามี ดังนี้

1. วิเคราะห์สังเกตการเคลื่อนย้ายกลุ่มคนจากสนามกีฬา และนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรมการอพยพ

2. วิเคราะห์การไหลของกลุ่มคนในแนวดิ่งและแนวราบเพื่อคำนวณหาเวลาในการอพยพ
3. เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของทางออกเพื่อใช้สำหรับสร้างสนามกีฬาแห่งใหม่

Proulx (2001) อาคารสูงทั้งหมดในประเทศสหรัฐอเมริกาปัจจุบันนี้มีระบบป้องกันอัคคีภัย ขณะที่เราอยู่ในอาคารเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ระบบไม่ทำงานเพราะว่าระบบล้มเหลวจะอย่างไรจนถึงจะอพยพออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัยระหว่างเกิดเหตุเพลิงไหม้ คนอเมริกันส่วนใหญ่ไม่ให้ความสำคัญกับบันไดหนีไฟ เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้จึงไม่สามารถหาทางหนีไฟได้เนื่องจากไม่คุ้นกับสถานที่ แม้จะมีป้ายบอกทางหนีไฟและคนอเมริกันมักจะไม่สนใจเสียงสัญญาณไฟไหม้ซึ่งพื้นที่ใหญ่ๆ ในย่านศูนย์การค้าพิชิตกันรัวมถึงสนามบินเป็นที่เปิดโล่งเสียงของสัญญาณไฟไหม้ไม่ดังพอที่จะทำให้คนตื่นตัว รวมไปถึงกิจกรรมต่างๆภายในอาคารสำนักงานการออกแบบประตูหนีไฟซึ่งกฎหมายระบุเอาไว้ว่าจำนวนคนที่ใช้งาน จะต้องสอดคล้องกับจำนวนประตูหนีไฟและต้องใช้งานได้ตลอดเวลาเมื่อเปิดประตูออกจะปิดเองโดยอัตโนมัติ จากการสังเกตพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ประตูหนีไฟจะเปิดอยู่เสมอ ปัญหานี้พบมากที่สุดเพราะว่าระบบไฟฟ้าสำรองภายในอาคารขัดข้องขาดการบำรุงรักษา ยังมีสิ่งที่จะต้องเพิ่มเติมสำหรับผู้ออกแบบอาคารก็คือค่าสัมประสิทธิ์ของคนเมื่อทำการอพยพจะต้องใช้เวลาที่เพิ่มขึ้นเท่าใดเมื่อสลักควันไฟในอาคาร และการศึกษาถึงพฤติกรรมของมนุษย์ในขณะเกิดเพลิงไหม้มีกระบวนการอย่างไร และควรมีมาตรการปรับปรุงการออกแบบความปลอดภัยที่เกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าภายในอาคาร

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เสริมประกอบ

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล CPU 1500 MHz ความจุของ Hard Disk ขนาด 40 GB หน่วยความจำ RAM 512 MB

1.2 เครื่องพิมพ์ชนิดใช้อิงเจ็ต (Printer Injet)

1.3 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล (Digital Camera)

1.4 เครื่องสแกนภาพ (Scanner)

2. โปรแกรมที่ใช้

2.1 Computational Fluid Dynamics software สำหรับเขียนข้อมูลพื้นฐาน (Input File) ที่จะใช้เป็นโครงสร้างฐานข้อมูล เพื่อสร้างแบบ จำลองโดย Smork view

2.2 โปรแกรมEvacsim สำหรับจำลองการอพยพ

2.3 Microsoft Office สำหรับจัดทำเอกสาร

ขั้นตอนการวิจัย

1. กำหนดปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับการจำลอง

2. ศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อมของชั้นต้นเพลิงภายในอาคารให้สอดคล้องกับการออกแบบในโปรแกรม FireDynamics software
3. ศึกษาผลของการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ของโปรแกรม Fire Dynamics software
4. กำหนดขนาดของชั้นต้นเพลิงและออกแบบเส้นทางอพยพที่จะใช้เขียนคำสั่งข้อมูล (Input File) ในโปรแกรม Evacsim
5. เขียนคำสั่งใน Note pad เพื่อสั่งทำการจำลองใน Evacsim
6. ประเมิน และวิเคราะห์ผล
7. สรุปผล และข้อเสนอแนะ

วิธีการวิจัย

ในการศึกษาแผนอพยพ โดยใช้หลักการจำลองด้านพลศาสตร์อวกาศ ร่วมกับโปรแกรมจำลองการอพยพ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการวิจัย โดยแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาทฤษฎี และข้อมูลอ้างอิง

อาคารสูงที่จะทำการจำลองนี้เป็นอาคารที่ใช้งานมาประมาณ 20 ปี จึงทำให้สภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์สำนักงานเริ่มเสื่อมสภาพ รวมถึงมีการกองเก็บเอกสารภายในสำนักงานอาจทำให้เกิดเพลิงลุกไหม้ และเป็นข้อจำกัดทำให้เสียเวลาในการอพยพคนออกจากอาคาร เนื่องจากเจ้าของอาคารไม่ให้ความสำคัญกับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการตรวจสอบการใช้งานอย่างจริงจัง เน้นแต่จะทำการป้องกันเชิงรับอย่างเดียว โดยไม่เคยคำนึงถึงเส้นทางสู่ทางหนีไฟ ว่ามีความกว้างหรือแคบพอที่จะรองรับการอพยพ เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้มากนักน้อยเพียงใด

ภายในสำนักงานที่จะทำการจำลองมีขนาดพื้นที่รวมของอาคารทั้งชั้นมี ความกว้าง 32 เมตร และความยาว 32 เมตร รวมเป็นพื้นที่ 1,024 ตารางเมตร มีจำนวนคนทำงานภายในชั้นนี้ รวม 73 คน จากมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยกำหนดให้ลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไปกับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อ

คำนวณความจุคนในสำนักงานให้มีขนาดพื้นที่ต่อคน 10 ตารางเมตร ห้ามหักพื้นที่ของเครื่องจักร อุปกรณ์เฟอร์นิเจอร์ออกก่อนการคำนวณพื้นที่ทั้งหมด สรุปได้ว่าภายในชั้นนี้จะต้องรองรับคนได้ถึง 102 คน แต่เนื่องจากสภาพความเป็นจริงช่องทางออกจากสำนักงานที่แยกส่วนออกไปมีช่องขนาดความกว้างโดยประมาณ 1.00 เมตร เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินอาจจะไม่เพียงพอที่จะรองรับการอพยพของกลุ่มคนที่ตื่นตระหนกต่อเหตุเพลิงไหม้ได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการอพยพ โดยใช้หลักการจำลองด้านพลศาสตร์อค์กียักษ์ร่วมกับโปรแกรมจำลองการอพยพ เพื่อให้ทราบถึงผลของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ในบริเวณ ชั้นดังกล่าว

2. ศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อมของชั้นต้นเพลิงภายในอาคารให้สอดคล้องกับการออกแบบในโปรแกรม Fire Dynamics software

ก



ข



ค

ง

ภาพที่ 20 สภาพแวดล้อมของชั้นต้นเพลิงภายในอาคารที่ทำการทดลอง

ภาพที่ 18 แสดงถึงลักษณะพื้นที่สภาพแวดล้อม และการเก็บรวบรวมข้อมูลของชั้นต้นเพลิงภายในอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์ กำหนดการออกแบบ และศึกษาเส้นทางในการอพยพ ขนาดพื้นที่รวมของอาคารทั้งชั้นมี ความกว้าง 32 เมตร และความยาว 32 เมตร มีจำนวนคนทำงานภายในชั้นนี้รวม 73 คน มีประตูทางออกสู่ทางบันไดหนีไฟจำนวน 2 บาน ประตูหนีไฟกว้าง 90 เซนติเมตร อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของตัวอาคาร มีช่องทางเดินขนาดความกว้างโดยประมาณ 1.00 เมตร ภาพ 18 ก.บริเวณโถงลิฟท์ มีขนาดความกว้าง 8 เมตร ความยาว 14 เมตร และมีประตูกระจกจำนวน 2 ชุด ติดตั้งทางด้านซ้าย และขวาของโถงลิฟท์ ภาพ 18 ข. สภาพบริเวณพื้นที่ส่วนที่เป็นสำนักงานที่กั้นด้วยผนังสำเร็จรูป ภาพ 18 ค. บริเวณช่องทางเดินภายในชั้นซึ่งเป็นเส้นทางสู่ประตูหนีไฟจะมีกล่องเอกสารวางอยู่ในเส้นทางสู่ทางหนีไฟ ภาพ 18 ง. บริเวณตู้เก็บเอกสารแบบเลื่อนได้ สำหรับจัดเก็บเอกสารที่บรรจุลงในกล่องกระดาษ

3. ศึกษาผลของการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ของโปรแกรม FireDynamics software

เมื่อกำหนดปัญหาแล้วจะทำการป้อนข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้ใส่เข้าไปใน FDS จะทำการประมวลผล และแสดงเหตุการณ์จำลองเพลิงไหม้ขึ้นมาตามเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ คือ กำหนดตำแหน่งการเกิดอัคคีภัย, ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง, ออกแบบขนาด และตำแหน่งของโต๊ะทำงานผนังกันห้อง (Partition) และเลือกชนิดและคุณสมบัติของวัตถุที่มีในฐานข้อมูลโปรแกรม

4. กำหนดขนาดของชั้นต้นเพลิงและออกแบบเส้นทางอพยพที่ใช้เขียนคำสั่ง ใน Evacsim

Evacsim เป็นโปรแกรมออกแบบจำลองการอพยพของคนออกจากพื้นที่ที่ถูกปิดล้อมซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานจำลองการอพยพสำหรับห้องเดี่ยว แต่ก็มีความยืดหยุ่นพอสมควรในการจำลองการอพยพสำหรับอาคารที่มีชั้นลอยได้อีกด้วย Evacsim ไม่ยุ่งยากต่อการใช้งานสามารถเชื่อมต่อทางอินเทอร์เน็ตได้ จัดได้ว่าเป็นเครื่องมือสำหรับผู้ออกแบบที่จะช่วยอธิบายผลกระทบที่มีต่อการออกแบบอาคารหลังใหม่ที่สามารถรองรับกับจำนวนผู้ใช้งานในอาคารที่มากขึ้นการใช้งาน Evacsim

ตารางที่ 5 ข้อมูลค่าเริ่มต้นที่เป็นคำสั่งป้อนเข้าในโปรแกรม Evacsim

รายละเอียดและความหมาย	ค่าที่กำหนดในโปรแกรม
1. Size คือ ขนาดของคน	0.75
2. Speed คือ ความเร็วของคนในการเดิน	0.25 - 0.50
3. Mass คือ มวลของคน	100
4. Strength คือ ความแข็งแรงของคน	2
5. WaitTime คือ เวลาที่ต้องรอ	10 – 50 Time Steps
6. Aggression คือ ความก้าวร้าว	100
7. Patience คือ ความอดกลั้น	10 Time Steps
8. Dexterity คือ ความคล่องแคล่ว	10 Time Steps
9. Agility คือ ความว่องไว	6
10. HitPoints คือ จุดที่โดนชน	6

หมายเหตุ ความเร็วของคนในการเดินกำหนดค่าใหม่เป็น 1 เมตรต่อวินาที (NFPA 101)

ตารางที่ 6 ข้อมูลป้อนเข้าที่เป็นวัตถุในโปรแกรม Evacsim

รายละเอียดและความหมาย	ค่าที่กำหนดในโปรแกรม
1. PeopleBoxes คือการกำหนดจำนวนคน	73 คน
2. Wall คือการกำหนดพิกัดของวัตถุต่างๆ โดยกำหนดเป็นลักษณะ (X1, Y1), (X2, Y2)...n	กำหนดค่าพิกัดดังนี้ 5 X1=0, Y1=3.03, X2=3.03, Y2=3.03 X3=3.03, Y3=1.36 X4=10.76, Y4=1.36 X5=10.76, Y5=0
3. BoundBox คือ การกำหนดตำแหน่งของคน	X1=18.12, Y1=3.93 X2=18.12, Y2= 3.93
4. Goals คือ การกำหนดจำนวนของประตู	2 บาน
5. Goal คือ การกำหนดการสร้างประตู	Goal

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายละเอียดและความหมาย	ค่าที่กำหนดในโปรแกรม
6. GoalLine คือ การกำหนดตำแหน่งของประตู	X1=15.76, Y1=86.67 X2=15.76, Y2=83.79
7. Destination คือ การกำหนดตำแหน่งให้คนเคลื่อนที่มาที่ประตู	X1=86.36, Y2=16.36
8. NumPeople คือ การกำหนดจำนวนคนในตำแหน่งพิกัดเดียวกันให้มีกี่คน	1 คน

5. วิธีการสั่งให้โปรแกรมทำการจำลองการอพยพใน Evacsim

ในเบื้องต้นโปรแกรมจะทำการแสดงผลบนหน้า เว็บไซต์และ ชุดคำสั่งที่ใช้ในการแสดงผลใน เว็บเพจซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

```
<html> ( การกำหนดรูปแบบ ไฟล์ในรูปแบบของ เว็บเพจ หรือ เป็นนามสกุล html)
<head> (คำสั่งขึ้นหัวเรื่องในหน้า เว็บเพจ)
<title>EvacSim - Floor 5</title>( ชื่อที่เราต้องการโชว์ในหน้าเว็บเพจเป็นอย่างแรก)
</head>( คำสั่งให้เริ่มสั่งงานใหม่)
<body bgcolor="#22B7FF">(คำสั่งกำหนดสีพื้นหลังของหน้าเว็บเพจเป็นสีน้ำเงิน)
<p align="center"> (คำสั่งให้วัตถุอยู่กึ่งกลางหน้าเว็บเพจ)
<applet code="EvacSim.class" align="baseline" width="800" height="550" (ให้มีวัตถุมีขนาด)
alt="You must have a JDK 1.1-enabled browser to view this applet.">(ให้ค้นหาappมาใช้งาน)
<param name="SCENARIO" value="floor-none_approve.dat">(กำหนดชื่อไฟล์แสดงผลในเว็บ)
<param name="DOUBLEBUFFER" value="true">You need a java-enabled browser to
view this.( กำหนดให้ค้นหา จาวา และสั่งให้ทำงานได้)
</applet>
</p>
</body>
</html>
```

จากนั้นทำการศึกษารายละเอียดของขอบเขตการใช้งานของโปรแกรม Evacsim ดังนี้

5.1 ปุ่มทำงาน

5.1.1 กดปุ่มเริ่มทำงาน เพื่อทำการจำลองหลังจากนั้นปุ่มทำงานจะเปลี่ยนเป็นปุ่มหยุดทำงานและกลับมาเริ่มทำงานใหม่ได้ขณะที่ทำการจำลองอพยพคนออกจากอาคาร

5.1.2 กดปุ่มตั้งค่าใหม่และกลับมาปุ่มเริ่มทำงานจำลองเหตุการณ์เริ่มต้น ปุ่มนี้จะลบการจำลองเหตุการณ์ และจะกลับมาตั้งค่าจำนวนคนใหม่ในหน้าจอของโปรแกรม

5.2 ปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม

5.2.1 ทุกกรณีของการจำลองเหตุการณ์ให้ คลิกที่ปุ่ม Free Display

5.2.2 กรณีแสดงผลซ้ำให้คลิกที่ปุ่ม Fast Display

5.3 ขยายดูพื้นที่การจำลองเหตุการณ์

5.3.1 การอธิบายสัญลักษณ์ บนหน้าจอของ Evacsim

- เส้นที่แสดงเป็นผนังห้องจะเป็นสีน้ำเงิน
- คนจะเป็นสีดำ, คนที่ล้มลงจะเป็นสีแดงเข้ม, คนที่ล้มโดนคนอื่นข้ามเป็นสีแดง
- ทางออก(ประตูหนีไฟ)เป็นสีเขียว
- เป้าหมาย (Goals) ที่ไม่ใช่ทางออกจะเป็นสีแดงเข้ม เส้นทางสำหรับทุกเป้าหมาย(ทางออกทั้ง 2 ทางหรือไม่ใช่ทางออก) จะแสดงเป็นตัวเลข
- เครื่องหมายกากบาทเป็นสีน้ำเงินอ่อนเป็น Sub-Goals (เป้าหมายรอง) เราใช้เพื่อทำการคำนวณระยะทางที่สั้นที่สุด และเพื่อช่วยให้เห็นตำแหน่งที่กำหนดค่าขณะออกแบบ

5.3.2 การดูภาพทั่วไปด้วยการคลิกซ้ายค้างและลากเมาส์ไปมาบนหน้า Screen

5.3.3 การขยายภาพด้วยการคลิกขวาค้างและลากเมาส์ ขึ้นลงบนหน้า Screen

5.4 การทำให้ Evacsim แสดงผลในหน้า WebSite ชุดคำสั่งแสดงผลใน Web Page สามารถเขียนได้ใน .html

5.5 คำตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมการคำนวณ

คำตัวแปรเฉลี่ยต่างๆ ที่ใช้สำหรับคำนวณตั้งแต่เริ่มต้นและจบการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

5.5.1 อัตราการไหล จะแสดงตรงกลางของหน้าจอแสดงผลทางด้านซ้ายล่างของ Applet แสดงอัตราการไหลของคนตรงไปยัง Goals (ประตู) อัตราการไหลเป็นการวัดจำนวนคนต่อวินาที

5.5.2 ชื่อ File คือชื่อของงานปัจจุบันที่ใช้งาน

5.5.3 เวลาการจำลอง เป็นการจำลองเหตุการณ์อาจจะไม่แสดงผลจริงเสมอไประหว่างความเร็วของเวลาที่ถดถอยก่อนอื่นมันจำเป็นจะต้องเก็บแต่ละช่วงของเวลาการจำลองเหตุการณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาที่ผ่านไปในการจำลองเหตุการณ์

5.5.4 จำนวนทางออก คือ จำนวนทางออกของคนผู้ซึ่งออกจากห้องหรืออาคารตรงไปยังทางออก และไม่แสดงผลมากกว่าในการจำลองเหตุการณ์ เมื่อทุกๆ คนออกไปแล้วการจำลองเหตุการณ์จะหยุดเองโดยอัตโนมัติ

5.5.5 จำนวนคนที่โดนข้ามไป เป็นจำนวนคนที่ล้มและโดนข้ามไปซึ่งพฤติกรรมรูปแบบการอพยพจะซับซ้อน และเราขอให้คนแสดงความก้าวร้าวผลักดันคนอื่นให้ล้มลงในกรณีนี้คนที่ล้มลงจะโดนข้ามหรือโดนเหยียบโดยกลุ่มคนที่อพยพตามมา

5.6 โปรแกรมทำงานอย่างไร

โปรแกรม Evacsim ใช้พื้นที่ว่างต่อเนื่องของรูปแบบเพื่อนับเวลา 0.1 วินาทีตำแหน่งของคนทั้งหมดในห้อง สามารถคำนวณกลับบนพื้นฐานที่มีอุปสรรค รอบคนและความหลากหลายจากพฤติกรรมของคน เช่นความเร็วความอดทน และความก้าวร้าว

5.6.1 คนใน Evacsim เป็นจำนวนโดยประมาณ

วิธีการคำนวณในรูปแบบตำแหน่งที่ใกล้สุดใช้ Subgoal ระบบจะพัฒนาการจำลองเหตุการณ์อนุญาตให้คนสามารถอ้อมสิ่งที่ขวางกั้นได้ Subgoal จะยังพัฒนาระบบการทำงานของแผนงานได้ถ้าการเดินทางของคนที่ยังออกถูกขวางกั้นก็จะหา Subgoal ว่าเส้นทางของคน ถ้าสัญลักษณ์ Subgoal Line of คนก็จะเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุดสู่ทางออก

คนจากการจำลองจะมีขีดจำกัดสามารถกว่าคนจริง ในกรณีที่การกระทำของคนไม่สุภาพเมื่อถูกคนอื่นขวางทางคนก็จะพยายามเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ถูกเลือก ซึ่งจะอนุญาตเคลื่อนที่เร็วกว่าการเฉพาะเจาะจง เมื่อคนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เวลาการอพยพก็จะเน้นนานออกไป ความก้าวร้าวที่เกิดขึ้นคนจะผลักคนที่อยู่ด้านหน้าตัวเอง ถ้าหากคนที่ล้มก่อนสามารถลุกขึ้นมาใหม่คนเหล่านั้นจะสามารถเดินหน้าตนเอง เวลาขณะที่คนรอเพิ่มขึ้นเวลานับไม่มีการเคลื่อนที่ ถ้าคนสามารถเคลื่อนที่เวลาที่รอไม่คงที่จะถูกหารครึ่ง

เมื่อคนโดนผลักตำแหน่งจะมีผลกระทบกับความเร็ว และคนที่ผลักจะเหมือนมวลก้อนหนึ่งอย่างไรก็ตาม เมื่อคนโดนผลักค่าความแข็งแรงของคนผลักจะถูกบวกเป็นตัวแปรเวลานับความแรงที่โดนผลักจะเท่ากับ 1.3 (เป็นการค้นคว้าด้วยตนเองของ Nathan Kopp) ดังนั้นการที่คนจะกลับมายืนอยู่ในสถานะเดิมได้คนใน Evacsim จะมีลักษณะหลากหลายเพื่อให้เข้ากับเหตุการณ์จริงการอธิบายค่าต่างๆในการจำลองเหตุการณ์เป็นฟุตและเวลานับเป็น 0.1 วินาที

5.6.2 กำแพง

ทุกๆ ผนังใน Evacsim มีรายละเอียดประกอบบอกถึงจุดเชื่อมต่อจุดแต่ละจุด จะสัมพันธ์กับ subgoal แต่จะไม่ถูกจัดเก็บเป็นผนัง

5.6.3 เป้าหมาย

เส้นเป้าหมาย คนใช้ระยะทางจากจุดจริง และคนสามารถนับการถึงจุดเป้าหมายได้ถ้าคนเหล่านั้นไปตามระยะทางที่กำหนด หรือข้ามเส้นเป้าหมายไปในแต่ละเป้าหมายซึ่งประกอบด้วยคำสั่ง Array ระยะทางที่เป็นตัววัด

5.6.4 File Format

ค่าเริ่มต้นในโปรแกรมเป็นค่าคงที่จาก Server เมื่อถูก Load File Format โปรแกรมจำลองจะ Input รายละเอียด Plan Tex, Human Editable. C++ Style Single Line // สามารถใช้ได้ ส่วน กรณี File ไม่สามารถ Sensitive ได้

สิ่งสำคัญจำนวนที่กำหนดและจำนวนจริงรวมถึง File Match ทุก Coordinated Lenter with no Separator สำหรับค่าพารามิเตอร์ หลายๆของคน เรากำหนดค่าต่ำที่สุดและค่ามากที่สุด เมื่อพื้นที่ว่างของคนค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่ถูกเลือกระหว่างค่าน้อยและค่ามาก ทุกพารามิเตอร์ของเวลาเช่น ค่าความก้าวร้าว ค่าที่กำหนดในการจำลองเวลา ตัวอย่างถ้าเราต้องการค่าความอดกลั้นทุก สองหรือทุกสามวินาทีคุณควรใช้ ค่าความอดกลั้น 20 30”

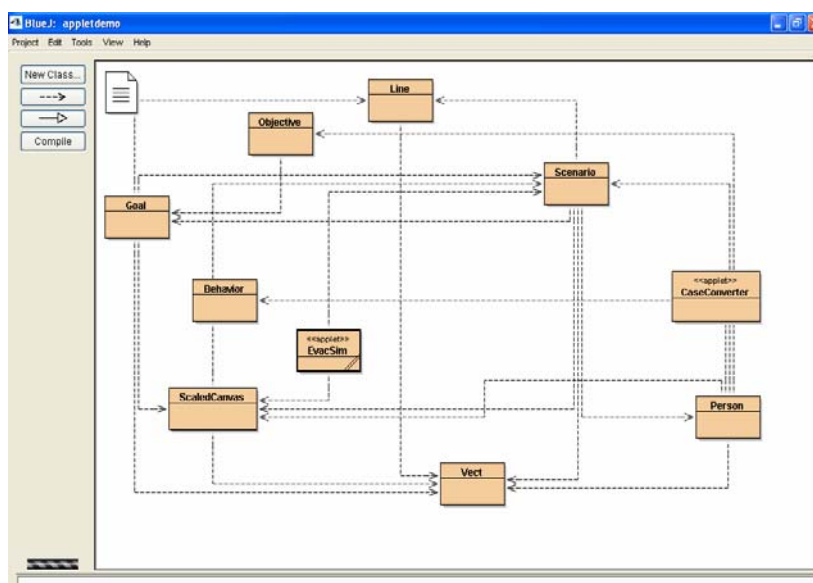
5.6.5 กำหนดเกี่ยวกับคนกรณีพิเศษในกล่อง

สถานที่ของคนที่น่าจอคุณจะต้องกำหนดหนึ่งหรือมากกว่า People Box จะต้องมิชอบเขตของ Box ในที่ซึ่งคนสถานที่ผู้ม นิสัยของคนและข้อกำหนดอื่น

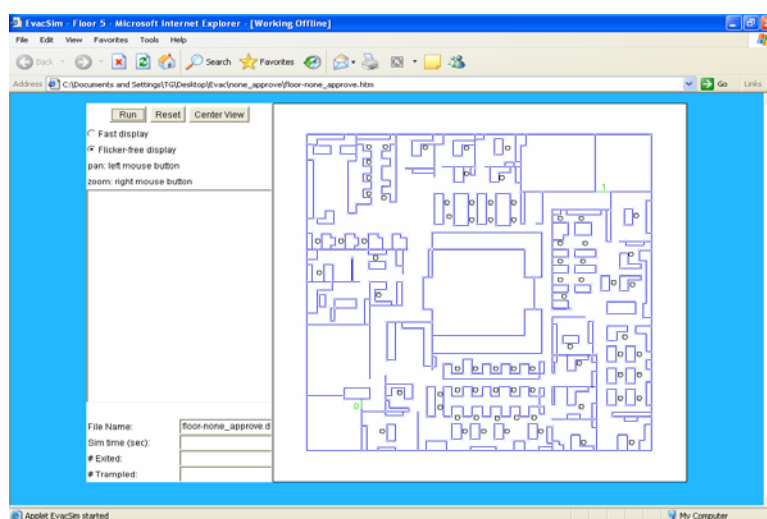
5.6.6 เกี่ยวกับข้อกำหนดผนัง

ถ้าคุณออกแบบงานของคุณเองให้ใช้เส้นผนังเป็นเส้นเดี่ยวห้ามใช้เส้นผนังเป็นเส้นขอบนอกห้ามใช้เส้นขอบนอกอีกเส้นแทนเส้นผนัง บางครั้ง เพราะว่า Subgoal คนจะคิดเคลื่อนที่ไม่ได้

หลังจากการนำชุดคำสั่งการอพยพมา Compile ให้สามารถใช้งานได้ โดยมีชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการจำลองการอพยพ ตามเงื่อนไขในการวิจัยครั้งนี้ คือ Objective, Line, Goal, Behavior, Scenario, Person, Vect, Scaled Canvas และ Evacsim รูปภาพที่ 21 ประกอบ



ก.



ข.

ภาพที่ 21 ก. การนำชุดคำสั่งของ Evacsim มา Compile

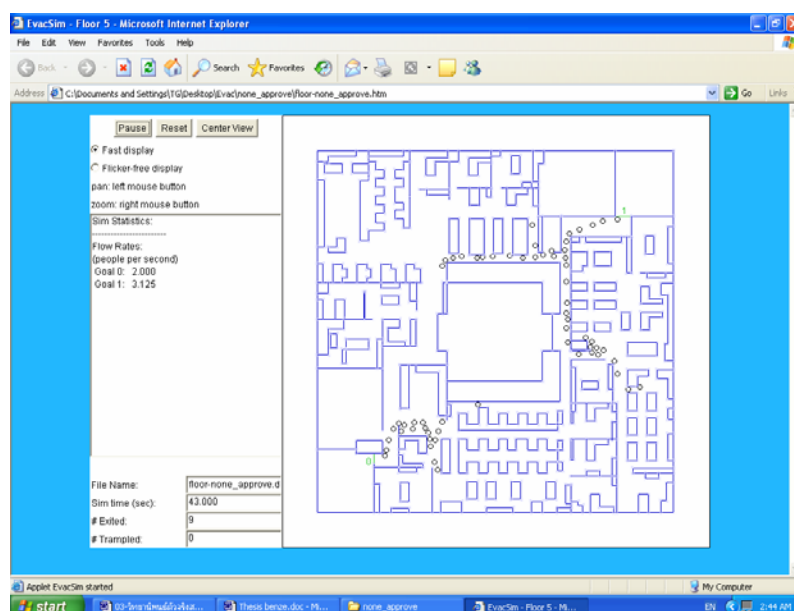
ข. การจำลองการอพยพของชุดคำสั่งของ Evacsim ใน Web page

ภาพที่ 21 ก. แสดงชุดคำสั่งต่างๆ หลังจากนำมา Compile แล้ว ภาพที่ 21ข. แสดงผลการจำลองการอพยพแสดงในรูปแบบของ Web Page โดยอาศัยโปรแกรม Internet Explorer ในการแสดงภาพรวม ของแบบแปลนชั้นที่ 5 ณ อาคารแห่งหนึ่งที่ใช้เป็นกรณีศึกษา และรวมถึงจำนวนคน

ที่ทำงานจำนวน 73 คน, การแบ่งพื้นที่ของโถงลิฟท์, ห้องทำงานย่อย, ช่องทางเดินในการอพยพ, โต๊ะทำงาน, และผนังกันห้องสำเร็จรูปที่ถือว่าเป็นสิ่งกีดขวางในการอพยพ เมื่อจำลองการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ ที่ได้จากโปรแกรม FDS แล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการอพยพของโปรแกรม Evacsim ก็จะสามารถทำนายผลการอพยพได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งในการจำลองเหตุการณ์การอพยพครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้โปรแกรม Evacsim แสดงข้อมูลออกมา ดังนี้ ชื่องาน (File name), เวลาในการจำลอง (Simulation Time-sec), จำนวนคนที่ออก (Exited), และควบคุมการทำงานของ การจำลองการอพยพ โดยใช้ ปุ่มสั่งการทำงาน (Run), ปุ่มสั่งเริ่มการทำงานใหม่ (Reset)

การแสดงผลภาพของแบบแปลนชั้นที่ 5 ใน Web page นี้ สามารถ สร้าง หรือแก้ไข และปรับปรุงได้ จากการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Notepad ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดชุดคำสั่ง และกำหนดขนาดของแปลนชั้นที่ 5 และเงื่อนไขต่างไว้ตามขอบเขตที่กำหนด หมายเหตุ รายละเอียดดูในภาคผนวก ก.

ภาพที่ 22 แสดงการอพยพตามข้อมูลที่เรป้อนเข้าไปใน Note pat แสดงผลใน Webpage ในภาพจะเห็นการเคลื่อนที่ของคนที่ได้ใส่ข้อมูลไว้



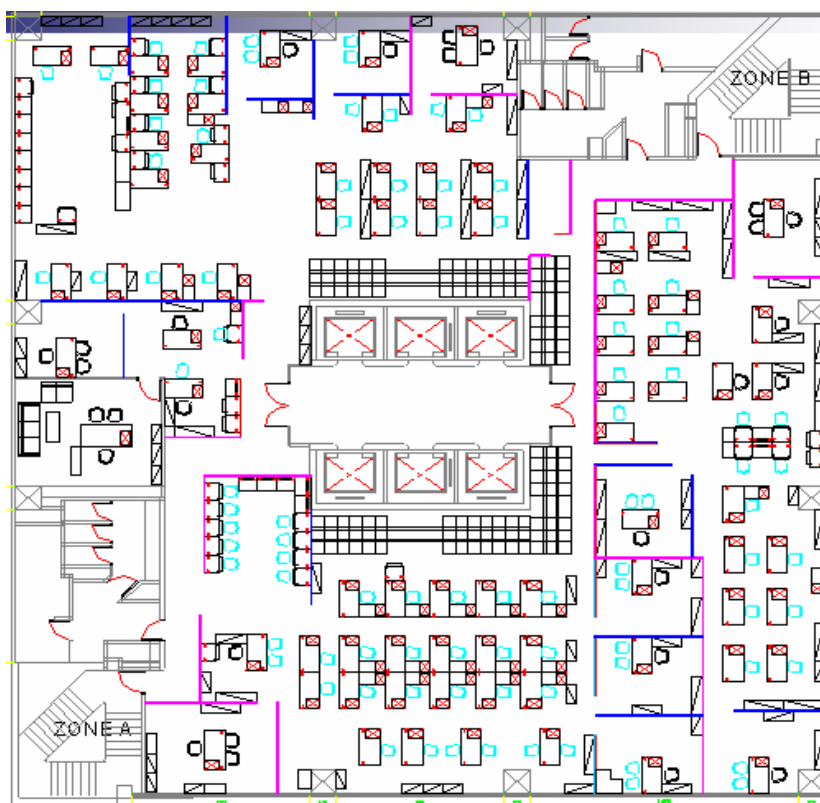
ภาพที่ 22 การจำลองเหตุการณ์การอพยพของโปรแกรม Evacsim

ผลและวิจารณ์

ผลการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อมของชั้นต้นเพลิงภายในอาคาร

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองด้วยการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ อาคารสำนักงานซึ่งเป็นอาคารสูง ขนาด 20 ชั้นรวมชั้นดาดฟ้า ได้เปิดใช้งานมานานกว่า 20 ปี วัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานในอาคารส่วนใหญ่อยู่ในสภาพไม่พร้อมที่จะใช้งานชั้นที่เกิดเหตุเป็นชั้นที่ 5 เป็นส่วนปฏิบัติงานของฝ่ายบัญชีซึ่งมีเอกสารวางกระจัดกระจายเป็นจำนวนมาก จากภาพที่ 23 จะเห็นว่าผังอาคารมีทางหนีไฟทั้ง 2 ด้านของตัวอาคารและมีลิฟต์โดยสารอยู่กลางอาคารอยู่จำนวน 6 ชุด มี Moveable Cabinet ติดตั้งอยู่ด้านนอกของผนังลิฟต์มีการแบ่งส่วนการใช้พื้นที่ด้วยการกั้นผนังสำเร็จรูป (Partition) และมีช่องทางเดินภายในอาคารกว้างโดยเฉลี่ย 1.00 เมตร พื้นอาคารเป็นพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป (Solid Plank) และปูด้วยพรมทอสำเร็จ ภาพถ่ายทั้งหมดที่แสดงถ่ายเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2549



ภาพที่ 23 แปลนอาคารชั้นที่ 5

จากภาพที่ 24 แสดง Moveable Cabinet ทางด้านซ้ายมือของภาพและเอกสารทางบัญชีที่จัดเก็บในสัปดาห์กระดาษเพื่อรอเคลื่อนย้าย ไปจัดเก็บที่คลังเอกสารซึ่งแยกกันอยู่กับอาคารสำนักงาน แต่เนื่องจากที่จัดเก็บเอกสารไม่เพียงพอและพื้นที่ในแต่ละหน่วยงานมีจำกัด พนักงานจึงต้องนำเอกสารไปสัปดาห์มาวางในช่องทางเดิน ภายในอาคารซึ่งมีพื้นที่คับแคบอยู่แล้ว หากเกิดเหตุฉุกเฉินจะทำให้การอพยพเป็นไปด้วยความลำบากและยากต่อการควบคุม



ภาพที่ 24 สภาพพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงาน ชั้น 5

ภาพที่ 25 สภาพทั่วไปภายในพื้นที่สำนักงานที่แยกส่วนออกมา มีการเดินสายไฟในรางสายไฟ PVC (Polyvinylchloride) ที่ติดตั้งบนพื้นพรมแสดงถึงขาดการเตรียมการที่ดีตั้งแต่เริ่มการออกแบบอาคารในเรื่องของ งานระบบไฟฟ้า โดยปกติทั่วไปการเดินสายไฟจะร้อยในท่อเหล็กเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนหุ้ม และจะทำการฝังในพื้นอาคารจะมีพื้นที่พื้นพื้นขึ้นมา คือเดินสายไฟเท่านั้น และในสภาพการทำงานมีการนำอุปกรณ์สำนักงานมาต่อพ่วงอาจจะทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเกินกว่าสายจะรับได้ ปกติแล้วสายไฟสำหรับปลั๊กและสวิตช์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีขนาดใช้งาน 2.5 ตารางมิลลิเมตร



ภาพที่ 25 ภายในส่วนพื้นที่ทำงานของสำนักงานชั้น 5

ภาพที่ 26 ก) และ ภาพที่ 26 ข) มีการจัดวางเอกสารและวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงอยู่กระจัดกระจายทุกจุดในชั้นรวมทั้งขาดการควบคุมดูแล การอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำจากภายนอกมาใช้ภายในสำนักงานว่าอยู่ในสภาพใช้งานและมีความปลอดภัยอย่างไร



ภาพที่ 26 อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในสำนักงาน ก) ตู้เย็น ข) กาต้มน้ำไฟฟ้า

2. ผลของการจำลองการเกิดเพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรม FDS

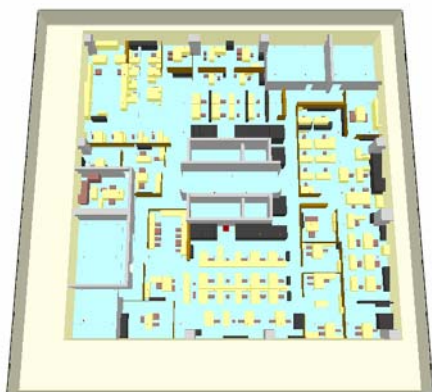
การจำลองเหตุการณ์ว่าได้เกิดเพลิงลุกไหม้บริเวณ Moveable Cabinet ซึ่งเป็นสถานที่เก็บเอกสารรวมของทุกแผนก

ภาพที่ 27 ก. แสดงการจำลองเหตุการณ์ทำให้เห็นภายในชั้นที่ 5 ก่อนที่จะเกิดเพลิงลุกไหม้ ณ เวลา 0 วินาที และตั้งสมมติฐานจากการสำรวจจุดที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดในการเกิดอัคคีภัย เพราะเป็นส่วนที่เก็บเอกสารและบริเวณข้างเคียงมีอุปกรณ์ไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ตำแหน่ง (ดูภาพที่ 27 ประกอบ) ที่จะทำการจำลองอยู่ในส่วนของสำนักงานที่กันแยกออกมา และเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้พนักงานในส่วนนี้จะป็นกลุ่มแรกที่ทราบว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้

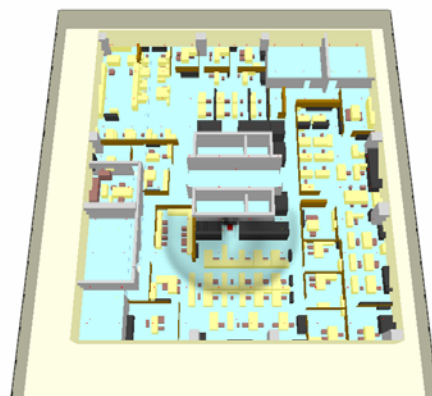
ภาพที่ 27 ข. แสดงการเกิดควัน ณ เวลา 10 วินาที นับตั้งแต่เริ่มจำลองเหตุเพลิงไหม้แสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของควันในช่วงแรกของการเกิดเพลิงลุกไหม้ ณ เวลา 10 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันจางๆ ที่ลอยตัวขึ้นและกระจายตัวลงมาตรงบริเวณที่โต๊ะทำงานของพนักงานกลุ่มแรกที่นั่งทำงานอยู่ประมาณ 25 คน ซึ่งสังเกตจากการปกคลุมของกลุ่มควันที่ลอยตัวไปปิดบริเวณพื้นที่ในภาพจำลองนี้ ทำให้พนักงานส่วนนี้ตื่นตัวและรับรู้ได้ว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้

ภาพที่ 27 ค. แสดงการเกิดควัน ณ เวลา 20 วินาที แสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของควันที่ ณ เวลา 20 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันจางๆ ที่ลอยตัวขึ้น และกระจายตัวขยายรัศมีกว้างมากขึ้น มายังบริเวณโต๊ะทำงานของพนักงานที่ติดกับผนังห้อง เมื่อกลุ่มควันกระจายตัวถึงผนังห้อง ซึ่งเป็นที่ปิดล้อมจะทำให้กลุ่มควันที่เกิดขึ้นใหม่จากจุดต้นเหตุของเพลิงจะมีปริมาณควันส่วนหนึ่ง ขยายตัวออกเป็นรัศมีกว้างขึ้นกว่าเดิม

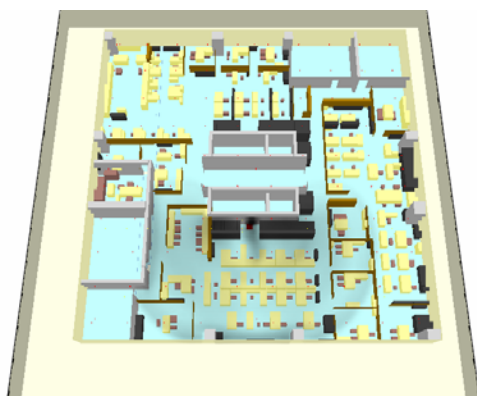
ภาพที่ 27 ง. แสดงการเกิดควัน ณ เวลา 30 วินาที แสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของควันที่ ณ เวลา 30 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาขึ้นเมื่อกระทบกับผนังปิดล้อมทำให้กลุ่มควันเริ่มเปลี่ยนทิศทางการไหล และกระจายตัวขยายรัศมีกว้างเพิ่มมากขึ้น



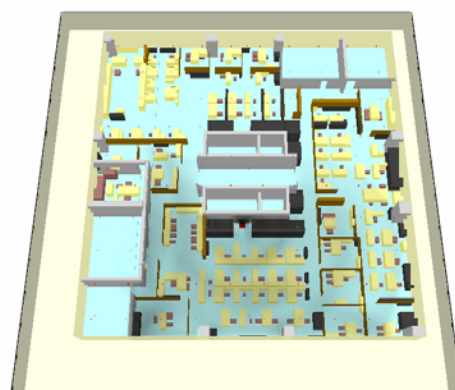
ก. ขณะที่ยังไม่เกิดควัน



ข. เมื่อเกิดควันแล้ว 10 วินาที



ค. เมื่อเกิดควันแล้ว 20 วินาที



ง. เมื่อเกิดควันแล้ว 30 วินาที

ภาพที่ 27 แปลนอาคารชั้นที่ 5 ขณะยังไม่เกิดควันและตำแหน่งจุดเกิดเพลิงไหม้

ภาพที่ 28 ก. แสดงการเกิดควัน ณ ที่เวลา 40 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาเพิ่มมากขึ้นและเริ่มกระจายตัวเข้าสู่พื้นที่ด้านข้าง โดยเฉพาะกลุ่มควันที่ปกคลุมบริเวณผนังที่ปิดล้อม จะมีควันหนาที่มากกว่าด้านที่ไม่มีผนังปิดล้อม

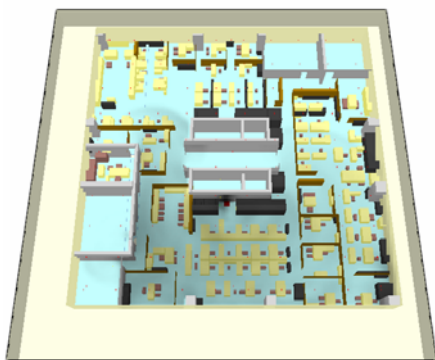
ภาพที่ 28 ข. แสดงการเกิดควัน ณ ที่เวลา 50 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาเพิ่มมากขึ้นและเริ่มกระจายตัวเข้าสู่พื้นที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้านของจุดที่เกิดเพลิงไหม้คิดเป็นพื้นที่โดยประมาณ 3 ใน 4 ของพื้นที่ที่ถูกกลุ่มควันปกคลุม

ภาพที่ 28 ค. แสดงการเกิดควัน ณ ที่เวลา 60 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาเพิ่มมากขึ้น และเริ่มกระจายตัวเข้าสู่พื้นที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้านและเริ่มมีกลุ่มควันบาง- ส่วนกระจายตัวเข้าไปในโถงลิฟท์

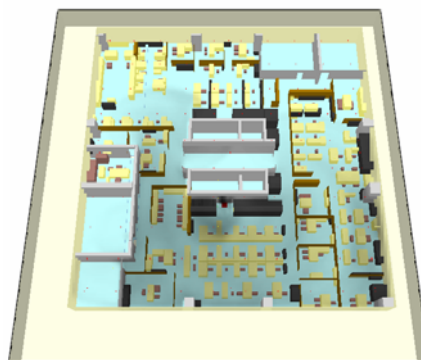
ภาพที่ 28 ง. แสดงการเกิดควัน ณ ที่เวลา 120 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาเพิ่มมากยิ่งขึ้น และเริ่มกระจายตัวเข้าครอบคลุมเกือบจะทั้งหมดของพื้นที่และเริ่มมีกลุ่มควันบางส่วนกระจายตัวเข้าไปในโถงลิฟท์

ภาพที่ 28 จ. แสดงการเกิดควัน ณ ที่เวลา 180 วินาที

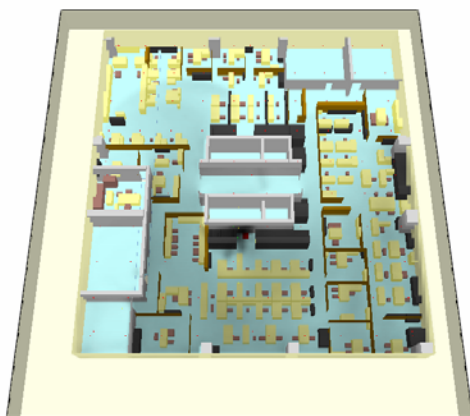
แสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มควันที่ ณ เวลา 180 วินาที จากภาพแสดงให้เห็นกลุ่มควันหนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม และกระจายตัวเข้าครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดรวมทั้งหน้าโถงลิฟท์ และมีบางส่วนเข้าไปในผนังปิดล้อมโดยเข้าทางขอบล่างของประตูห้องน้ำ และประตูหนีไฟ



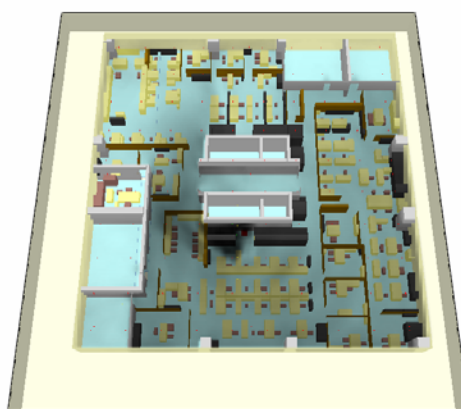
ก. เมื่อเกิดควันแล้ว 40 วินาที



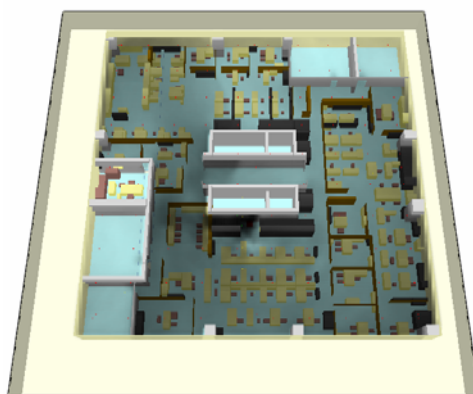
ข. เมื่อเกิดควันแล้ว 50 วินาที



ค. เมื่อเกิดควันแล้ว 60 วินาที



ง. เมื่อเกิดควันแล้ว 120 วินาที

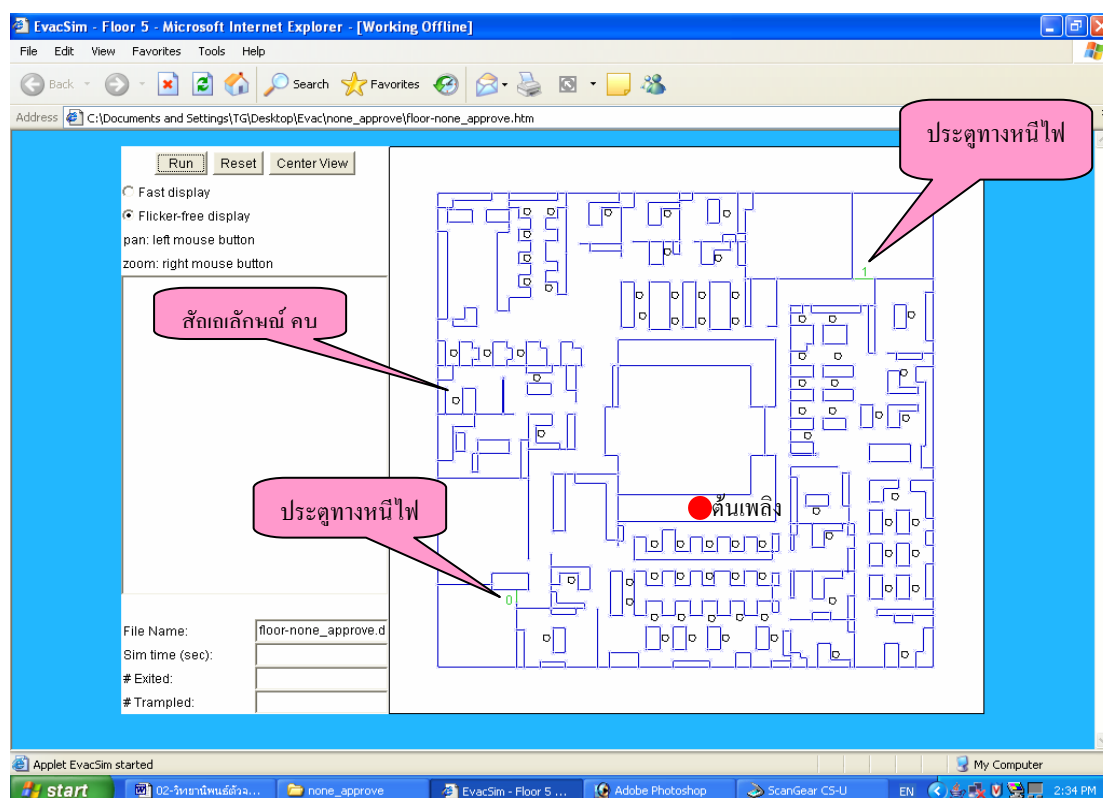


จ. เมื่อเกิดควันแล้ว 180 วินาที

ภาพที่ 28 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป (ก) 40 วินาที (ข) 50 วินาที (ค) 60 วินาที (ง) 120 วินาที (จ) 180 วินาที

3. จำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Evacsim

การจำลองเหตุการณ์การอพยพภายในอาคาร ณ ตำแหน่งชั้นที่ 5 โดยมีพนักงานทำงานในชั้นนี้ จำนวน 73 คน (สัญลักษณ์ของคนแทนด้วยวงกลม) มีประตูทางออกหนีไฟ จำนวน 2 ตำแหน่ง (สัญลักษณ์ของประตูแทนด้วยเส้นตรงสีเขียวอ่อนและมีตัวเลขกำกับ 0 และ 1) และมีการแบ่งพื้นที่ด้วยผนังสำเร็จรูปสำหรับพนักงาน ออกเป็นส่วนๆ ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 จำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Evacsim

จากภาพแสดงตำแหน่งต้นเพลิงที่สมมติว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ บริเวณตู้เอกสารแบบเคลื่อนที่ได้และแสดงตำแหน่งของคนที่นั่งปฏิบัติงาน และช่องทางเดินภายในอาคาร รวมถึงตำแหน่งของประตูหนีไฟ

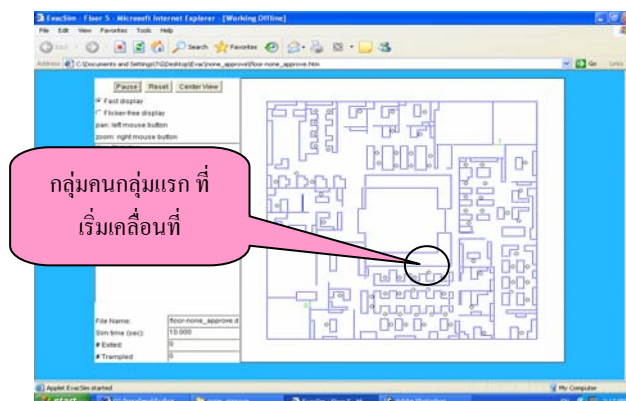
4. ศึกษาวิเคราะห์ผลของการจำลองเหตุการณ์อพยพเพลิงไหม้ของโปรแกรม Evacsim มีดังนี้

ภาพที่ 30 ก. แสดงการอพยพ ณ เวลา 10 วินาที เมื่อเริ่มเกิดเหตุเพลิงไหม้ผลที่ได้จากการจำลองการอพยพจะแสดงให้เห็นถึงการรับรู้ของคนในสำนักงานได้ว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ เพราะคนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มแรกที่อยู่บริเวณตำแหน่งที่เกิดเพลิงลุกไหม้ เนื่องจากตำแหน่งที่เรากำหนดให้เกิดเพลิงลุกไหม้อยู่ที่ตำแหน่ง Moveable Cabinet โดยธรรมชาติของคนจะรับรู้ได้ว่าทางหนีไฟทางใดที่ใกล้ที่สุดเนื่องจากความเคยชินจึงเริ่มอพยพไปทางประตูทางออกที่ใกล้ที่สุด ตำแหน่งประตูที่ใกล้ที่สุดก็คือประตู 0 ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของอาคารโดยจะต้องวิ่งผ่านโต๊ะทำงานผ่านผนังสำเร็จรูปที่กั้นเป็นสำนักงานจึงจะเข้าถึงประตูหนีไฟในขณะเดียวกันคนอื่นๆ ในชั้นนี้ยังไม่ทราบว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ก็ยังทำงานของตนตามปกติต่อไป

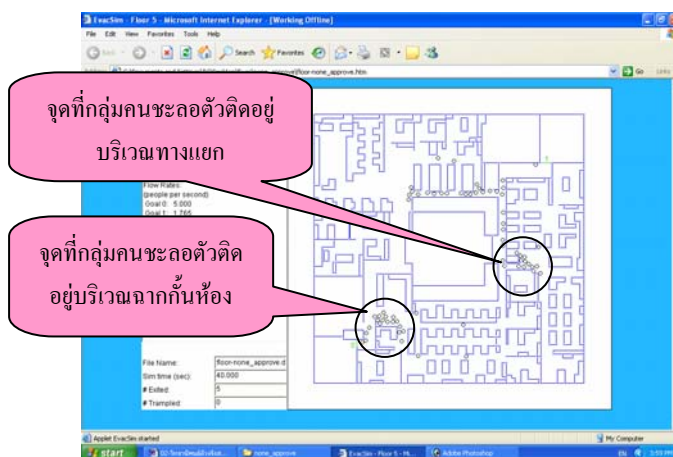
ภาพที่ 30 ข. แสดงการอพยพ ณ เวลา 40 วินาที หลังจากคนอื่นๆ ภายในชั้นนี้รับรู้ว่าจะเกิดเหตุเพลิงไหม้จึงอพยพหนีไฟซึ่งจากการจำลองพบว่า การอพยพจะมีการกระจายตัววิ่งสู่ประตูหนีไฟด้วยกัน 3 ทางด้วยกันคือ

1. บริเวณตำแหน่งที่เกิดเหตุเพลิงไหม้คนในกลุ่มนี้จะทยอยกันหนีไฟไปที่ประตู 0 และจะเริ่มเห็นกลุ่มคนมารอคิวกันรอ 20 คนเพื่อหาทางออกทำให้เกิดการชะลอตัว ณ จุดนี้
2. คนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มคนที่อยู่ทางด้านขวาของอาคารได้ทำการอพยพ และเมื่อเวลาผ่านไปคนกลุ่มนี้จะมาเข้าคิวรอกันตรงจุดตัด ที่เป็นทางหลักที่บริเวณหน้าประตูกระจกหน้าโถงลิฟท์เป็นจำนวน 12 คนจึงทำให้เกิดการชะลอตัว การอพยพจะช้าลงกว่าคนกลุ่มแรกทางด้านที่ออกไปก่อนหน้าโดยทำการหนีไฟไปที่ประตู 1
3. คนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มสุดท้ายที่อยู่ด้านตรงข้ามกับตำแหน่งเพลิงไหม้จะรับรู้ช้าที่สุดว่าเกิดเหตุเพลิงลุกไหม้ แต่เนื่องจากคนกลุ่มนี้อยู่ใกล้ประตูมากที่สุดจึงทำการอพยพได้เร็วกว่าคนกลุ่มที่ 2

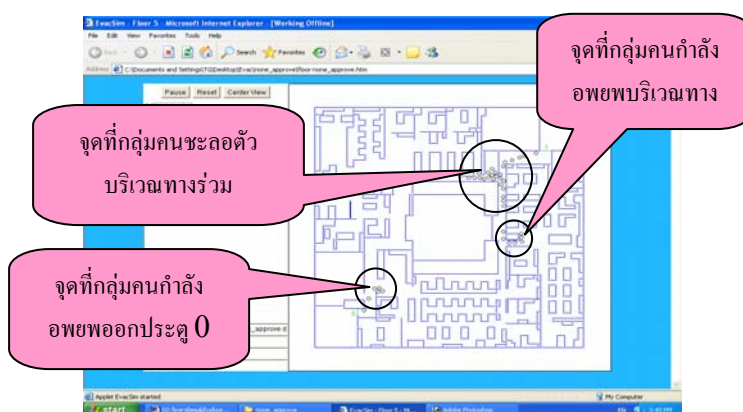
ภาพที่ 30 ค. แสดงการอพยพ ณ เวลา 60 วินาที เมื่อกลุ่มคนที่ 2 และ 3 ได้ทำการอพยพหนีไฟจะพบว่าทาง 2 ทางที่เป็นทางหลักได้มาบรรจบกันเป็นเส้นทางเดียวจะเกิดการเข้าคิวรอทำให้เกิดการชะลอตัวบริเวณทางออกหนีไฟประตู 1 สาเหตุเนื่องจาก มีปริมาณผู้อพยพหนีไฟมากกว่ากลุ่มที่ 1 ที่อยู่ใกล้ต้นเพลิงมากที่สุดเพราะว่าเมื่อเวลาที่ผ่านมา จะทำให้เกิดกลุ่มควันมาก และผู้ทำการอพยพไม่สามารถมองเห็นเส้นทาง จึงจำเป็นหรือใช้สัญชาตญาณที่จะต้องหาทางออกที่ประตู 1 จึงทำให้เกิดการชะลอตัว เพราะมีคนรออยู่ 20 คนจึงทำให้เกิดการชะลอตัวดังกล่าว



ก.



ข.

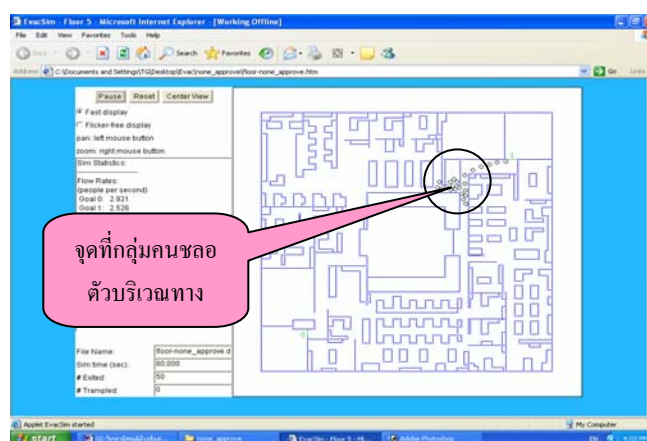


ค.

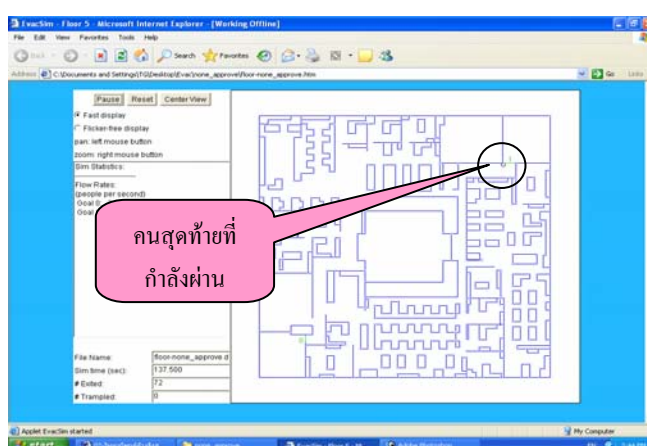
ภาพที่ 30 ภาพการจำลองการอพยพที่เวลา (ก) 10 วินาที (ข) 40 วินาที (ค) 60 วินาที

ภาพที่ 31 ก. แสดงการอพยพ ณ เวลา 80 วินาที การชลดัวของการอพยพจะเริ่มมีการรอคิวกันเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีทาง 2 ทางมาบรรจบกันที่จุดนี้ซึ่งมีปริมาณคนที่มาเข้าคิวรออยู่ 19 คน และมีเส้นทางคับแคบไม่สะดวกต่อการอพยพหนีไฟ และช่วงเวลานี้จะแสดงให้เห็นว่าเหลือคนติดอยู่ที่ประตู 1 ที่เดียวเท่านั้น ส่วนประตู 0 คนได้อพยพออกสู่ประตูหนีไฟหมดแล้ว

ภาพที่ 31 ข. แสดงการอพยพ ณ เวลา 137.5 วินาที แสดงให้เห็นภาพคนอพยพคนสุดท้ายที่หนีไฟออกจากชั้นที่เกิดเหตุเพลิงไหม้สู่ประตูหนีไฟ 1 เป็นเวลา 137.5 วินาทีหรือเป็นเวลา 2.17 นาทีซึ่งอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับเวลาการอพยพที่เป็นมาตรฐานคือเวลา 2 นาที



ก.



ข.

ภาพที่ 31 ภาพการจำลองการอพยพที่เวลา (ก) 80 วินาที (ข) 137.5 วินาที

5. ศึกษาการอพยพที่มีจำนวนคนน้อยกว่า 73 คน

จากการศึกษาการอพยพด้วยโปรแกรม Evacsim มีจำนวนพนักงานปฏิบัติงานภายในสำนักงาน 73 คนใช้เวลาอพยพ 2.17 นาทีเกิดการชุลอตัวบริเวณทางแยกและทางร่วมด้วยกันอยู่ 3 จุด แต่ถ้าหากลดจำนวนคนที่ปฏิบัติงานภายในสำนักงานลง โดยจัดเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการสุ่มการจำลองการอพยพว่าเวลาการอพยพในแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกันอย่างไรและนานเท่าใด จึงจะทำให้เกิดการชุลอตัว เนื่องจากโปรแกรมได้กำหนดค่า WaitTime ไว้คือ เวลาที่ต้องรอ 10 ถึง 50 Time steps ซึ่งเป็นเวลาที่เกิดการชุลอตัว โปรแกรมจะสุ่มว่าคนในโปรแกรม Evacsim คนไหนจะไปก่อนคนไหนที่จะต้องรอทำให้เวลาในการอพยพนั้นนานออกไป เพื่อให้ได้เวลาการอพยพที่ใกล้เคียงกับเวลาการอพยพจริง จึงต้องทำการจำลองการอพยพเพิ่มเติมเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของคนกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปทุกช่วงของการอพยพ

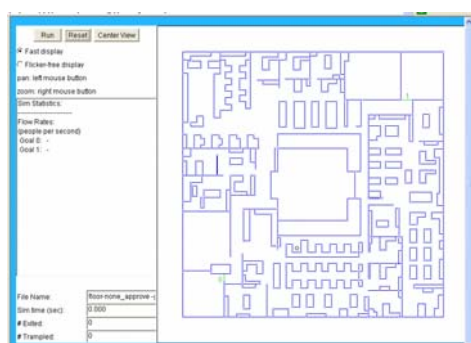
ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการจำลองการอพยพด้วยวิธีการกำหนด จำนวนคน 1 คน, 5 คน, 10 คน และ 40 คนดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 7 การอพยพที่มีจำนวนคนน้อยกว่า 73 คน

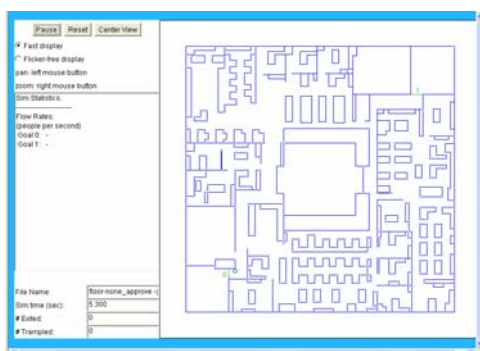
จำนวนคนในการอพยพ (คน)	เวลาในการอพยพ (วินาที)
1	9.5
5	10.6
10	12.2
40	14.5

ตารางที่ 8 จำลองการอพยพที่จำนวนคน 1 คน

ภาพการจำลองการอพยพ	เวลา	อธิบาย
--------------------	------	--------

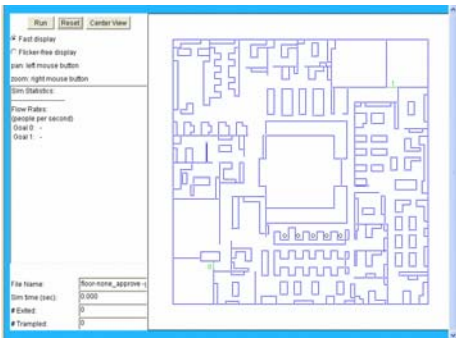


ก่อนทำ เป็นภาพก่อนจำลองการอพยพโดย
การอพยพ ใช้คน 1 คนอยู่ในพื้นที่ใกล้กับจุด
เกิดเหตุเพลิงไหม้



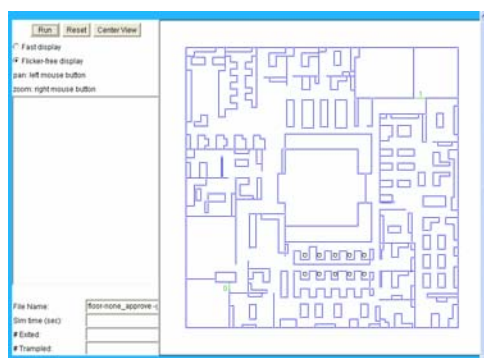
9.5 วินาที จากการจำลองการอพยพคน 1 คน
เนื่องจากโปรแกรมไม่ต้องการ
สุ่มว่าใครจะวิ่งก่อนหรือวิ่งทีหลังใน
ภาพจะเห็นคนกำลังวิ่งออกประตู 0
ใช้เวลา 9.5 วินาที

ตารางที่ 9 จำลองการอพยพที่จำนวนคน 5 คน

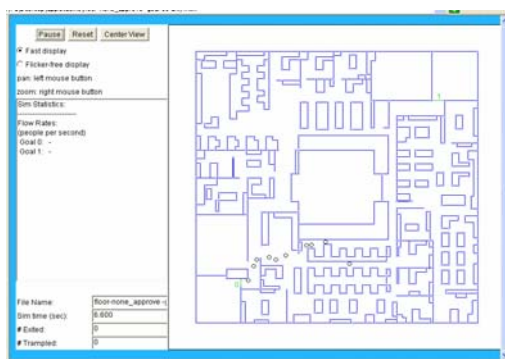
ภาพการจำลองการอพยพ	เวลา	อธิบาย
	ก่อนทำ	เป็นภาพก่อนจำลองการอพยพโดย การอพยพ ใช้คน 5 คนนั่งเรียงแถวอยู่ในพื้นที่ ใกล้กับจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้
	10.6 วินาที	จากการจำลองการอพยพคน 5 คน โปรแกรมทำการสุ่มให้คนที่วิ่ง ก่อนคนที่ 2,3,4,5วิ่งตามกันมาใน ภาพจะเห็นคนกำลังวิ่งออกประตู 0 ใช้เวลา10.6วินาที

ตารางที่ 10 จำลองการอพยพที่จำนวนคน 10 คน

ภาพการจำลองการอพยพ	เวลา	อธิบาย
--------------------	------	--------



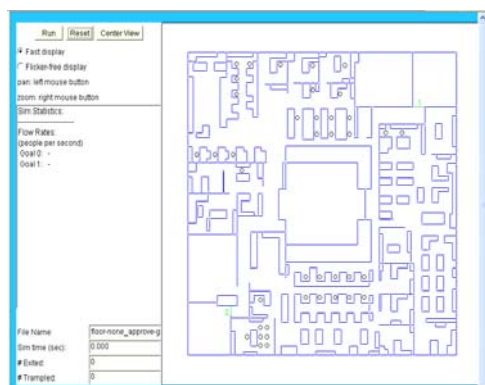
ก่อนทำ เป็นภาพก่อนจำลองการอพยพโดย
การอพยพ ใช้คน 10 คนนั่ง 2 แถวคู่กันอยู่ใน
พื้นที่ใกล้กับจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้



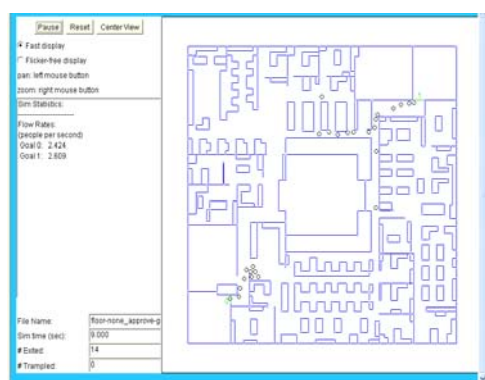
12.2 วินาที จากการจำลองการอพยพคน 10 คน
โปรแกรมทำการสุ่มให้คนที่ 1 วิ่ง
ก่อนคนที่ 2, 3, 4, 5 วิ่งตามส่วน
แถวที่ 2 โปรแกรมสุ่มให้คนที่ 10
ซึ่งอยู่ในแถวที่ 2 รอให้คนสุดท้าย
ในแถวที่ 1 ออกไปก่อนในภาพจะ
เห็นคนกำลังวิ่งออกประตู 0 ใช้เวลา
12.2 วินาที

ตารางที่ 11 จำลองการอพยพที่จำนวนคน 40 คน

ภาพการจำลองการอพยพ	เวลา	อธิบาย
--------------------	------	--------



ก่อนทำ การอพยพ เป็นภาพก่อนจำลองการอพยพโดยใช้คน 40 คนนั่งกระจายกันอยู่ทั้ง 3 ส่วนในพื้นที่สำนักงานรวม



14.5 วินาที จากการจำลองการอพยพคน 40 คน ในภาพจะเห็นคน 17 คนกำลังวิ่งออก ประตู 0 และมีคน 23 คนวิ่งออก ประตู 1 ใช้เวลา 12.2 วินาทีและพบการชุลอตัวที่ประตู 0

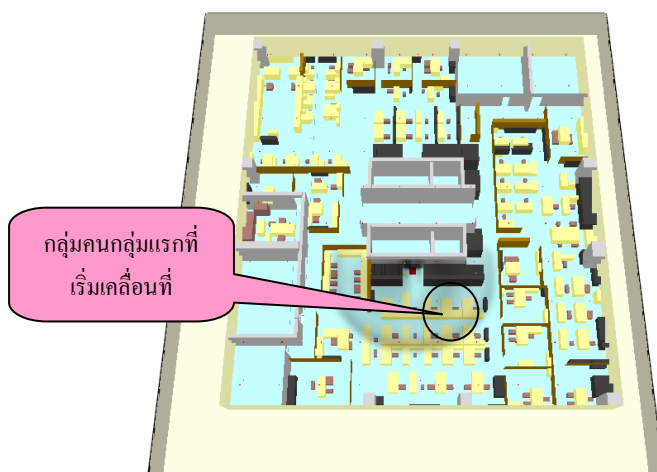
สรุป

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ Fire Dynamic ร่วมกับโปรแกรม Evacsim ตั้งแต่เริ่มเกิดเหตุเพลิงไหม้จนถึงช่วงเวลาการอพยพหนีไฟ ดังนี้

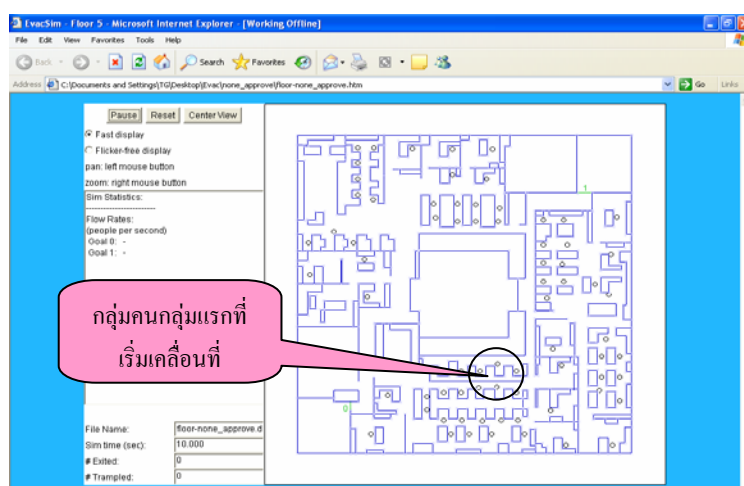
1. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 10 วินาที นับตั้งแต่เริ่มจำลองเหตุเพลิงไหม้
2. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 40 วินาที
3. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 60 วินาที
4. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 80 วินาที
5. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 120 วินาที

1. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 10 วินาที นับตั้งแต่เริ่มจำลองเหตุเพลิงไหม้

ภาพที่ 32 และ ภาพที่ 33 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงเวลาการเกิดเหตุเพลิงไหม้กับการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาทีหลังเกิดเหตุเพลิงไหม้ จะสังเกตได้ว่า กลุ่มควันได้ลอยตัวขึ้นมาคนกลุ่มแรกที่อยู่ใกล้จุดเกิดเหตุมากที่สุดเริ่มตัดสินใจ ทำการอพยพหลังจากสังเกตเห็นควันไฟโดยทำการอพยพผ่านตำแหน่ง ที่เกิดเพลิงไหม้เพื่อที่จะไปสู่ ตำแหน่งประตูหนีไฟเบอร์ 0 แทนที่จะวิ่งไปสู่ ตำแหน่งประตู 1 ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าว เพลิงยังไม่ได้ลุกลามไปยังด้านข้าง สาเหตุเนื่องจากประตูที่ 0 เป็นประตูที่มีระยะทางที่ใกล้ที่สุด ที่คนกลุ่มนี้จะเดินไปสู่ประตูหนีไฟได้ สามารถกล่าวได้ว่าลักษณะการอพยพเช่นนี้เป็นไปตามรูปแบบการอพยพเคลื่อนย้ายที่ควบคุมไม่ได้ อย่างสิ้นเชิง กล่าวคือลักษณะดังกล่าวเป็นไปโดยธรรมชาติจะแตกต่างกันไปตามลำดับพฤติกรรมของแต่ละคน ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งยังไม่ทราบว่าได้เกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นจึงยังไม่ได้ทำการอพยพเหมือนกับคนกลุ่มแรก



ภาพที่ 32 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที

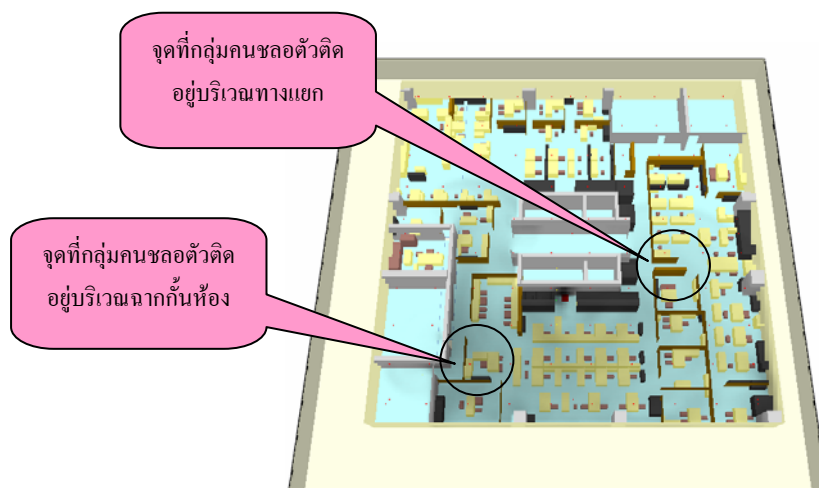


ภาพที่ 33 ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที

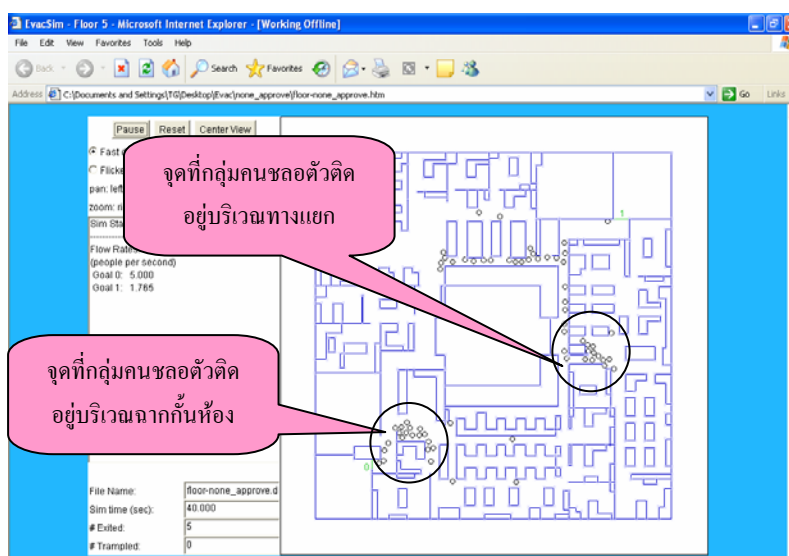
2. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 40 วินาที

ภาพที่ 34 และ ภาพที่ 35 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงเวลาการเกิดเหตุเพลิงไหม้กับการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที หลังจากที่คนกลุ่มแรกได้ทำการอพยพและประสบปัญหาในเรื่องของการชุลตัว สาเหตุเนื่องจากช่องทางออกสู่ประตูหนีไฟมีผนังกันห้องกันเป็นห้องทำงาน ขวางทางออกจึงทำให้การอพยพของคนกลุ่มแรกเข้าแถวรอ กลุ่มที่สองได้ทำการอพยพ

ออกมาจากพื้นที่สำนักงาน แต่ก็ประสบปัญหาลักษณะเดียวกับกลุ่มแรกที่เกิดการชłodตัวเนื่องจากตำแหน่งเส้นทางเป็นทางแยก จึงทำให้คนกลุ่มที่สองเริ่มเข้าแถวรอ เพื่อสลับกันอพยพออกไปในขณะที่กลุ่มควันได้แพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่กลุ่มที่หนึ่งจึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นเส้นทางหนีไฟได้ สำหรับกลุ่มที่สอง กลุ่มควันได้แพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่สำนักงานของกลุ่มที่สองบางส่วนแล้ว



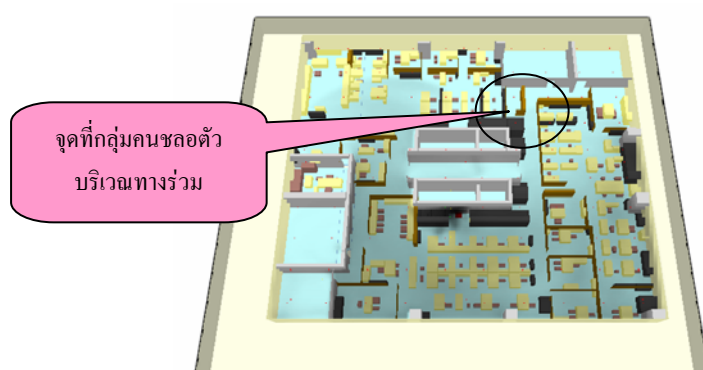
ภาพที่ 34 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที



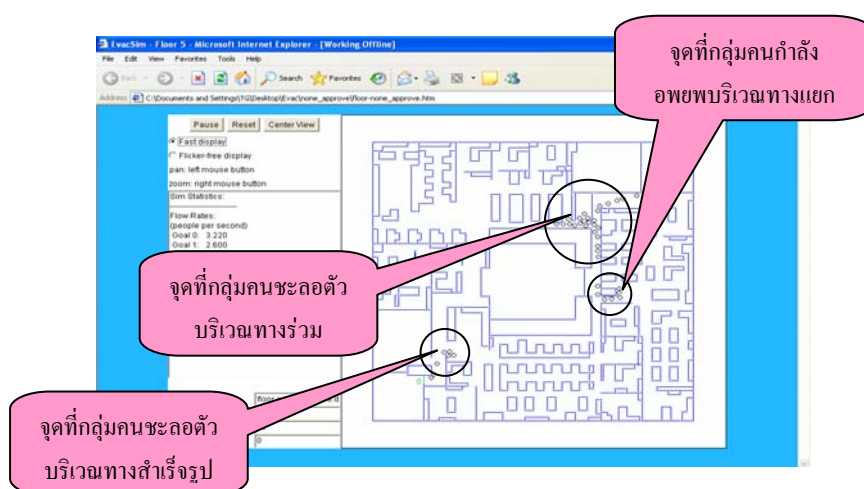
ภาพที่ 35 ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที

3. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 60 วินาที

ภาพที่ 36 และ ภาพที่ 37 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงเวลาการเกิดเหตุเพลิงไหม้กับการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาทีจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่หนึ่งที่ได้อพยพไปก่อนหน้านี้ก็เกิดการชลดตัวอยู่ที่ทางร่วมประตูที่ 0 ส่วนกลุ่มที่สองกับกลุ่มที่สามที่ได้อพยพเป็นกลุ่มสุดท้ายได้อพยพมาพบกับกลุ่มที่สอง บริเวณที่เป็นทางร่วมที่สองทางมาบรรจบกันจึงทำให้เกิดการชลดตัวมากขึ้นตรงตำแหน่งที่จะทำการหนีไฟไปประตูที่ 1 ซึ่งในเวลานี้กลุ่มควันได้เริ่มปกคลุมเต็มพื้นที่สำนักงานของกลุ่มที่หนึ่งเต็มพื้นที่แล้ว ส่วนกลุ่มที่สองกลุ่มควันกำลังแพร่กระจายเข้าครอบคลุมพื้นที่สำนักงานเกือบเต็มพื้นที่



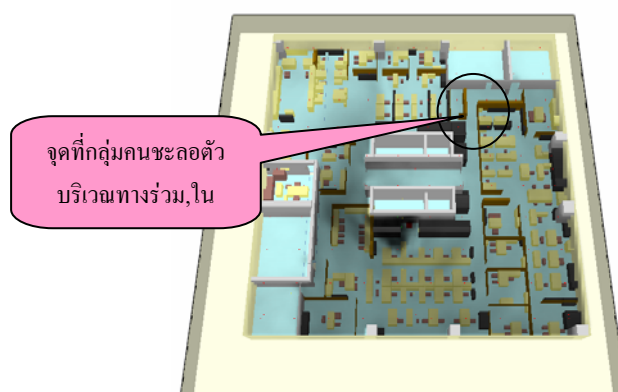
ภาพที่ 36 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที



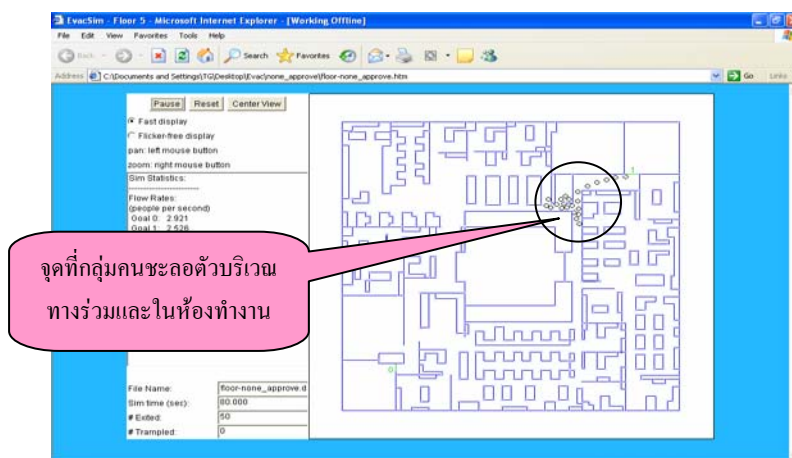
ภาพที่ 37 ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที

4. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 80 วินาที

ภาพที่ 38 และ ภาพที่ 39 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงเวลาการเกิดเหตุเพลิงไหม้กับการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 80 วินาทีจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่หนึ่งได้อพยพออกสู่บันไดหนีไฟแล้วส่วนผู้อพยพกลุ่มที่สองและกลุ่มที่สามยังเกิดการชุลอตัวมีการเข้าแถวรออยู่ที่ทางร่วมบริเวณประตูที่ 1 ซึ่งในขณะนี้กลุ่มควันได้แพร่กระจายเข้าครอบคลุมพื้นที่สำนักงานของผู้อพยพกลุ่มที่สองเต็มพื้นที่ และกลุ่มควันยังได้แพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่สำนักงานของผู้อพยพกลุ่มที่ 3 ทำให้กลุ่มผู้อพยพที่ชุลอตัวทางออกประตูที่ 1 เริ่มจะมองไม่เห็นพื้นที่ทางเดินไปสู่ประตูหนีไฟแล้วและอาจจะเกิดอันตรายกับผู้อพยพได้



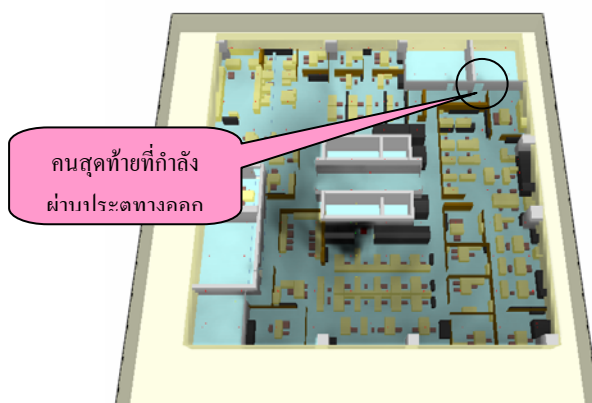
ภาพที่ 38 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 80 วินาที



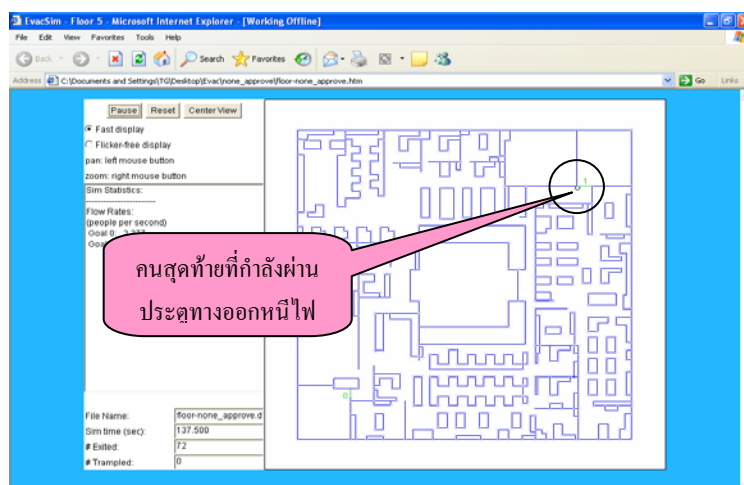
ภาพที่ 39 ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 80 วินาที

5. การเกิดควันเปรียบเทียบการอพยพ ณ เวลา 120 วินาที

ภาพที่ 40 และ ภาพที่ 41 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงเวลาการเกิดเหตุเพลิงไหม้กับการจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 120 วินาทีจะเห็นได้ว่ากลุ่มควันหนาแน่นทั้งชั้น เมื่อการจำลองในการอพยพผู้อพยพคนสุดท้ายใช้เวลาประมาณ 137.500 วินาที ซึ่งเกินตามมาตรฐานกำหนดที่จะต้องใช้เวลาในการอพยพออกสู่นับไดหนีไฟไม่เกิน 2 นาที หรือ 120 วินาที



ภาพที่ 40 ภาพการเกิดควันเมื่อเวลาผ่านไป 120 วินาที



ภาพที่ 41 ภาพจำลองการอพยพเมื่อเวลาผ่านไป 137.5 วินาที

จากภาพการจำลองเหตุการณ์ ตั้งแต่เกิดเพลิงไหม้สำนักงานในอาคาร โดยใช้โปรแกรม FDS ใช้เวลาในการจำลอง 3.23 นาที กลุ่มควันที่เกิดจากการลุกไหม้ได้กระจายตัวเข้าครอบคลุมพื้นที่ภายในสำนักงาน ยกเว้นช่องบันไดหนีไฟที่กลุ่มควันไม่สามารถลอดผ่านออกไปในช่องบันไดหนีไฟได้ ส่วนที่เป็นห้องน้ำ และห้องทำงานที่มีผนังทึบชนถึงฝ้าเพดานมีกลุ่มควันบางส่วนแทรกตัวผ่านเข้าไปทางใต้บานประตูห้อง ส่วนโถงลิฟท์มีกลุ่มควันเข้าไปได้บางส่วนเนื่องจากมีบานประตูกระจกปิดกันจึงยังไม่เคลื่อนตัวไปในทางปล่องลิฟท์ จากการสังเกตพบว่ากลุ่มควันใช้เวลาในการเคลื่อนตัวในเวลา 3 นาทีที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของสำนักงาน เมื่อมีการอพยพหากมีผู้ติดค้างอยู่ภายในพื้นที่สำนักงานก็จะหาทางออกได้ยากเนื่องจากกลุ่มควันได้บดบังเส้นทางอพยพ

ส่วนการจำลองการอพยพภายในสำนักงานโดยใช้โปรแกรม Evacsim ใช้เวลาในการจำลอง 2.175 นาทีที่สามารถอพยพออกทางประตูหนีไฟได้ครบทั้ง 73 คน ผลการจำลองการอพยพสรุปได้ว่าเกิดการชุลอตัวอยู่ 3 จุดจึงทำให้การอพยพเกิดความล่าช้ากว่ามาตรฐานญี่ปุ่นที่ควรใช้เวลาการอพยพไม่ควรเกิน 2 นาที จึงได้ทำการปรับปรุงผังอาคารด้วยการเอาผนังสำเร็จรูปบริเวณก่อนถึงทางออกประตูที่ 1 ออกผู้อพยพกลุ่มที่สองและกลุ่มที่สามสามารถวิ่งออกไปประตูที่ 1 ได้โดยไม่เกิดการชุลอตัว ส่วนการอพยพของกลุ่มที่หนึ่งเมื่อเอาผนังสำเร็จรูปและโต๊ะทำงานตรงบริเวณก่อนถึงทางออกประตูที่ 0 ออก พบว่าการอพยพเกิดความคล่องตัวใช้เวลา 1 นาทีจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมการจำลองการอพยพ Evacsim สามารถนำมาใช้กับแผนผังอาคารสำนักงานที่ทำการวิจัยได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารอื่นซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันได้

จากการจำลองการอพยพ ทำให้ได้ทราบว่าแปลนพื้นอาคารลักษณะนี้ควรจัดเส้นทางเดินภายในให้เป็น ลักษณะรูปสี่เหลี่ยมล้อมรอบผนังลิฟท์ให้ชัดเจนเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมีความเคยชินกับสถานที่อยู่แล้วเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้จุดใดคนก็สามารถอพยพหนีไปอีกทางอื่นได้ แต่ถ้าเป็นบุคคลภายนอกเข้ามาติดต่องาน ซึ่งไม่คุ้นกับสถานที่ที่จะเกิดการสับสนในการหาทางออกสู่ประตูหนีไฟได้ ดังนั้น จึงเป็นแนวทางอีกแนวทางหนึ่งที่เจ้าของอาคารควรดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งานในอาคาร

ข้อเสนอแนะ

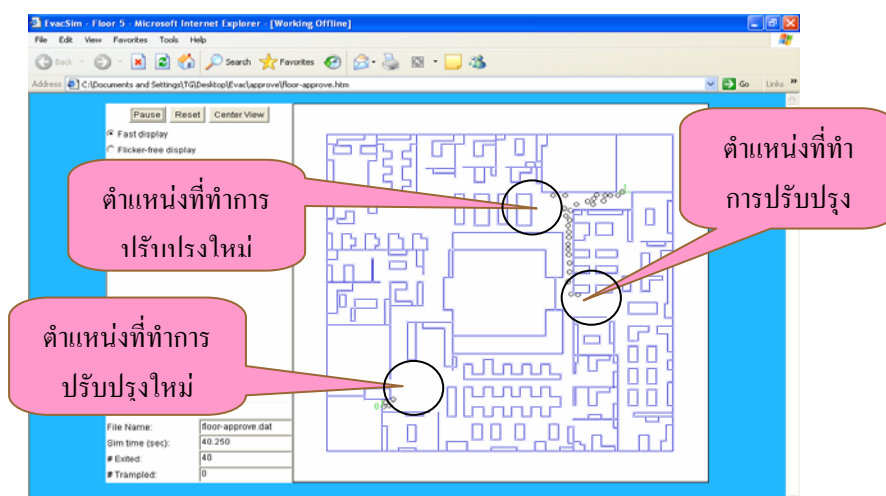
1. ข้อเสนอแนะด้านวิศวกรรมความปลอดภัย

1.1 ขยายพื้นที่ทางเดินภายในชั้นที่ 5

อ้างอิงมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และให้ตรงตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และเพียงพอต่อการอพยพคนออกจากอาคารตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย เช่น ทางไปสู่ทางหนีไฟจะต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร ส่วนมาตรฐาน NFPA กำหนดความกว้างสุทธิใดๆ ในหัวข้อ MEAN OF EGRESS 36 นิ้ว หรือ 0.91 เมตร

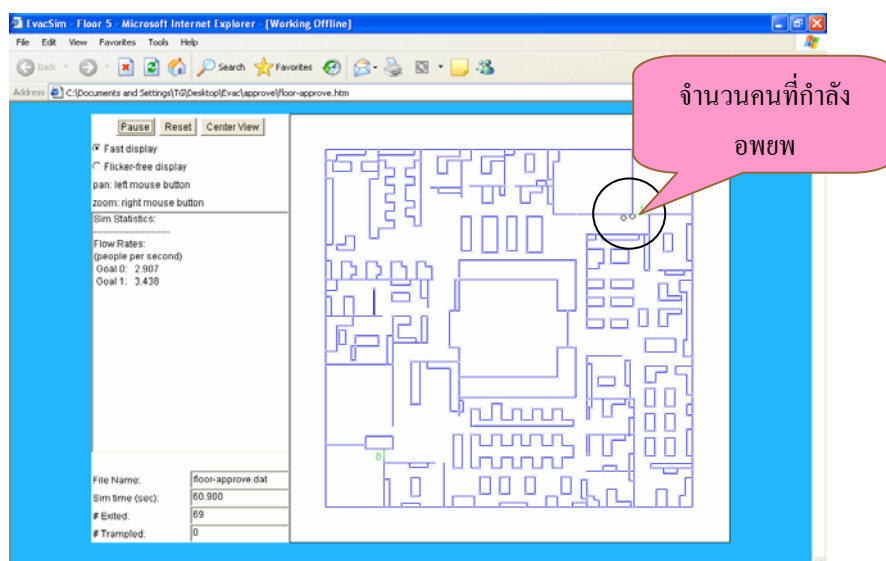
การจำลองการอพยพภายหลังการปรับปรุงโดยการนำฉากกั้นห้องออกและโต๊ะทำงานออกเพื่อให้เส้นทางอพยพไม่มีสิ่งกีดขวาง ทำให้เส้นทางรวมกว้างเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 42 แสดงการจำลองการอพยพที่ ณ เวลาประมาณ 40 วินาที จะสังเกตว่าไม่มีคนชุลอตัว หรือติดอยู่ที่ ทางร่วม, ทางแยก และฉากกั้นห้องที่เป็นสิ่งกีดขวาง เป็นการจำลองเมื่อได้รับการปรับปรุง โดยแสดงตำแหน่งที่ได้ทำการปรับปรุง เพื่อให้การอพยพเป็นไปได้สะดวก และรวดเร็ว ซึ่งสังเกตได้ว่าที่ ณ เวลา 40 วินาที ก่อนและหลังการปรับปรุงจะเหลือจำนวนคนแตกต่างกัน ดังนี้ ก่อนปรับปรุงมีคนตกค้างอยู่ในชั้นประมาณ 68 คน ส่วนหลังปรับปรุงมีคนตกค้างอยู่ในชั้นประมาณ 31 คน ทำให้การอพยพคนเป็นไปได้ด้วยความรวดเร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 42 ภาพจำลองการอพยพ ณ เวลา 40 วินาที เมื่อได้ขยายเส้นทางอพยพ

ภาพที่ 43 แสดงการจำลองที่ ณ เวลา 60 วินาที จะเห็นได้ว่า เหลือคนที่กำลังอพยพออกไปยังประตูหนีไฟ จำนวน 2 คน แสดงให้เห็นว่า เมื่อได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเส้นทางการอพยพทำให้ใช้เวลาในการอพยพคนออกสู่ประตูหนีไฟ ประมาณ 60 วินาที ซึ่งถือว่าน้อยกว่า มาตรฐานการอพยพ ที่ได้กำหนดไว้ว่า คือ มาตรฐานอยู่ในช่วง 120 วินาที หรือ 2 นาที ทำให้พนักงานที่ทำงานอยู่ในชั้นที่ 5 นี้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต



ภาพที่ 43 ภาพจำลองการอพยพ ณ เวลา 60 วินาที เมื่อได้ขยายเส้นทางอพยพ

1.2 จัดทำประตูกันไฟหน้าโถงลิฟท์ จากผลการจำลองอัคคีภัย FDS การเคลื่อนที่ของควันที่หน้าโถงลิฟท์ ซึ่งไม่มีผนังปิดล้อมเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้กลุ่มควันจะลงทางช่องเปิดตามแนวตั้ง และแนวอนจากนั้นก็จะแพร่กระจายไปสู่ชั้นอื่นๆ ต่อไปดังนั้นจะต้องหาทางป้องกันเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

1.3 ขยายพื้นที่บริเวณก่อนถึงทางออกประตูหนีไฟ เพราะบริเวณประตูหนีไฟจะมีผู้อพยพยืนรออยู่ที่ประตูดังนั้นจะต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับรองรับกลุ่มผู้อพยพที่จะอพยพตามมา

1.4 โปรแกรม Evacsim สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารสำนักงานอื่นได้แต่อาคารควรมีลักษณะพื้นที่ใกล้เคียงกันแต่กรณีเป็นการนำไปใช้กับอาคาร โรงงานก็ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นที่มากเกี่ยวข้องด้วยเช่น ตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรภายในโรงงาน, เสียงที่จะทำให้การรับฟังลดลง, แสงสว่างของไฟฉุกเฉินเป็นต้น

2 การวางแผนอพยพเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินการ การอพยพคนออกจากอาคารจะอพยพคนที่อยู่ชั้น 5 ออกมาเป็นลำดับแรก หลังจากนั้นจึงทำการอพยพคนที่ชั้น 6 เป็นลำดับสอง และ ชั้นที่ 4 เป็นลำดับสาม จากนั้นจึงทำการอพยพในชั้นต่อไป การจัดการวางแผนอพยพจะสัมฤทธิ์ผลได้นั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดเจ้าของอาคารจะต้องให้ความสำคัญ และมีความเข้าใจในเรื่องความปลอดภัยรวมถึงตัวพนักงานเองด้วยที่จะต้องมีความรู้และให้ความร่วมมือในการฝึกซ้อมการวางแผนอพยพจึงจะสัมฤทธิ์ผล

2.1 จัดระเบียบการจัดเก็บเอกสาร

การจัดวางเอกสารในพื้นที่สำนักงาน และช่องทางเดินเป็นอุปสรรคต่อการอพยพหนีไฟและเป็นอันตราย เนื่องจากเอกสารเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี การจัดเก็บเอกสารที่ไม่ได้ใช้งานควรมีมาตรการควบคุมดังนี้

2.1.1 กำหนดเฉพาะวันทำการขนย้ายเอกสารเช่นวันจันทร์, วันพุธ หรือวันศุกร์

2.1.2 กำหนดช่วงเวลาการขนย้ายเป็นรอบเวลาเช่นเวลา 8:00 น. ถึง 12:00 น. และ 13:00 น. ถึง 17:00 น. เป็นต้นแล้วแต่ความจำเป็นของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.1.3 ขยายคลังเอกสารให้เพียงพอต่อการจัดเก็บซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนในเรื่องของทรัพย์สินเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเจ้าของอาคารควรดำเนินการเพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมายความปลอดภัย

2.1.4 จัดเก็บเอกสารในรูปอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีมากจึงมีทางเลือกในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อลดพื้นที่คลังเอกสารที่ไม่จำเป็นลง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโยธาธิการ และผังเมือง. 2522. กฎกระทรวงเกี่ยวกับเรื่องการกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของผู้ตรวจสอบอาคาร หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนและการเพิกถอนการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ตรวจสอบอาคารประกาศใช้เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2549 ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (Online). Available: www.dpt.go.th.

กรมสวัสดิการ และคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน และสวัสดิการสังคม. 2545. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องการป้องกัน และรับอัคคีภัยในสถานประกอบการ เพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับลูกจ้างและประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่องหลักเกณฑ์การขอใบรับรองเป็นหน่วยงานฝึกอบรมการดับเพลิงขั้นต้นและหลักเกณฑ์การขอ ใบรับรองเป็นหน่วยงานฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมหนีไฟ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เกชา ชีระโกเมน. 2545. ปัญหาในการจัดระบบการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคาร, น. 1-53. ใน เกชา ชีระโกเมน และ โสภณ เหล่าสุวรรณ, บรรณาธิการ. ประสพการณ์วิศวกรรมงานระบบ ระบบป้องกันอัคคีภัย. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

เกียรติคุณ เหลืองวัฒนา. 2540. รูปแบบการเกิด การลุกลาม และความเสียหายของอัคคีภัยในกรุงเทพมหานครกรณีศึกษาเขตนานนา. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาค และเมืองบัณฑิตภาคหลักสูตรสังคมศาสตร์มหาบัณฑิตคณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร. 2545. มาตรฐานการควบคุมควันไฟ. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย. 2545. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

ณัฐกรณ์ เสถฐิตต์. 2546. เรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์ การหนีไฟ
ภายในอาคารโดยใช้บันไดหนีไฟ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวัฒน์ ศิริกุล. 2542. การศึกษาเวลาในการหนีภัยในอาคาร-กรณีประเทศไทย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พันธุ์พร นรพัฒน์. 2546. เรื่องความปลอดภัยในการป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอัคคีภัย
ของอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร.

พิชยะ จันทรานวัฒน์. 2547. กฎหมายควบคุมอาคารแบบเชิงประสิทธิผล. น. 18-19 ใน เอกสาร
ประกอบการประชุมทางวิชาการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 1.
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศญี่ปุ่น. 2546. คู่มือด้านเทคนิคสำหรับการออกแบบระบบ
ป้องกันอัคคีภัย.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2004. www.siweb.dss.go.th

สุทัศน์ จุฬามณี. 2544. เรื่องการอพยพคนลงจากอาคารสูง. เซฟตี้ไลฟ์แมกกาซีน 45: 40-50.

อัศวิน นววงศ์. 2546. เรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์และ
ประเมินการหนีไฟภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Hinkley, P., L Smoke and Heat Venting. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection
Engineering.** 2nd ed. National Fire Protection Association, One Batterymarch Park,
Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

Hoskin, K. 2004. www.civil.canterbury.ac.nz

Karlsson, B. and J.G. Quintiere. 2000. **Enclosur Fire Dynamics**. P.43.CRC Press LLc, 2000
N.W. Corporate Blvd, Boca Raton, Florida 33431,U.S.A.

Latane and Darley. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 2nd ed.
National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,
U.S.A.

Levin. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 2nd ed. National Fire
Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

MacLennan. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 2nd ed.
National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,
U.S.A.

National Fire Protection Association. 2002. **NFPA 101 Life Safety**. National Fire Protection
Association, Quincy, Massachusetts.

National Institute of Standards and Technology. 2004. **Fire Dynamics Simulator (FDS) and
Smokeview**. Computational Fluid Dynamics Model.

Oklahoma State University. 2006. www.pp.okstate.edu

Ozel. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 2nd ed.
National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,
U.S.A.

Proulx, G. 2001. www.irc.nrc.cnrc.gc.ca

Society of Fire Protection Engineers. 1995. **SFPE Handbook: Hazard Calculations**. 2nd ed.

ภาคผนวก

แสดงชุดคำสั่งในโปรแกรม FDS เพื่อออกแบบชั้นต้นเพลิง

ชุดคำสั่ง
&HEAD CHID='sam11',TITLE='5TH FLOOR OF AIRPORT OFFICE' / &GRID IBAR=128,JBAR=128,KBAR=24 / &PDIM XBAR0=-5.00,XBAR=35.00,YBAR0=-5.00,YBAR=35.00,ZBAR0=0.00,ZBAR=3.20 /
หมายถึง: การตั้งชื่อหัวเรื่อง กำหนด GRID และขนาดของห้องโดยบอกพิกัดเป็น X,Y,Z
&TIME TWFIN=1200 /
หมายถึง: เวลาในการจำลองเหตุการณ์เกิดเหตุเพลิงไหม้
&MISC RESTART=.TURE. REACTION='WOOD' NFRAMES=3600, SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD' CHARACTERISTIC_VELOCITY=10.00 GAUGE_TEMPERATURE=20.0/
หมายถึง: การกำหนดวัสดุของห้องต้นเพลิงที่สมมุติขึ้น และกำหนดชั้นอุณหภูมิภายในGRID และกำหนดความเร็วการเคลื่อนที่ของความร้อน
&REAC ID='WOOD' FYI='Ritchie, et al., 5th IAFSS, C_3.4 H_6.2 O_2.5' SOOT_YIELD = 0.01 NU_O2 = 3.7 NU_CO2 = 3.4 NU_H2O = 3.1 MW_FUEL = 87. EPUMO2 = 11020. /
หมายถึง: การสั่งให้เกิดเพลิงไหม้ที่คุณสมบัติเหมือนไม้
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=1000.0, /
หมายถึง: การกำหนดพื้นผิวให้ติดไฟ และกำหนด อัตราการปลดปล่อยพลังงาน (heat release rates)
&SURF ID='WOOD' TEXTURE_MAP='woodgrain.jpg' TEXTURE_WIDTH=0.10 TEXTURE_HEIGHT=0.10 RGB=1.0,1.0,0.5 HEAT_OF_COMBUSTION=13000 TMPIGN=335

C_P=2.85

DENSITY=640

KS =0.14

HEAT_OF_VAPORIZATION=5000/6

หมายถึง: การกำหนดพื้นผิวของวัสดุให้เป็นไม้และกำหนดความสูง อุณหภูมิ สีของวัตถุที่ติดไฟ
ความหนาแน่นของไม้ และ ความร้อนในการกลายเป็นไอ

&SURF ID = 'CONCRETE' TEXTURE_MAP='concrete.jpg' TEXTURE_WIDTH=0.50

TEXTURE_HEIGHT=0.50

FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'

RGB = 0.66,0.66,0.66

C_P = 0.88

DENSITY =2100.

KS = 1.0

DELTA = 0.1 /

หมายถึง:การกำหนดพื้นผิวของวัสดุของกำแพงให้เป็น คอนกรีต และกำหนดความสูง อุณหภูมิ สี
ของวัตถุที่ติดไฟ ความหนาแน่นของคอนกรีต และ ความร้อนในการกลายเป็นไอ

&SURF ID = 'GYPSUM BOARD'

FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'

RGB = 0.80,0.80,0.70

HRRPUA = 100.

RAMP_Q = 'GB'

KS = 0.48

C_P = 0.84

DENSITY= 1440.

DELTA = 0.013

TMPIGN = 400. /

&RAMP ID='GB',T= 0.0,F=0.0 /

&RAMP ID='GB',T= 1.0,F=0.5 /

&RAMP ID='GB',T= 2.0,F=1.0 /

&RAMP ID='GB',T=10.0,F=1.0 /

&RAMP ID='GB',T=20.0,F=0.0 / &RAMP ID='GB',T=30.0,F=0.0 /
หมายถึง: การกำหนดพื้นผิวของวัสดุให้เป็นยิปซัม และกำหนดความสูง อุณหภูมิ สีของวัตถุที่ติดไฟ ความหนาแน่นของยิปซัม และ ความร้อนในการกลายเป็นไอ รวมถึงคุณสมบัติของการติดไฟ
&SURF ID = 'GLASS' FYI = 'Quintiere, Fire Behavior' RGB = 1.0,1.0,0.75 DELTA = 0.005 KS = 0.76 C_P = 0.84 DENSITY = 2700. BACKING = 'EXPOSED' /
หมายถึง: การกำหนดพื้นผิวของผนังด้านนอกอาคารเป็นกระจก และกำหนดความสูง อุณหภูมิ สีของวัตถุที่ติดไฟ ความหนาแน่นของกระจก และ ลักษณะการแตกเมื่อได้รับความร้อนสูง
&SURF ID='SCREEN' FYI = 'Fleischmann and Chen, 100% acrylic' C_DELTA_RHO = 1.29 TMPIGN = 280. DENSITY = 40.0 RGB = 0.53,0.38,0.00 BURN_AWAY = .TRUE. BURNING_RATE_MAX = 0.03 HEAT_OF_VAPORIZATION = 1500. HEAT_OF_COMBUSTION = 30000. /
หมายถึง:การกำหนดพื้นผิวของวัสดุหุ้มเฟอร์นิเจอร์ของฉากกั้นห้อง(partition)และ อุณหภูมิ สีของวัตถุที่ติดไฟ ความหนาแน่นของวัสดุหุ้มเฟอร์นิเจอร์ของฉากกั้นห้อง และ ความร้อนในการกลายเป็นไอ รวมถึงความร้อนในการเผาไหม้
&BNDF QUANTITY='BURNING_RATE'/ &BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX'/ &BNDF QUANTITY='PRESSURE_COEFFICIENT'/ &BNDF QUANTITY='WMPUA'/

&BNDF QUANTITY='WCPUA'/

&BNDF QUANTITY='INCIDENT_HEAT_FLUX'/

&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE'/

&BNDF QUANTITY='GAUGE_HEAT_FLUX'/

&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX'/

หมายถึง: เพื่อแสดงให้วัสดุภายในชั้น เป็นชนิดเดียวกันและให้เกิดอัตราการเผาไหม้ สัมประสิทธิ์
ความดัน พลังงานความร้อน อุณหภูมิ และการพาความร้อน

&HEAT XYZ=1.8,1.8,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R1-C1'/

&HEAT XYZ=16.2,1.8,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R1-C2'/

&HEAT XYZ=30.6,1.8,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R1-C3'/

&HEAT XYZ=1.8,16.2,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R2-C1'/

&HEAT XYZ=16.2,16.2,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R2-C2'/

&HEAT XYZ=30.6,16.2,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R2-C3'/

&HEAT XYZ=1.8,30.6,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R3-C1'/

&HEAT XYZ=16.2,30.6,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R3-C2'/

&HEAT XYZ=30.6,30.6,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74 LABEL='R3-C3'/

&HEAT XYZ=14.84,10.10,3.19 RTI=132 ACTIVATION_TEMPERATURE=74

LABEL='BURNER1'/

หมายถึง: การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

&SLCF PBY=5.00 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY=5.00 QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'/

&SLCF PBY=5.00 QUANTITY='MIXTURE_FRACTION'/

&SLCF PBY=10.10 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY=10.10 QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'/

&SLCF PBY=10.10 QUANTITY='MIXTURE_FRACTION'/

&SLCF PBY=20.00 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY=20.00 QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'/

&SLCF PBY=20.00 QUANTITY='MIXTURE_FRACTION'/

&SLCF PBY=30.00 QUANTITY='TEMPERATURE'/

&SLCF PBY=30.00 QUANTITY='RADIANT_INTENSITY'/

&SLCF PBY=30.00 QUANTITY='MIXTURE_FRACTION'/

หมายถึง: การแสดงผลของการเกิดเพลิงเป็นชั้นๆ ตามแกน X,Y,Z
&PIPE PRESSURE=1.50/
หมายถึง: ความดันในท่อของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
&SPRK LABEL='SPRK1-1 Com' MAKE='K-11' XYZ=1.50,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-2 Com' MAKE='K-11' XYZ=4.7,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-3 Com' MAKE='K-11' XYZ=7.94,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-4 Com' MAKE='K-11' XYZ=11.18,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-5 Com' MAKE='K-11' XYZ=14.42,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-6 Com' MAKE='K-11' XYZ=17.66,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-7 Com' MAKE='K-11' XYZ=20.90,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-8 Com' MAKE='K-11' XYZ=24.14,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-9 Com' MAKE='K-11' XYZ=27.38,1.50,3.1/ &SPRK LABEL='SPRK1-10 Com' MAKE='K-11' XYZ=30.62,1.50,3.1/
หมายถึง:การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์หัวกระจายน้ำดับเพลิง
&THCP XYZ=14.90,10.15,3.19 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='T1'/ &THCP XYZ=14.90,10.15,2.00 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='T2'/ &THCP XYZ=17.00,10.15,3.19 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='T3'/ &THCP XYZ=19.00,10.15,3.19 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='T4'/ &THCP XYZ=21.00,10.15,3.19 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='T5'/
&PL3D QUANTITIES='V-VELOCITY', 'U-VELOCITY', 'W-VELOCITY', 'HRRPUV', 'TEMPERATURE' WRITE_XYZ=.FALSE./
หมายถึง: การแสดงผลในลักษณะสามมิติในเรื่องความเร็วและอุณหภูมิภายในพื้นที่การจำลอง
&ISOF QUANTITY='DENSITY' VALUE(1)=200.00/ &ISOF QUANTITY='TEMPERATURE' VALUE(1)=100.00/ &ISOF QUANTITY='HRRPUV' VALUE(1)=100.00/ &ISOF QUANTITY='MIXTURE_FRACTION' VALUE(1)=100.00/
หมายถึง: กำหนดปริมาณ ความหนาแน่น ระดับอุณหภูมิ ระดับอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน รวมถึงระดับสัดส่วนของการเผาไหม้

&OBST XB=15.44,15.94,11.00,11.50,0.1,0.25,SURF_ID='BURNER' RGB=0.5,0.0,0.0/
 &OBST XB=0.00,32.40,-0.020,0.00,0.00,3.20,SURF_ID='GLASS' /WALL A
 &OBST XB=-0.020,0.00,0.00,32.40,0.00,3.20,SURF_ID='GLASS' /WALL B
 &OBST XB=0.00,32.40,32.40,32.42,0.00,3.20,SURF_ID='GLASS' /WALL C
 &OBST XB=32.4,32.42,0.00,32.40,0.00,3.20,SURF_ID='GLASS' /WALL D
 &OBST XB=0.00,32.40,0.00,32.40,0.00,0.10,SURF_ID='CARPET' /CARPET

หมายถึง:การกำหนดตำแหน่งผนังกระจกอาคารและพรม

&OBST XB=4.93,5.03,0.00,5.09,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / A W1
 &OBST XB=5.03,9.48,3.73,3.78,0.00,1.50,SURF_ID='SCREEN' / A W2
 &OBST XB=10.27,10.32,0.00,3.78,0.00,1.50,SURF_ID='SCREEN' / A W3
 &OBST XB=7.23,7.28,3.78,7.37,0.00,1.50,SURF_ID='SCREEN' / A W4
 &OBST XB=0.00,5.82,5.14,5.24,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / A W5

หมายถึง: การกำหนดตำแหน่งผนังคอนกรีตและพื้นอาคาร

&OBST XB=2.61,4.61,14.27,15.16,0.00,0.80,SURF_ID='WOOD' / B O1
 &OBST XB=2.30,2.86,15.26,15.76,0.00,0.40,SURF_ID='CHAIR' / B O2
 &OBST XB=3.15,3.71,15.31,15.81,0.00,0.40,SURF_ID='CHAIR' / B O3
 &OBST XB=1.18,1.73,14.47,15.67,0.00,0.80,SURF_ID='WOOD' / B O4
 &OBST XB=0.13,0.93,13.90,16.15,0.00,1.00,SURF_ID='CHAIR' / B O5
 &OBST XB=0.99,2.28,16.15,16.95,0.00,1.50,SURF_ID='CHAIR' / B O6
 &OBST XB=0.00,5.72,17.00,17.10,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / B W1
 &OBST XB=4.25,4.28,17.10,19.77,0.00,1.50,SURF_ID='SCREEN' / B W2
 &OBST XB=0.00,0.40,17.10,18.70,0.00,1.50,SURF_ID='STEEL CABINET' / B O7

หมายถึง:การกำหนดตำแหน่งของวัสดุที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งภายในชั้น

&OBST XB=11.70,20.39,14.20,14.45,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / WL15
 &OBST XB=11.70,20.39,17.65,17.90,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / WL16
 &OBST XB=14.59,14.74,12.00,14.20,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 1
 &OBST XB=17.28,17.43,12.00,14.20,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 2
 &OBST XB=14.59,14.74,17.90,20.10,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 3
 &OBST XB=17.28,17.43,17.90,20.10,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 4

หมายถึง:การกำหนดตำแหน่งพื้นที่และวัสดุของโถงลิฟท์
&OBST XB=11.70,20.39,14.20,14.45,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / WL15 &OBST XB=11.70,20.39,17.65,17.90,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / WL16 &OBST XB=14.59,14.74,12.00,14.20,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 1 &OBST XB=17.28,17.43,12.00,14.20,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 2 &OBST XB=14.59,14.74,17.90,20.10,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 3 &OBST XB=17.28,17.43,17.90,20.10,0.00,3.20,SURF_ID='CONCRETE' / HOLE WELL LIFT 4
หมายถึง: การกำหนดตำแหน่งพื้นที่และวัสดุของโถงลิฟท์
&HOLE XB=4.93,5.03,4.09,4.99,0.00,2.50 / DOOR AW1 &HOLE XB=5.72,5.82,6.49,7.39,0.00,2.50 / DOOR AW6 &HOLE XB=4.72,5.62,17.00,17.10,0.00,2.50 / DOOR BW1 &HOLE XB=24.24,25.14,26.45,26.55,0.00,2.50 /DOOR DW8 &HOLE XB=27.14,28.04,26.45,26.55,0.00,2.50 /DOOR DW8
หมายถึง:การกำหนดช่องเปิดของผนัง

ตัวอย่างชุดคำสั่งการออกแบบแปลนอาคารชั้นที่ 5 ของ Evacsim ก่อนปรับปรุง

walls 145

wall 5

100 0

0 0

0 100

100 100

100 0

//===== zone 1 =====

wall 5

0 3.03

3.03 3.03

3.03 1.36

10.76 1.36

10.76 0

wall 4

14.24 0

14.24 1.36

24.09 1.36

24.09 0

// goals section

goals 2

goal

goalLine 15.76 86.67 15.76 83.79

destination 14.39 85.61

goal

goalLine 83.79 18.03 88.33 18.03

destination 86.36 16.36

peopleBoxes 73

peopleBox //1

numPeople 1
size .75 .75
patience 6 10
speed 1.0 1.0
favGoal 1
waitTime 15 50
boundBox 18.12 3.93 18.12 3.93
peopleBox //2
numPeople 1
size .75 .75
patience 6 10
speed 1.0 1.0
favGoal 1
waitTime 16 50
boundBox 22.88 3.93 22.88 3.93
peopleBox //3
numPeople 1
size .75 .75
patience 6 10
speed 1.0 1.0
favGoal 1
waitTime 10 50
boundBox 34.4 4.23 34.4 4.23

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายสมเกียรติ เวชพฤษ์พิทักษ์
วัน/เดือน/ปีเกิด	2 ธันวาคม พ.ศ. 2502
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	อ.ส.บ. (โยธา) สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า พระนครเหนือ พ.ศ. 2540
ตำแหน่งปัจจุบัน	Administrative Assistant
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทการบินไทยจำกัด (มหาชน)