



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ

Development of Program for Simulation and Evaluation of Evacuation Time  
on Escape Stairs

นามผู้วิจัย นายสมยศ วงศ์สุข

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์ยอภิชาด แจ่มบำรุง, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( รองศาสตราจารย์สุรัชย์ รดาการ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ริระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ

Development of Program for Simulation and Evaluation of Evacuation Time on Escape Stairs

โดย

นายสมยศ วงศ์สุข

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมยศ วงศ์สุข 2553: การพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อภิชาติ แจ่มบำรุง, Ph.D. 121 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ ตาม NFPA Ready Reference Human Behavior in Fire Emergencies และมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เนื่องจากการคำนวณเพื่อประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟโดยเครื่องคำนวณธรรมดา มีระบบสมการที่ใช้คำนวณหลายสมการ ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณมากและอาจเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ามีการเปลี่ยนค่าตัวแปรทางกายภาพต่าง ๆ เพื่อประเมินค่าเวลาในการอพยพหนีไฟที่เหมาะสมในขั้นตอนของการออกแบบอาคารสูง โปรแกรมที่พัฒนานี้แบ่งการทำงานเป็น 3 ขั้นตอนประกอบไปด้วย ขั้นตอนการรับค่า ขั้นตอนการคำนวณเวลา และขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ โดยใช้โปรแกรม Netbeans IDE 6.8 ในการพัฒนาและทำงานโดยระบบโปรแกรม Java

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมสามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพได้อย่างถูกต้อง เมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยมือ จากนั้นนำโปรแกรมไปศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางกายภาพอันได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ ความสูงลูกตั้งของบันไดหนีไฟ ความยาวของชานพัก และความสูงระหว่างชั้น ต่อเวลาในการอพยพหนีไฟ พบว่า การเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟมีผลต่อเวลาในการอพยพมากกว่าตัวแปรทางกายภาพอื่น ๆ นอกจากนั้นยังนำโปรแกรมไปทดสอบหาเวลาอพยพกับการออกแบบอาคารใหม่ซึ่งจะจัดสร้างในกรุงเทพมหานคร โดยมีการกำหนดตัวแปรทางกายภาพตามแบบซึ่งชั้น 10 ถึง ชั้น 25 มีบันไดหนีไฟ 3 บันได และชั้น 1 ถึง ชั้น 9 มีบันไดหนีไฟ 4 บันได พบว่า เวลาในการอพยพหนีไฟค่าเท่ากับ 1,997 วินาที (หรือ 33 นาที 17 วินาที) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าตามกฎหมายกำหนดคือ 60 นาที นั่นหมายความว่า อาคารใหม่นี้มีเส้นทางหนีไฟที่เหมาะสมและเพียงพอในการอพยพ

Somyos Wongsook 2010: Development of Program for Simulation and Evaluation of Evacuation Time on Escape Stairs. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Apichart Chaengbamrung, Ph.D. 121 pages.

The objective of this study is to develop a program for simulation and evaluation of the evacuation time on escape stairs conformed to the NFPA Ready Reference Human Behavior in Fire Emergencies and the fire protection standards of the Engineering Institute of Thailand. When using manual calculation for evaluating of the evacuation time, there are many equations that will take a long time causing of calculation errors. Especially when designing high rise building, it has to change several physical variables of the exits to estimate the proper evacuation time. The program, written based on Netbeans IDE 6.8 and operated on Java Application, consists of 3 steps; parameter input, evacuation time calculation and evacuation procedure.

The result of this study, it found that the calculated evacuation time from the program is accurate compared to that of the manual calculation. The program was then applied to study the evacuation time affected by physical variables of the exits such as door width, riser height, landing length and floor to floor height. It found that the door width has significant effect on evacuation time than any other variables. After testing the program for a newly designed Bangkok's building with 3 stairways for the 10<sup>th</sup> to the 25<sup>th</sup> floor and 4 stairways for the 1<sup>st</sup> to 9<sup>th</sup> floor, it found that the evacuation time is 1,997 seconds (or 33 minutes and 17 seconds), which is less than 60 minute required by law. This means the building has proper and enough exits for evacuation.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อภิชาติ แจ่มบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัช รดาการ ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐศักดิ์ บุญมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา พวงดาวเรือง และคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ และหลาน ๆ ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนทั้งด้านเครื่องมือและอุปกรณ์และให้กำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณสุทธิ ถมยา และ คุณกฤษกร นาโสกที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมประกอบในการวิจัยและช่วยแก้ไขให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์และถูกต้องทางภาษามากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ๆ น้องๆ ที่สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้กันมาตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

สมยศ วงศ์สุข  
กุมภาพันธ์ 2553

## สารบัญ

### หน้า

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| สารบัญ                                              | (1) |
| สารบัญตาราง                                         | (2) |
| สารบัญภาพ                                           | (4) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                           | (6) |
| คำนำ                                                | 1   |
| วัตถุประสงค์                                        | 3   |
| ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย                           | 3   |
| การตรวจเอกสาร                                       | 4   |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                   | 53  |
| อุปกรณ์                                             | 53  |
| วิธีการ                                             | 53  |
| ผลและวิจารณ์                                        | 67  |
| ผล                                                  | 76  |
| วิจารณ์                                             | 89  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                   | 91  |
| สรุป                                                | 91  |
| ข้อเสนอแนะ                                          | 92  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                | 93  |
| ภาคผนวก                                             | 94  |
| ภาคผนวก ก หน้่วงเวลาการอพยพ                         | 95  |
| ภาคผนวก ข ผลการคำนวณผู้อยู่อาศัยในอาคารสำนักงานใหม่ | 99  |
| ภาคผนวก ค ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม                  | 118 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน                         | 121 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                           | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไป กับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณ<br>ความจุคน   | 9    |
| 2        | แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้เฉพาะ กับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณ<br>ความจุคน    | 10   |
| 3        | ความกว้างต่อคนเพื่อคำนวณความกว้างของเส้นทางหนีไฟ                          | 14   |
| 4        | บันไดที่จะก่อสร้างใหม่                                                    | 23   |
| 5        | บันไดที่จะก่อสร้างใช้งานแล้ว                                              | 23   |
| 6        | ทางลาดที่จะก่อสร้างใหม่                                                   | 32   |
| 7        | ทางลาดที่จะก่อสร้างเสร็จแล้ว                                              | 33   |
| 8        | บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมที่รองรับผู้ใช้อาคารมากกว่า 10 คน           | 36   |
| 9        | บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมที่รองรับผู้ใช้อาคารไม่เกิน 10 คน           | 36   |
| 10       | ความกว้างของแนวขอบเขต                                                     | 42   |
| 11       | ความเร็วในการอพยพออก                                                      | 44   |
| 12       | ตัวแปลงค่าของความสัมพันธ์ของระยะการเดินทางในแนวดิ่งกับบันได<br>ขนาดต่าง ๆ | 45   |
| 13       | ค่าสูงสุดของความเร็วของการไหลที่ทางออก (โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง)              | 45   |
| 14       | ค่าสูงสุดของความเร็วจำเพาะ, $F_{sm}$                                      | 47   |
| 15       | ข้อมูลอาคารสำนักงาน 10 ชั้น                                               | 76   |
| 16       | ผลการคำนวณหาจำนวนผู้อาศัยในอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้น โดยโปรแกรม           | 86   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |                                                           | หน้า |
|--------------|-----------------------------------------------------------|------|
| ก1           | หน่วยเวลาอพยพ (นาทิจ) ได้จากรายงานการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟจริง | 96   |
| ข1           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 2           | 100  |
| ข2           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 3           | 101  |
| ข3           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 4           | 102  |
| ข4           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 5           | 105  |
| ข5           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 6           | 106  |
| ข6           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 7           | 108  |
| ข7           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 8           | 110  |
| ข8           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 9           | 112  |
| ข9           | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 10          | 113  |
| ข10          | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 11          | 114  |
| ข11          | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 12 -23      | 115  |
| ข12          | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 24          | 116  |
| ข13          | ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 25          | 117  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                | หน้า |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | รายละเอียดของชั้นทางปล่อยออก                                                   | 7    |
| 2      | การป้องกันการอพยพเลยชั้นทางปล่อยออก                                            | 8    |
| 3      | ตัวอย่างแสดงจำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี                        | 15   |
| 4      | การวัดความกว้างของประตูเพื่อหาความสามารถในการอพยพคน                            | 17   |
| 5      | ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างของประตูเพื่อหาความสามารถในการอพยพ      | 18   |
| 6      | ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างสุทธิน้อยที่สุด                         | 18   |
| 7      | ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในบันได                                                  | 21   |
| 8      | การวัดขนาดลูกตั้งและลูกนอนของบันได                                             | 25   |
| 9      | แบบของราวจับ                                                                   | 26   |
| 10     | แสดงการติดตั้งราวจับ                                                           | 27   |
| 11     | ตัวอย่างป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดหนีไฟ                                           | 28   |
| 12     | การทำนายและผลจากการสังเกตเวลาการอพยพออกจากอาคารสำนักงานสูง                     | 38   |
| 13     | ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นบนขั้นบันไดในการอพยพที่ไม่มีการควบคุม | 39   |
| 14     | รูปแบบการวัดความกว้างสุทธิของขั้นบันไดที่สัมพันธ์กับกำแพง, ราวจับ และที่นั่ง   | 40   |
| 15     | ความกว้างสุทธิของโถงทางเดินสาธารณะ                                             | 41   |
| 16     | ความเร็วของการอพยพออกเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่นดังสมการ<br>$S = k - akD$       | 44   |
| 17     | การไหลจำเพาะที่เป็นฟังก์ชันของความหนาแน่น                                      | 46   |
| 18     | ทางออกใช้ร่วมกัน                                                               | 49   |
| 19     | การเปลี่ยนรูปแบบของทางออก                                                      | 49   |
| 20     | แผนผังขั้นตอนการคำนวณเวลาการอพยพ                                               | 56   |
| 21     | แผนผังขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ                                              | 63   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่            |                                                                              | หน้า |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|
| 22                | หน้าจอตารางแสดงข้อมูลของอาคาร                                                | 68   |
| 23                | หน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลจำนวนผู้อยู่อาศัยและโรงทางเดิน                        | 70   |
| 24                | หน้าจอการคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละชั้น                                 | 71   |
| 25                | หน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลทางออกหนีไฟ                                           | 72   |
| 26                | หน้าจอการคำนวณเวลาการอพยพ                                                    | 73   |
| 27                | หน้าจอแบบจำลองการอพยพหนีไฟ                                                   | 74   |
| 28                | หน้าจอการพิมพ์รายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ                                 | 75   |
| 29                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม                                        | 77   |
| 30                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ                   | 82   |
| 31                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดความสูงลูกตั้งบันไดหนีไฟ                    | 82   |
| 32                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดความสูงระหว่างชั้น                          | 83   |
| 33                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดขนาดของชานพัก                               | 84   |
| 34                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้น                          | 85   |
| 35                | ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้นหลังเพิ่ม<br>เส้นทางหนีไฟ | 88   |
| <b>ภาพผนวกที่</b> |                                                                              |      |
| 1ก                | โปรแกรม Java ที่ติดตั้งไว้ที่ Control Panel                                  | 119  |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                                     |   |                                                                                     |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Bld_Name                            | = | ชื่ออาคาร (Building Name)                                                           |
| Nooffloor                           | = | จำนวนชั้นในอาคาร (No. of floor)                                                     |
| NoofExit                            | = | จำนวนเส้นทางหนีไฟ (No. of exit)                                                     |
| Occtype                             | = | ประเภทการครอบครอง (Occupancy type)                                                  |
| AreaComp                            | = | พื้นที่ของส่วนกั้น (Area of Compartment)                                            |
| $P_i$                               | = | จำนวนประชากรที่อยู่ในชั้น $i$                                                       |
| fltofl <sub><math>i</math></sub>    | = | ระยะห่างระหว่างชั้น $i$ และชั้น $i-1$ (Floor to floor)                              |
| corr                                | = | โถงทางเดิน (Corridor)                                                               |
| corrW <sub><math>i</math></sub>     | = | ความกว้างของโถงทางเดิน (Corridor width)                                             |
| corrL <sub><math>i</math></sub>     | = | ความยาวของโถงทางเดิน (Corridor long)                                                |
| corrArea <sub><math>i</math></sub>  | = | พื้นที่ของโถงทางเดิน (Area of corridor)                                             |
| doorW <sub><math>ij</math></sub>    | = | ความกว้างของประตูหนีไฟที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (Door width)                           |
| str                                 | = | บันไดหนีไฟ (Stairway)                                                               |
| strRiser <sub><math>ij</math></sub> | = | ความสูงของลูกตั้งของบันไดที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (Riser height)                      |
| strTread <sub><math>ij</math></sub> | = | ความลึกของลูกนอนของบันไดที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (Tread depth)                        |
| strW <sub><math>ij</math></sub>     | = | ความกว้างบันไดหนีไฟที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (Stairway width)                          |
| NoLand <sub><math>ij</math></sub>   | = | จำนวนชานพักของบันไดที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (No of landing)                           |
| lndLong <sub><math>ij</math></sub>  | = | ความยาวของชานพักของบันไดที่ $j$ ของชั้นที่ $i$ (Landing long)                       |
| handR <sub><math>ij</math></sub>    | = | ส่วนยื่นของราวจับ (Handrail width)                                                  |
| dCorr <sub><math>i</math></sub>     | = | ความหนาแน่นของประชากรในโถงทางเดินชั้นที่ $i$ (Density of corridor)                  |
| we                                  | = | ความกว้างสุทธิ (Effective width)                                                    |
| blw                                 | = | ความกว้างแนวขอบเขต (Buondary layer width)                                           |
| s                                   | = | ความเร็ว (speed)                                                                    |
| fs                                  | = | การไหลจำเพาะ (Specific flow)                                                        |
| fsm                                 | = | การไหลจำเพาะสูงสุด (Maximum specific flow)                                          |
| fc                                  | = | การไหลจากการคำนวณ (Calculated flow)                                                 |
| verttv <sub><math>ij</math></sub>   | = | ระยะทางที่ใช้เดินทางในบันไดหนีไฟของชั้น $i$ บันไดที่ $j$ (Vertical travel distance) |
| tv <sub><math>ij</math></sub>       | = | เวลาที่ใช้เดินทางในแนวตั้งของชั้น $i$ บันไดที่ $j$ (Vertical travel time)           |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

|                       |   |                                                                                      |
|-----------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------|
| fireStart             | = | ชั้นที่เกิดเพลิงไหม้                                                                 |
| delayT                | = | หน่วยเวลาการอพยพ (Delay time)                                                        |
| tpDoor <sub>ij</sub>  | = | เวลาที่ใช้อยู่ผ่านประตูหนีไฟที่ j ชั้นที่ i (Time for passage door)                  |
| tvAcc <sub>ij</sub>   | = | เวลาสะสมที่มีผู้อพยพในบันไดที่ j ชั้นที่ i (Vertical travel time accumulate)         |
| tvMax <sub>ij</sub>   | = | เวลาที่ยาวที่สุดที่มีผู้อพยพในบันไดที่ j ชั้นที่ i (Vertical travel time accumulate) |
| tStep                 | = | ขั้นของเวลาในการอพยพ                                                                 |
| output <sub>ij</sub>  | = | เวลาที่อพยพออกจากบันไดที่ j ชั้นที่ i                                                |
| flrEvac <sub>i</sub>  | = | เวลาที่คนอพยพออกจากชั้นที่ i หมด                                                     |
| strEvac <sub>ij</sub> | = | เวลาที่คนอพยพออกจากบันไดที่ j ชั้นที่ i หมด                                          |

# การพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ

## Development of Program for Simulation and Evaluation of Evacuation Time on Escape Stairs

### คำนำ

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีโครงการก่อสร้างอาคารสำนักงาน คอนโดมิเนียม ที่เป็นอาคารสูงเพื่อรองรับความเจริญของประเทศ แต่เนื่องจากโครงการก่อสร้างบางโครงการก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งส่งผลให้อาคารมีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย สร้างความกังวลใจในความปลอดภัยและความหวาดหวั่นต่อภัยที่อาจจะมีขึ้นกับผู้ที่ใช้อาคารเป็นอย่างมาก หากอาคารสูงเหล่านี้ สามารถให้ข้อมูลกับผู้ใช้อาคารทราบถึงความสามารถในการป้องกัน, ระวัง และความสามารถในการหนีไฟ อันจะนำมาซึ่งความปลอดภัยในการอยู่อาศัย ก็จะช่วยสร้างความอุ่นใจกับผู้ใช้อาคารได้ไม่มากนักน้อย ซึ่งตามมาตรฐานป้องกันอัคคีภัย ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ้างอิงมาจาก National Fire Protection Association ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้กำหนดให้อาคารที่อยู่ในเกณฑ์ต้องปฏิบัติตาม และหนึ่งในมาตรฐานที่กำหนดไว้ ก็คือ มาตรฐานการหนีไฟ ซึ่งกำหนดให้ ต้องมีการออกแบบและก่อสร้างอาคารให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร รวมทั้งขั้นตอนการใช้อาคาร เจ้าของอาคารต้องจัดให้มีการซ้อมหนีไฟและอพยพคนออกจากอาคาร เพื่อสร้างความคุ้นเคยของผู้ใช้อาคารต่อหลักการอพยพ ลักษณะโครงสร้างของอาคาร และสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยต่อชีวิตบนอาคารสูงเหล่านั้น ส่วนพนักงานดับเพลิงและเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบก็จะต้องมีความชำนาญในการใช้งานอุปกรณ์และคุ้นเคยต่อสถานที่ รวมทั้งยังเป็นการกำหนดและซักซ้อมแผนการอพยพของอาคารอีกด้วย

ตามกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ข้อ 22 กล่าวว่า อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงหรือคานฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ในที่ที่บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถมาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก โดยระบบบันไดหนีไฟตามวรรคข้างต้นนั้นต้องแสดงการคำนวณให้เห็นว่า สามารถใช้ลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง

ในการออกแบบอาคารสถาปนิกผู้ออกแบบต้องคำนวณและแสดงการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบตามที่กฎหมายระบุไว้ ซึ่งในการคำนวณโดยเครื่องคำนวณธรรมดา ที่มีระบบสมการที่ใช้คำนวณหลายสมการ ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณมากและอาจเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ามีการเปลี่ยนค่าตัวแปรทางกายภาพต่าง ๆ เพื่อประเมินค่าเวลาในการอพยพหนีไฟที่เหมาะสมในขั้นตอนของการออกแบบอาคารสูง ดังนั้น โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถช่วยให้สถาปนิกแสดงการคำนวณเวลาในการอพยพของอาคารที่ออกแบบเพื่อใช้ประกอบแบบ และใช้ออกแบบจำนวนและขนาดเส้นทางหนีไฟ เพื่อให้มีจำนวนและขนาดที่เหมาะสม ในส่วนอาคารที่มีการใช้งานแล้ว ผู้ดูแลอาคารก็จะสามารถประเมินเวลาที่ใช้ในการอพยพออกจากอาคาร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบบันไดหนีไฟของอาคาร เพื่อให้สามารถอพยพหนีไฟได้ภายในเวลาที่กฎหมายกำหนด

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐานด้านอัคคีภัยที่เกี่ยวข้องกับการอพยพหนีไฟทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ
2. เพื่อสร้างและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการจำลองการหนีไฟและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการเข้าใจและง่ายต่อการใช้งาน
2. ผู้ดูแลอาคารสามารถใช้ประเมินเวลาการอพยพเพื่อนำไปปรับปรุงอาคาร และสามารถเห็นรูปแบบการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟจากแบบจำลองการอพยพของโปรแกรม
3. สถาปนิกสามารถนำผลการคำนวณตามประเภทของผู้ใช้อาคารที่ได้ไปใช้ประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการออกแบบ และนำมาซึ่งความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

## การตรวจเอกสาร

ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการจำลองการหนีไฟและประเมินเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ เพื่อให้มีพื้นฐานในการกำหนดกรอบการวิจัยจึงได้มีการตรวจเอกสาร เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1. มาตรฐานเส้นทางหนีไฟ
2. การคำนวณเวลาในการอพยพ
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยในแต่ละหัวข้อสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

### มาตรฐานเส้นทางหนีไฟ

#### 1. ความหมายของเส้นทางหนีไฟ

คณะกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล ประจำปี 2547-25450 (2550) ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ให้ความหมายของเส้นทางหนีไฟ ไว้ว่า เส้นทางหนีไฟ (Means of Egress) คือทางที่ต่อเนื่องและไม่มีอุปสรรคไม่ว่าจากตำแหน่งใดๆ ในอาคารหรือโครงสร้างอาคารไปยังทางสาธารณะโดยตลอด เส้นทาง ซึ่งจะประกอบไปด้วย ทางไปสู่ทางหนีไฟ (Exit Access) ทางหนีไฟ (Exit) และทางปล่อยออก (Exit Discharge)

1.1 ทางไปสู่ทางหนีไฟ คือ ส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางหนีไฟ อาทิเช่น ห้องและพื้นที่ใช้งานในอาคาร โถงทางเดิน เป็นต้น โดยที่กรณีโถงทางเดินที่ต้องรองรับความจุคนมากกว่า 30 คน โถงทางเดินนี้จะต้องถูกแยกออกจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร ด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

1.2 ทางหนีไฟ เป็นทางที่ถูกแยกออกจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร เพื่อเป็นการป้องกันตลอดทางจนถึงทางปล่อยออก มีหลักเกณฑ์ดังนี้

1.2.1 ถ้าทางหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กันแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

1.2.2 ถ้าทางหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กันแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ซึ่งรวมถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางหนีไฟด้วย

1.2.3 ช่องเปิดต่าง ๆ ต้องป้องกันด้วยประตูทนไฟ (Fire Doors) โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึงหรือสลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดอย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติด้วย

1.2.4 ช่องเปิดที่เจาะทะลุส่วนปิดล้อมทางหนีไฟนั้น ยินยอมให้เจาะประตูที่เปิดจากช่องผ่านหรือพื้นที่ใช้งานเข้าสู่ทางหนีไฟ และประตูทางออกจากทางหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นแต่ว่าเป็นเงื่อนไข ดังนี้

- ก. ท่อร้อยสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในบ้านใด
- ข. ระบบท่อและอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบอัดอากาศในบ้านใด
- ค. ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำที่จำเป็นต่อการทำความเย็นหรือทำความร้อนในส่วนปิดล้อมทางหนีไฟ
- ง. ท่อในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
- จ. ท่อในระบบท่ออื่น
- ฉ. การเจาะทะลุที่มีอยู่แต่เดิม และต้องทำการป้องกันตามที่ระบุในมาตรฐานนี้

ข. การเจาะทะลุเพื่อเดินสายไฟของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสายไฟนั้นต้องอยู่ในท่อโลหะและช่องที่เจาะทะลุนั้นต้องทำการป้องกันตามที่ระบุในมาตรฐานนี้

1.2.5 ทางหนีไฟที่อยู่ติดกันต้องไม่มีการเจาะทะลุเชื่อมถึงกัน

1.2.6 การปิดล้อมของทางหนีไฟ ต้องทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงทางปล่อยออก

1.2.7 ห้ามใช้ส่วนปิดล้อมทางหนีไฟเพื่อจุดประสงค์อื่น ที่อาจจะทำให้เกิดการขัดขวางในระหว่างการอพยพหนีไฟ

1.3 ทางปล่อยออก คือ เส้นทางหนีไฟที่อยู่ระหว่างจุดปลายของทางหนีไฟกับทางสาธารณะ โดยที่ปลายทางหนีไฟทุกทาง ต้องปล่อยโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือภายนอกอาคาร สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง โดยทางปล่อยออกภายนอกอาคารนั้นต้องมีความกว้างและขนาดพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถเข้าสู่ทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

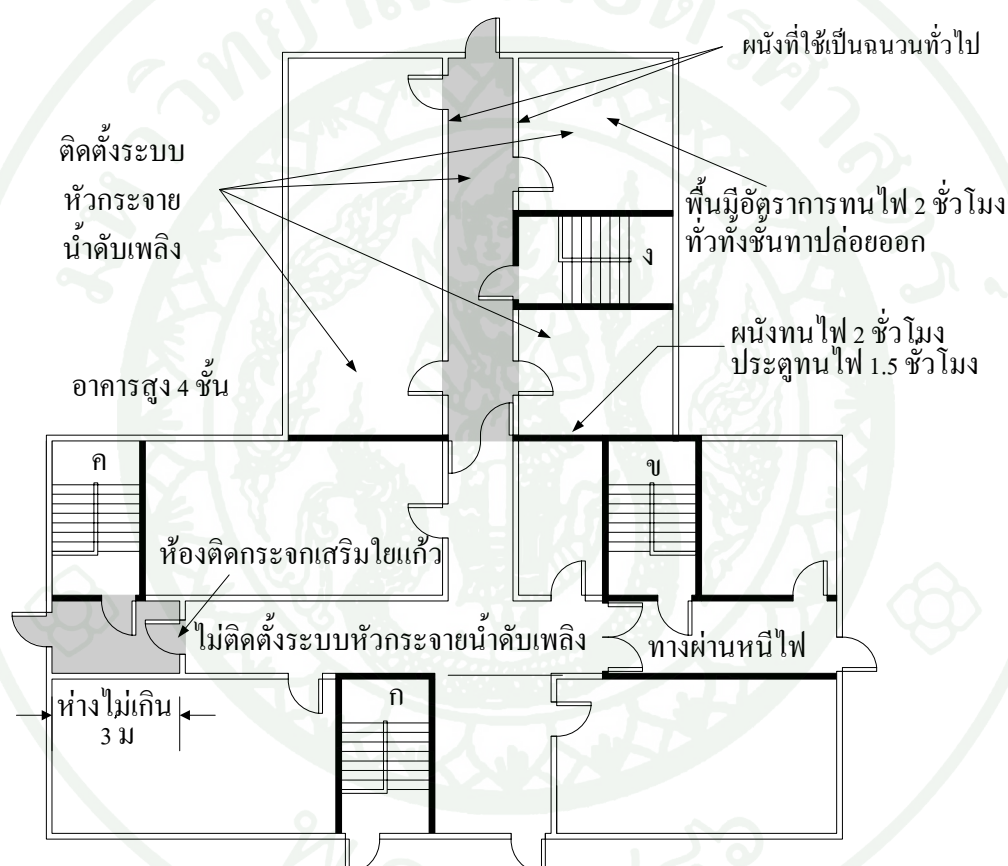
1.3.1 ทางปล่อยออกภายในอาคาร ต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทางหนีไฟทั้งหมดที่ต้องการ และไม่เกินร้อยละ 50 ของขีดความสามารถของทางหนีไฟทั้งหมดที่ต้องการ โดยทางปล่อยออกภายในอาคารต้องนำไปสู่ภายนอกอาคาร โดยไม่มีสิ่งกีดขวางและต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจน และบอกทิศทางไปสู่ทางสาธารณะที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากจุดทางออกหนีไฟ และชั้นที่เป็นทางปล่อยออกต้องติดตั้งระบบหัวกระจายดับเพลิงทั่วทั้งชั้น หรือติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงเฉพาะพื้นที่ที่เป็นทางปล่อยออก แต่ต้องกันแยกพื้นที่ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงออกไปด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าอัตราการทนไฟของทางหนีไฟ

1.3.2 สำหรับอาคารเดิม ถ้าทางปล่อยออกภายในอาคารไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทางหนีไฟทั้งหมดที่ต้องการ ยกเว้นไม่ต้องพิจารณาถึงขีดความสามารถของทางหนีไฟ

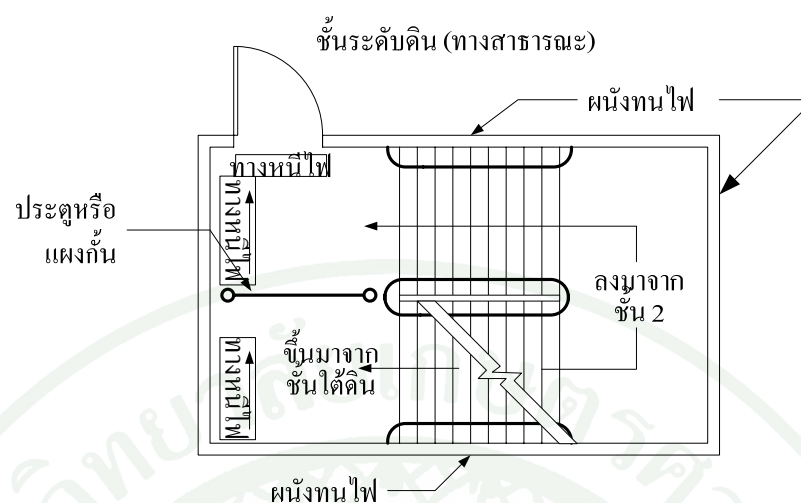
1.3.3 ต้องกันแยกชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้นออกจากชั้นที่อยู่ด้านล่างด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าอัตราการทนไฟของทางหนีไฟ ยกเว้นแต่ว่าเป็นช่องเปิดโล่งระหว่างชั้น (Atrium) ที่เชื่อมต่อไปยังชั้นด้านล่างชั้นทางปล่อยออกที่มีการป้องกันตามมาตรฐานกำหนด

1.3.4 ถ้าบันไดหนีไฟต่อเนื่องลงไปถึงชั้นด้านล่างชั้นทางปล่อยออกมากกว่า 1 ชั้น ทางปล่อยออกต้องมีแผงกันประตู่หรือวิธีอื่นใด เพื่อป้องกันการอพยพเลยจากชั้นทางปล่อยออก

1.3.5 กรณีใช้ชั้นหลังคาเป็นพื้นที่ปล่อยออกจากทางหนีไฟ พื้นของชั้นหลังคาต้องก่อสร้างให้มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าอัตราการทนไฟของทางหนีไฟที่ปล่อยคนสู่ชั้นหลังคา และต้องมีทางหนีไฟอย่างน้อย 1 ทาง จากชั้นหลังคาต่อเนื่อง และปลอดภัยสู่ระดับพื้นดิน



ภาพที่ 1 รายละเอียดของชั้นทางปล่อยออก



ภาพที่ 2 การป้องกันการอพยพเลยชั้นทางปล่อยออก

## 2. จิตความสามารถของทางหนีไฟ

### 2.1 การคำนวณความจุคน

2.1.1 การคำนวณความจุคนของแต่ละพื้นที่หรือห้องใดๆ ต้องคำนวณโดยนำขนาดพื้นที่ที่ต้องการคำนวณหารด้วยพื้นที่ต่อคนตามที่กำหนดในตารางที่ 1 และ 2 โดยตารางดังกล่าวให้ใช้เฉพาะการคำนวณความจุคนเพื่อการหนีไฟเท่านั้น

2.1.2 กรณีติดตั้ง เก้าอี้ เติง หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะถาวรที่สามารถรับเป็นความจุคนได้ ให้คำนวณความจุคนโดยการนับจำนวนที่ปรากฏจริงได้ แต่เมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณได้จาก ข้อที่ 2.1.1 ต้องเลือกค่าความจุคนที่สูงกว่า

2.1.3 หากพื้นที่ที่คำนวณความจุคน จากข้อที่ 2.1.1 และมีพื้นที่อื่นมารวมใช้ทางไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ด้วย ต้องนำจำนวนคนในพื้นที่อื่นดังกล่าวมารวมเป็นความจุคนด้วย

2.1.4 กรณีพื้นที่หรือห้องใดๆ ที่ใช้งานต่างกิจกรรมกันในเวลาต่างกัน ต้องคำนวณความจุคนจากลักษณะกิจกรรมการใช้ที่มีความจุคนที่สูงที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไป กับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณความจุคน

| ลักษณะกิจกรรมการใช้ทั่วไป <sup>1</sup> | หมายเหตุ            | ขนาดพื้นที่ต่อคน <sup>2</sup><br>ตารางเมตรต่อคน |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| กิจกรรมทั่วไป                          |                     |                                                 |
| สำนักงาน                               |                     | 10                                              |
| ห้องอาหาร โรงอาหาร                     |                     | 1.5                                             |
| ภัตตาคาร ห้องจัดเลี้ยง                 |                     | 1.5                                             |
| ศูนย์อาหาร (Food Center)               | แบบบริการตนเอง      | 1                                               |
| ร้านค้า                                |                     | 5                                               |
| พื้นที่ หรือห้องเก็บของ                |                     | 30                                              |
| ครัว                                   |                     | 10                                              |
| พื้นที่ซักล้างอบรีด                    |                     | 10                                              |
| พื้นที่รับรองหรือต้อนรับ               | ไม่ใช่พื้นที่พักคอย | 3                                               |
| ห้องเอนกประสงค์                        |                     | 1                                               |
| ห้องประชุม ห้องสัมมนา                  |                     | 1.5                                             |
| ห้องพักของโรงแรม อพาร์ทเมนต์           | คำนวณแต่ละห้อง      | 20                                              |
| ห้องพักของหอพักนักเรียน                | คำนวณแต่ละห้อง      | 2                                               |
| ห้องสมุด                               | ดูกิจกรรมเฉพาะด้วย  | 10                                              |
| ห้องเครื่องจักรกล                      |                     | 30                                              |
| โถงทางเดิน                             | มีการกั้นแยกแบบถาวร | -                                               |
| ห้องน้ำ                                |                     | -                                               |
| กิจกรรมอื่นๆ                           |                     | 10                                              |

หมายเหตุ <sup>1</sup> พื้นที่ของกิจกรรมการใช้ ห้ามหักพื้นที่ของ เครื่องจักร อุปกรณ์ เฟอร์นิเจอร์ออกก่อนการคำนวณ (Gross Area)

<sup>2</sup> ขนาดพื้นที่ต่อคนให้ใช้ตามที่กำหนดในตารางนี้ ยกเว้นกำหนดเป็นอย่างอื่นในตารางที่ 2

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะกิจกรรมการใช้เฉพาะ กับขนาดพื้นที่ต่อคนเพื่อคำนวณความจุคน

| ลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะ <sup>1</sup> | หมายเหตุ | ขนาดพื้นที่ต่อคน<br>ตารางเมตรต่อคน |
|------------------------------------------|----------|------------------------------------|
| <b>สถานพยาบาล<sup>1</sup></b>            |          |                                    |
| พื้นที่พักคอยสำหรับผู้ป่วยนอก            |          | 1.5                                |
| ส่วนพยาบาล (Nurse Station)               |          | 10                                 |
| ห้องผู้ป่วยหนัก                          |          | 20                                 |
| ห้องตรวจ (Consultant/Exam./Treatment)    |          | 5                                  |
| ห้องผู้ป่วยรวม                           |          | 20                                 |
| ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)              |          | 20                                 |
| ห้องเก็บยา                               |          |                                    |
| <b>สถานศึกษา<sup>2</sup></b>             |          |                                    |
| ห้องเรียน                                |          | 1.5                                |
| ห้องเรียนคอมพิวเตอร์                     |          | 3                                  |
| ห้องสมุด                                 |          | 5                                  |
| ห้องเตรียมการเรียน (โรงเรียนประจำ)       |          | 1.5                                |
| ห้องทดลอง (Laboratory)                   |          | 5                                  |
| โรงฝึกงาน (Workshop)                     |          | 5                                  |
| ห้องเรียนกวดวิชา                         |          | 1                                  |
| โรงอาหาร                                 |          | 1                                  |
| <b>สำนักงาน<sup>2</sup></b>              |          |                                    |
| โถงบริการธนาคาร (Banking Hall)           |          | 3                                  |
| ห้องเก็บเอกสาร (File Room)               |          | 10                                 |
| ศูนย์บริการธุรกิจ (Business Center)      |          | 10                                 |
| ห้องมั่นคง                               |          | 30                                 |
| ห้องเขียนแบบ และออกแบบ                   |          | 5                                  |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะ <sup>1</sup>    | หมายเหตุ                 | ขนาดพื้นที่ต่อคน<br>ตารางเมตรต่อคน |
|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>สถานที่ค้าขาย<sup>2</sup></b>            |                          |                                    |
| พื้นที่แสดงสินค้า                           |                          | 1.5                                |
| พื้นที่จำหน่ายสินค้าราคาพิเศษ (Promotion)   |                          | 1.5                                |
| ซูปเปอร์มาร์เก็ต ซูปเปอร์สโตร์              |                          | 5                                  |
| พื้นที่จำหน่ายสินค้าปกติ                    |                          | 5                                  |
| <b>สถานที่อุตสาหกรรม</b>                    |                          |                                    |
| <b>พื้นที่การผลิต</b>                       |                          |                                    |
| ใช้แรงงานคนเป็นหลัก                         |                          | 2                                  |
| ใช้แรงงานคนและเครื่องจักรอัตโนมัติ          |                          | 6                                  |
| ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเป็นหลัก             |                          | 10                                 |
| ห้องซ่อมเครื่องจักรกล (Mechanical Workshop) |                          | 10                                 |
| ห้องสมุด                                    |                          | 5                                  |
| ห้องทดลอง (Laboratory)                      |                          | 5                                  |
| โรงอาหาร                                    |                          | 1                                  |
| <b>สถานที่ชุมชน</b>                         |                          |                                    |
| โรงยิมเนเซียม                               |                          | 3.5                                |
| พื้นที่ฝึกซ้อมกีฬา                          |                          | 3                                  |
| ลานสรวายน้ำ                                 |                          | 5                                  |
| โบว์ลิ่ง                                    | ไม่รวมพื้นที่เลน         | 1                                  |
| สวนสนุก                                     | ไม่รวมพื้นที่เครื่องเล่น | 1                                  |
| ห้องบิลเลียด                                |                          | 5                                  |
| สถานสเก็ต                                   |                          | 3                                  |
| ดิสโกเทค                                    |                          | 1                                  |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ลักษณะกิจกรรมการใช้แบบเฉพาะ <sup>1</sup> | หมายเหตุ              | ขนาดพื้นที่ต่อคน<br>ตารางเมตรต่อคน |
|------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| คาราโอเกะ                                |                       | 2.5                                |
| ไนต์คลับ                                 |                       | 2                                  |
| สโมสร/คลับ/ศูนย์ออกกำลังกาย              |                       | 5                                  |
| ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า/ ห้องน้ำ             |                       | -                                  |
| พื้นที่พักผ่อนโดยสาธารณะชนส่ง            |                       | 3                                  |
| พื้นที่สถานีส่งด้านขาออก                 |                       | 3                                  |
| พื้นที่สถานีด้านขาเข้า                   |                       | 1.5                                |
| เวทีการแสดง                              |                       | -                                  |
| หลังเวทีการแสดง                          |                       | 3                                  |
| ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าในโรงแรมหรสพ          |                       | 3                                  |
| ห้องควบคุมระบบในโรงแรมหรสพ               |                       | 5                                  |
| พื้นที่พักผ่อน หรือเข้าคิว               | แบบยืน                | 0.3                                |
| พื้นที่เข้าชม หรือร่วมงาน อัจฉริยะ       | แบบนั่งชมกีฬา การแสดง | 1.5                                |
| พื้นที่ หรือห้องอเนกประสงค์              | แบบยืน                | 0.3                                |
| พื้นที่ หรือห้องจัดคอนเสิร์ต             | แบบยืน                | 0.3                                |

หมายเหตุ <sup>1</sup> พื้นที่ของกิจกรรมการใช้ ห้ามหักพื้นที่ของเครื่องจักร อุปกรณ์ เฟอร์นิเจอร์ออกก่อนการคำนวณ (Gross Area)

<sup>2</sup> กรณีในสถานประกอบการมีการใช้หลายกิจกรรม ต้องใช้ขนาดพื้นที่ต่อคนตามกิจกรรมที่กำหนดในตารางที่ 1 และ 2 โดยเลือกขนาดพื้นที่ต่อคนที่ต่ำที่สุดมาคำนวณความจุ

<sup>3</sup> ความจุคนของพื้นที่การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมให้ยึดถือจำนวนคนงานตามที่ได้รับอนุญาตจริงจากทางราชการ แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จาก ตารางที่ 2 สถานอุตสาหกรรม

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

2.1.5 กรณีมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการใช้งานในอาคารที่ก่อสร้างเสร็จและใช้งานแล้ว กิจกรรมที่เปลี่ยนแปลงนั้น ต้องมีความจุคนไม่เกินค่าความจุคนเดิมของอาคารหลังนั้น โดยมีข้อยกเว้น หากปรับปรุงอาคารให้มีขีดความสามารถของทางหนีไฟที่รองรับ ความจุคนของกิจกรรมการใช้ใหม่ได้

2.1.6 การคำนวณความจุคนให้ครอบคลุมทั้งสถานที่ใช้งานลักษณะถาวรและลักษณะชั่วคราว

## 2.2 ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

2.2.1 ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น รวมทั้ง ระเบียงและพื้นที่ที่มีคนใช้สอยอยู่ต้องเพียงพอกับความจุคนทั้งหมดตามที่คำนวณจากการคำนวณความจุคน

2.2.2 กรณีบันไดรองรับการหนีไฟมากกว่า 1 ชั้น ให้ใช้ความจุคนของแต่ละชั้นเท่านั้น ในการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ชั้นนั้นๆ และขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟนั้น ต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ

2.2.3 กรณีชั้นตรงกลางที่รองรับการหนีไฟจากชั้นบนและชั้นล่าง ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้นตรงกลาง ให้คำนวณจากผลรวมของความจุคนของชั้นบนและชั้นล่าง

2.2.4 กรณีชั้นลอยหรือระเบียงที่ต้องอพยพลงมายังชั้นที่อยู่ด้านล่าง ให้รวมความจุคนของชั้นลอยหรือระเบียงนั้นๆ เข้ากับความจุคนของชั้นที่อยู่ด้านล่าง

2.2.5 ขีดความสามารถของช่องผ่าน ให้คำนวณจากความจุคนทั้งหมดที่ใช้ช่องผ่านนั้น เป็นทางไปสู่ทางหนีไฟ หากด้วยจำนวนทางหนีไฟทั้งหมด ซึ่งต้องไม่น้อยกว่าขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ช่องผ่านนั้นต่อเชื่อมอยู่

2.2.6 ความกว้างของเส้นทางหนีไฟ ต้องกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร โดยวัดที่จุดที่แคบที่สุดในเส้นทางหนีไฟ ยกเว้นส่วนที่ยื่นเข้ามาด้านละไม่เกิน 110 มิลลิเมตร และสูงไม่

เกิน 950 มิลลิเมตร และความกว้างสุทธิต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จาก ตารางที่ 3 คูณกับความจุคนรวมสำหรับเส้นทางหนีไฟนั้น

2.2.7 ห้องหรือพื้นที่กักการชุมนุมคน เส้นทางออกและประตูทางเข้าออกหลักที่มีแห่งเดียว ต้องรองรับจำนวนคนได้ไม่น้อยกว่า  $\frac{2}{3}$  ของจำนวนคนทั้งหมดในห้องหรือพื้นที่นั้น

ตารางที่ 3 ความกว้างต่อคนเพื่อคำนวณความกว้างของเส้นทางหนีไฟ

| ประเภทกิจการ              | บันไดหรือทางลาดเอียง<br>(มิลลิเมตร ต่อคน) | ประตูและทางราบ<br>(มิลลิเมตร ต่อคน) |
|---------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| กิจการเสี่ยงสูง           | 18                                        | 10                                  |
| กิจการเพื่อใช้รักษาพยาบาล | 15                                        | 13                                  |
| กิจการชุมนุมคน            | 10                                        | 8                                   |
| กิจการอื่นๆ               | 8                                         | 5                                   |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

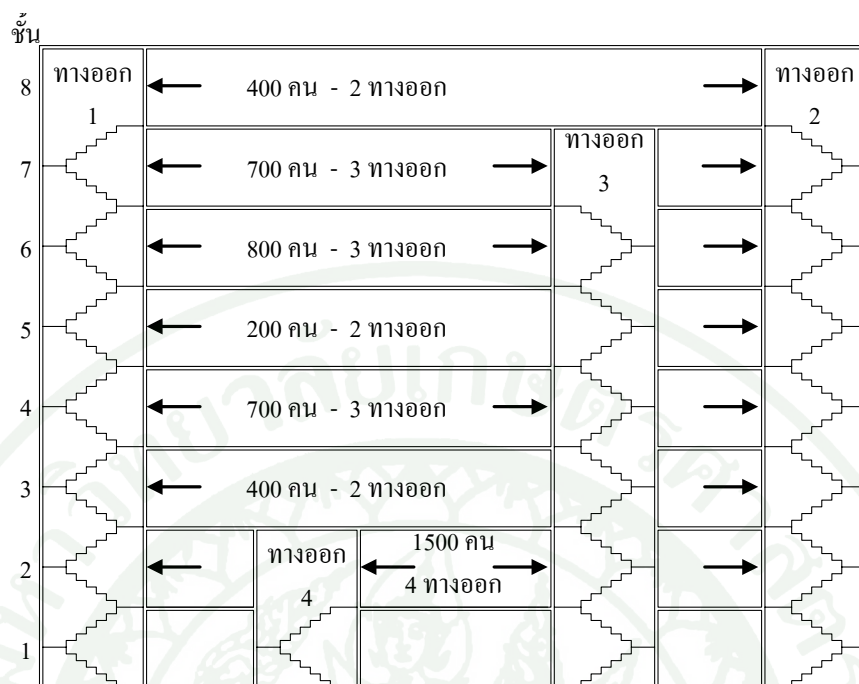
### 3. จำนวนทางหนีไฟ

3.1 จำนวนทางหนีไฟ จากชั้นของอาคาร ชั้นลอยหรือระเบียงต้องมีอย่างน้อย 2 เส้นทาง

3.2 ถ้าในพื้นที่ใดของอาคารมีความจุคนมากกว่า 500 คน แต่ไม่เกิน 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ 3 เส้นทาง และถ้าความจุคนมากกว่า 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ 4 เส้นทาง

3.3 ให้ใช้ความจุคนของแต่ละชั้นเท่านั้นในการคำนวณจำนวนทางหนีไฟของชั้นนั้นๆ และจำนวนทางหนีไฟต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ

3.4 เส้นทางหนีไฟสำหรับคนพิการที่ไม่มีลิฟต์เป็นส่วนประกอบ ให้ถือว่าเทียบเท่ากับเส้นทางหนีไฟ



หมายเหตุ สัญลักษณ์ → หมายถึงประตูที่เปิดสู่ทางหนีไฟ

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแสดงจำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี

#### 4. ส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ

##### 4.1 ประตู

##### 4.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ก. ประตูในมาตรฐานนี้หมายรวมทั้ง บานประตู วงกบ และอุปกรณ์ประกอบประตูอื่นๆ ทั้งหมด โดยประตูที่ใช้ในเส้นทางหนีไฟ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น และข้อกำหนดเรื่องประตู และอุปกรณ์ประกอบประตูต้องถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับประตุนั้น

ข. ประตูจะต้องมีคุณสมบัติในการทนไฟได้โดยไม่มีการเสียรูปทรงและไม่ส่งผ่านความร้อนสูงเกินไป และจะต้องผ่านการทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์รุ่นนั้นๆ ตามแนวทางมาตรฐาน รวมทั้งจะต้องได้รับการรับรองการทดสอบจากหน่วยงานหรือสถาบันที่เป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้

ก. ประตูจะต้องมีคุณลักษณะที่สามารถใช้ได้โดยสะดวกและพร้อมที่จะใช้ได้ตลอดเวลาในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน จากผู้ใช้อาคารที่อยู่ภายในห้องหรืออาคารเพื่ออพยพไปสู่พื้นที่ปลอดภัยโดยเร็วที่สุดและไม่ติดขัด และประตูจะต้องมีลักษณะหรือเครื่องหมายแสดงลักษณะให้แตกต่างจากส่วนของผนังประชิดอย่างชัดเจน

ง. ประตูที่เป็นส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟต้องสามารถเปิดได้ตลอดเวลาที่อาคารถูกใช้งานโดยในมาตรฐานนี้ถือว่าอาคารถูกใช้งานเมื่อเปิดให้ผู้ที่ใช้อาคารเป็นประจำเข้ามาใช้งานหรือเปิดให้ผู้คนทั่วไปเข้ามาใช้หรือมีผู้ใช้อาคารมากกว่า 10 คนขึ้นไป

จ. ในขณะที่ไม่ได้เปิดใช้งานอาคาร ยินยอมให้ล็อกประตูที่เป็นส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟได้ แต่ผู้ที่อยู่ในอาคารในขณะนั้นต้องสามารถปลดล็อกประตูและเปิดออกมาได้จากในอาคาร

#### 4.1.2 ความกว้างของประตู

ก. การวัดความกว้างของประตูในมาตรฐานนี้มี 2 วิธี ถ้าต้องการวัดความกว้างของประตูเพื่อไปคำนวณหาความสามารถในการอพยพคนของประตู (Egress capacity width) ให้เป็นไปตามข้อ 2) แต่ถ้าต้องการวัดความกว้างสุทธิของประตู (Clear width) ให้เป็นไปตามข้อ ค

ข. การวัดความกว้างของประตูเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการอพยพคนมีหลักเกณฑ์ดังนี้

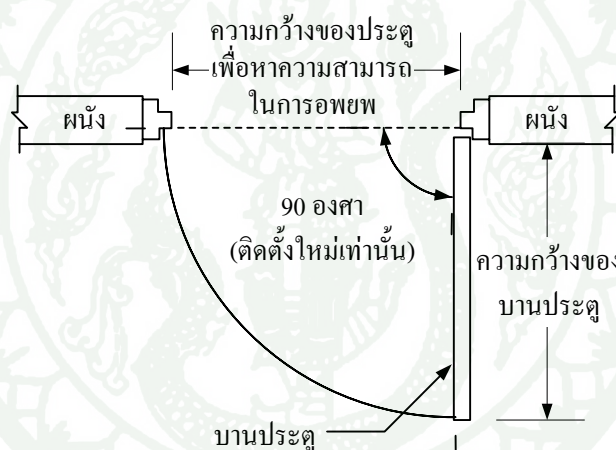
1) สำหรับประตูบานหลักที่จะติดตั้งใหม่ การวัดความกว้างของประตูตามความสามารถในการอพยพคนจะวัดเมื่อประตูเปิดทำมุม 90 องศากับวงกบประตูเท่านั้น โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามที่ระบุในข้อ 4) และ 5)

2) สำหรับประตูชนิดอื่นที่จะติดตั้งใหม่ การวัดความกว้างของประตูตามความสามารถในการอพยพคน จะวัดเมื่อประตูในตำแหน่งเปิดกว้างที่สุดแล้วเท่านั้น โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามที่ระบุในข้อ 4) และ 5)

3) สำหรับประตูทุกชนิดที่ติดตั้งใช้งานแล้ว การวัดความกว้างของประตูตามความสามารถในการอพยพคน จะวัดเมื่อประตูในตำแหน่งเปิดกว้างที่สุดแล้วเท่านั้น โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามที่ระบุข้อ 4) และ 5)

4) สำหรับทุกประตู ส่วนยื่นแต่ละด้านของประตูที่มีขนาดไม่เกิน 90 มิลลิเมตร ที่ความสูงไม่เกิน 950 มิลลิเมตร ยกเว้นไม่ต้องนำไปหักลดในขนาดความกว้างของความสามารถในการอพยพคน

5) สำหรับประตูบานผลัก ความกว้างของความสามารถในการอพยพคน ต้องวัดระหว่างผิวของบานประตูเมื่อเปิดสุด และจุดยันประตูสุทธิหรือวงกบ

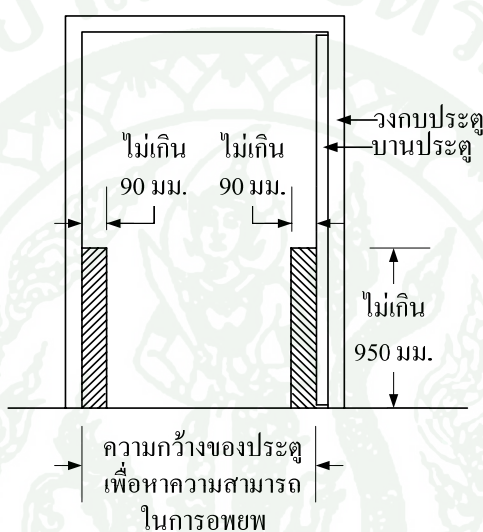


ภาพที่ 4 การวัดความกว้างของประตูเพื่อหาความสามารถในการอพยพคน

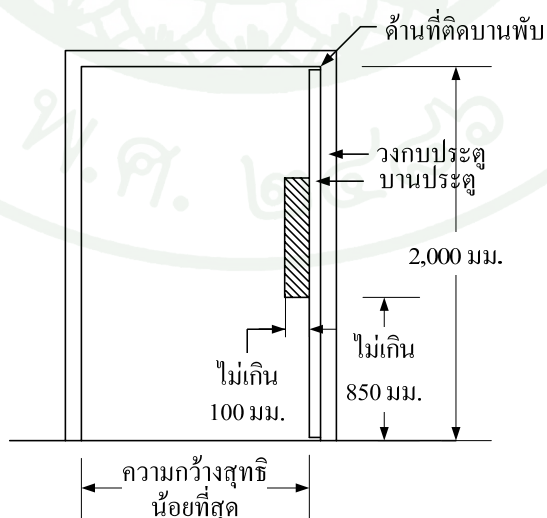
ค. การวัดความกว้างสุทธิของประตู มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- 1) วัดที่จุดที่แคบที่สุดในขณะที่ประตูเปิด
- 2) สำหรับประตูบานผลัก วัดระหว่างผิวของบานประตูเมื่อเปิดสุดกับจุดยันประตูสุทธิหรือวงกบ

- 3) สำหรับประตูบานผลัก ยินยอมให้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูยื่นออกมาจากด้านที่ติดตั้งบานพับของประตู โดยที่ไม่นำมาพิจารณาในการวัดความกว้างของประตู แต่จะต้องยื่นออกมาไม่เกิน 100 มิลลิเมตร และต้องสูงจากพื้นอย่างน้อย 850 มิลลิเมตร
- 4) ส่วนยื่นใดๆ ที่อยู่สูงกว่าพื้นมากกว่า 2 เมตร จะไม่นำมาพิจารณาในการวัดความกว้างของประตู



ภาพที่ 5 ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างของประตูเพื่อหาความสามารถในการอพยพ



ภาพที่ 6 ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างสุทธิที่น้อยที่สุด

ง. ประตูที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ ต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 800 มิลลิเมตร ยกเว้นแต่ว่าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

1) สำหรับประตูแบบคู่ อย่างน้อยต้องมีหนึ่งบานที่เมื่อเปิดแล้วมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 800 มิลลิเมตร

2) สำหรับประตูของห้องที่มีพื้นที่ไม่เกิน 6.5 ตารางเมตร และไม่ต้องการรับคนพิการด้านการเดิน และประตูนั้นเป็นส่วนประกอบของทางไปสู่ทางหนีไฟยินยอมให้ใช้บานประตูมีความกว้างไม่น้อยกว่า 600 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องใช้ความกว้างสุทธิ

4.1.3 พื้นทั้งสองด้านของบานประตูจะต้องมีระดับเท่ากัน และต้องเรียบเสมอกับส่วนบนของธรณีประตู หรือในกรณีที่มีธรณีประตูจะต้องไม่ต่ำกว่าระดับบนของธรณีประตูเกินกว่า 13 มิลลิเมตร และจะต้องปรับระดับพื้นที่ทั้ง 2 ด้าน ให้เสมอระดับบนของธรณีประตูตรงตำแหน่งประตู โดยควบคุมความลาดชันไม่ 1 ใน 2 สำหรับทางหนีไฟที่เปิดตรงสู่อาคารยอมให้ระดับพื้นภายในและพื้นภายนอกของประตูแตกต่างกันไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ข้อยกเว้น สำหรับอาคารที่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย หรือในแต่ละหน่วยพักอาศัยในอาคาร อาจติดตั้งประตูที่เปิดเข้าสู่ทางไปสู่ทางหนีไฟภายนอกอาคาร หรือที่ชานบันไดภายนอกได้ แต่ทางไปสู่ทางหนีไฟภายนอก หรือชานบันไดภายนอก นั้นจะต้องไม่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นห้องเกินกว่า 150 มิลลิเมตร

#### 4.1.4 แรงและทิศทางการเปิดประตู

ก. ประตูที่ติดตั้งบนผนังของทางหนีไฟ ต้องเปิดออกไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ ยกเว้นเป็นประตูของห้องหรือพื้นที่ที่เปิดสู่ทางหนีไฟโดยตรง

ข. ห้องหรือพื้นที่ที่มีความจุคนตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป หรือพื้นที่ที่อันตรายสูง ประตูต้องเปิดออกไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ

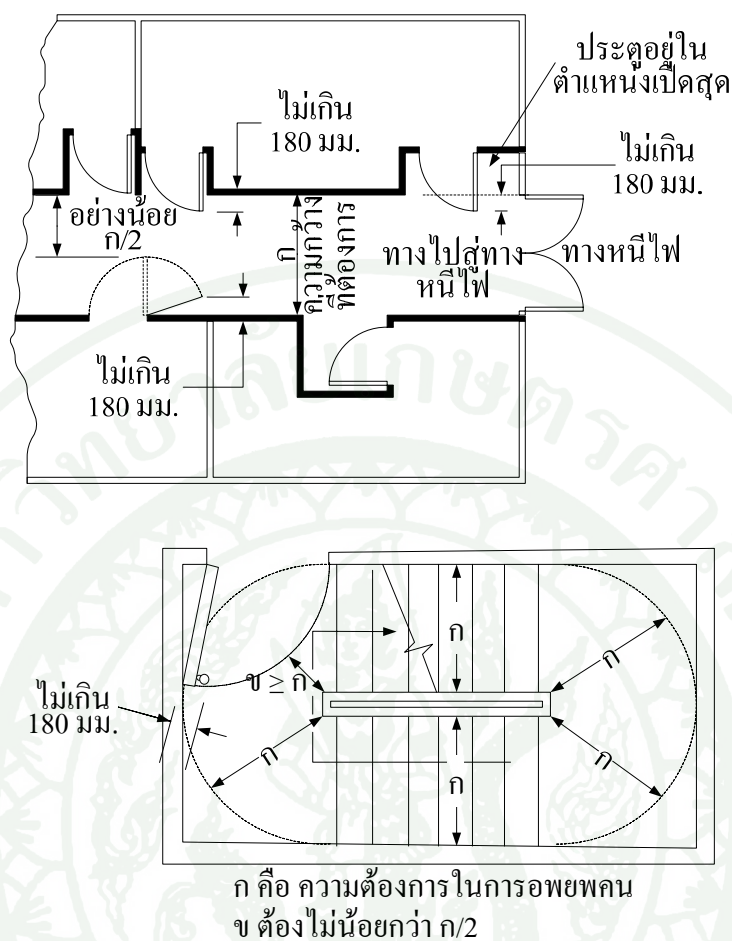
ค. ในระหว่างที่เปิดประตู จะต้องไม่ทำให้ความกว้างที่ต้องการเพื่ออพยพคนของช่องผ่านหรือชานพักบันได ลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่ง และในตำแหน่งที่ประตูเปิดสุดยินยอมให้มีส่วนยื่นเข้ามาในทางเดินร่วม ทางผ่านหรือชานพักบันไดได้ไม่เกิน 180 มิลลิเมตร ยกเว้นเป็นประตูทางเข้าสู่บันไดในอาคารเดิม และประตูนั้นต้องไม่มีส่วนยื่นเข้าไปในชานพักเกินกว่า 180 มิลลิเมตร ในขณะที่ประตูเปิดสุด

ง. แรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูใดๆ ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เกิน 66 นิวตัน เพื่อปลดล็อก ไม่เกิน 130 นิวตัน เพื่อให้ประตูเริ่มเคลื่อนที่ และไม่เกิน 66 นิวตัน เพื่อให้ประตูเปิดได้ตามตำแหน่งที่ต้องการ

จ. บาร์สลัก (Panic Hardware) กรณีที่ทางหนีไฟรองรับผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 50 คน อุปกรณ์การเปิดบานประตูของทางหนีไฟจะต้องเป็นชนิดบาร์สลักชนิดที่ใช้วิธีผลักไปตามทิศทางการอพยพ โดยความกว้างของบาร์สลักจะต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของบานประตู และติดตั้งที่ระดับไม่ต่ำกว่า 800 มิลลิเมตร แต่ไม่สูงกว่า 1200 มิลลิเมตร จากระดับพื้น ทั้งนี้แรงที่ใช้ในการผลักบาร์สลักตามแนวราบเพื่อให้เปิดประตูได้จะต้องไม่เกินกว่า 66 นิวตัน

ฉ. ประตูทางหนีไฟและประตูบนผนังทนไฟ ทุกบานจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่จะดึงหรือผลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดอย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติ (Self-Closing Device) ตลอดเวลาที่มีการใช้งาน

ช. ประตูแบบพิเศษอื่นๆ เช่น ประตูหมุน ประตูบานเลื่อน หรือประตูเปิดขึ้นบน ประตูเหล็กยึด ประตูบานเฟี้ยม จะใช้เป็นประตูทางหนีไฟที่ต้องมีอาคารไม่ได้



ภาพที่ 7 ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในบันได

#### 4.1.5 ทุยแจ กลอนหรือการล๊อคประตู

ก. ทุยแจหรือกลอนที่ใช้กับประตูในเส้นทางหนีไฟจะต้องเป็นทุยแจหรือกลอนที่สามารถเปิดออกได้จากภายในอาคาร หรือห้อง โดยไม่ต้องใช้กุญแจหรือวิธีการพิเศษ

ข. สำหรับประตูบันไดหนีไฟของอาคารสูง จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับการปลดล๊อคและเปิดประตูจากภายในบันไดให้ย้อนเข้าสู่อาคารได้ (re-entry) อย่างน้อยทุกๆ ระยะ 5 ชั้น รวมถึงประตูบันไดหนีไฟที่เปิดออกสู่ชั้นหลังคา โดยต้องทำเครื่องหมายให้ชัดเจนในบันไดและชั้นหลังคา จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับปลดล๊อคและเปิดประตูจากภายนอกให้ย้อนกลับเข้าสู่บันไดได้ ยกเว้น ประตูชั้นปล่อยออกที่ชั้นล่างหรือชั้นพื้นดินที่อาจไม่ปลดล๊อคจากบุคคลภายนอก ให้ล๊อคได้ แต่ต้องเปิดได้จากด้านใน

ค. อุปกรณ์ล็อกประตูบนเส้นทางหนีไฟต้องทำงาน สามารถเปิดออกได้ใน  
จังหวะเดียว

ง. อุปกรณ์ล็อกควบคุมการเข้าออก (Access Control Device) ที่จำเป็นต้อง  
ติดตั้งบนเส้นทางหนีไฟเพื่อรักษาความปลอดภัย จะต้องสามารถปลดล็อกได้ด้วยกลไกอย่างน้อย  
ดังนี้

- 1) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อกระแสไฟฟ้าดับ
- 2) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- 3) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณจากระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- 4) ปลดล็อกแบบใช้มือ (Manual) ด้วยอุปกรณ์ปลดล็อกที่ติดตั้งห่างจาก  
ประตูไม่เกิน 1.5 เมตร ด้านทิศทางหนีไฟ

## 4.2 บันได

บันไดภายในอาคารที่ใช้เป็นทางหนีไฟหรือส่วนประกอบของทางหนีไฟ ต้องกันแยก  
ออกจากส่วนอื่นของอาคารตามที่มาตรฐานกำหนด

### 4.2.1 ขนาดของบันได

ก. บันไดจะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

- 1) บันไดที่จะก่อสร้างใหม่ต้องมีขนาดเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 4
- 2) บันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้วสามารถใช้เป็นส่วนประกอบใน  
เส้นทางหนีไฟได้ ถ้ามีขนาดเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 บันไดที่จะก่อสร้างใหม่

| ลักษณะ                                                                                                                                             | ขนาด                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยที่สุดจากสิ่งกีดขวาง ยกเว้นแต่ว่า<br>เป็นสิ่งกีดขวางที่ยื่นออกมาไม่เกิน 110 มิลลิเมตร และ<br>สูงไม่เกินความสูงของราวจับแต่ละข้าง | 1100 มิลลิเมตร หรือ 900 มิลลิเมตร<br>ถ้าบันไดนั้นรองรับความจุของ<br>ผู้ใช้อาคารทั้งหมดทุกชั้นรวมกัน |
| ความสูงมากที่สุดของลูกตั้ง                                                                                                                         | 180 มิลลิเมตร                                                                                       |
| ความสูงน้อยที่สุดของลูกตั้ง                                                                                                                        | 100 มิลลิเมตร                                                                                       |
| ความลึกน้อยที่สุดของลูกนอน                                                                                                                         | 280 มิลลิเมตร                                                                                       |
| ความสูงน้อยที่สุดของเพดาน                                                                                                                          | 2000 มิลลิเมตร                                                                                      |
| ความสูงมากที่สุดระหว่างชานพักบันได<br>ชานพักบันได                                                                                                  | 3600 มิลลิเมตร<br>คู่มือชานพัก                                                                      |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

ตารางที่ 5 บันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว

| ลักษณะ                                                                                                                                             | ขนาด                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยที่สุดจากสิ่งกีดขวาง ยกเว้นแต่ว่า<br>เป็นสิ่งกีดขวางที่ยื่นออกมาไม่เกิน 110 มิลลิเมตร และ<br>สูงไม่เกินความสูงของราวจับแต่ละข้าง | 900 มิลลิเมตร                  |
| ความสูงมากที่สุดของลูกตั้ง                                                                                                                         | 200 มิลลิเมตร                  |
| ความลึกน้อยที่สุดของลูกนอน                                                                                                                         | 230 มิลลิเมตร                  |
| ความสูงน้อยที่สุดของเพดาน                                                                                                                          | 2000 มิลลิเมตร                 |
| ความสูงมากที่สุดระหว่างชานพักบันได<br>ชานพักบันได                                                                                                  | 3600 มิลลิเมตร<br>คู่มือชานพัก |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

ข. สำหรับอาคารอยู่อาศัย ยินยอมให้ใช้บันไดเวียนเป็นทางหนีไฟได้ โดยจะต้องเป็นบันไดที่มีความกว้างของลูกนอนไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร ที่แนววัดจากขอบนอกของบันไดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร และความกว้างของลูกนอนที่ส่วนแคบสุดจะต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

ค. ยินยอมให้ใช้บันไดโค้งเป็นทางหนีไฟได้ ถ้าบันไดนั้นมีขนาดลูกนอนไม่น้อยกว่า 250 มิลลิเมตร และรัศมีของความโค้งของบันไดที่ปลายด้านแคบของลูกนอนไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของความกว้างของตัวบันได

#### 4.2.2 ชานพักบันได

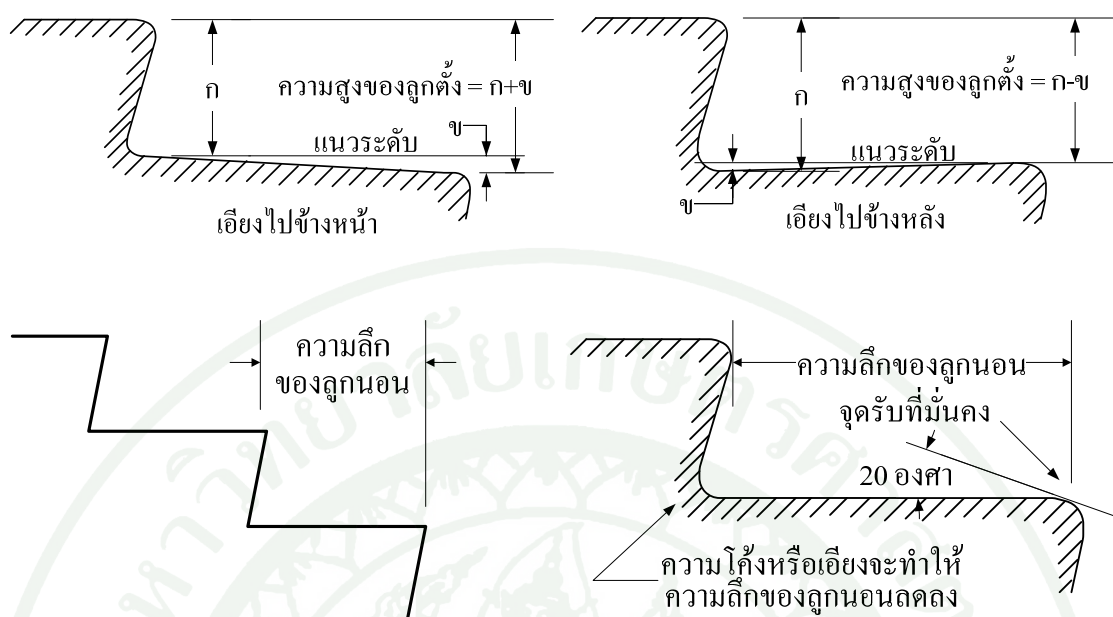
ก. บันไดต้องมีชานพักบันไดตรงตำแหน่งที่ประตูเปิดชานพัก

ข. บันไดต้องมีขนาดความกว้างในแนวทิศทางการหนีไฟ ไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบันได

ค. สำหรับบันไดซึ่งทอดตรง ขนาดความยาวของชานพักบันไดต้องไม่เกิน 1200 มิลลิเมตร ในทิศทางการอพยพหนีไฟ

4.2.3 ยินยอมให้ขึ้นบันไดและชานพักลาดเอียงได้ โดยต้องมีความลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 48 (20 มิลลิเมตรต่อเมตร)

4.2.4 การวัดความสูงของลูกตั้ง ให้วัดระยะห่างระหว่างจุกบันไดในแนวดิ่ง ส่วนการวัดความลึกของลูกนอนนั้น ให้วัดระยะห่างระหว่างส่วนของจุกขึ้นบันไดขึ้นบนที่ยื่นออกมามากที่สุดกับส่วนปลายของจุกขึ้นบันไดชั้นล่าง



ภาพที่ 8 การวัดขนาดลูกตั่งและลูกนอนของบันได

#### 4.2.5 ราวจับและราวกันตก

ก. บันไดและทางลาดจะต้องมีราวจับทั้ง 2 ด้าน โดยไม่ถือว่าราวกันตกเป็นราวจับ ถ้าบันไคมีความกว้างเกินกว่า 1.8 เมตร จะต้องเพิ่มราวจับช่องกลางด้วย และระยะห่างของราวจับจะต้องไม่เกินกว่า 0.9 เมตร

ข้อยกเว้น บันไดซึ่งมีขนาดความกว้างไม่เกินกว่า 1.2 เมตร หรือเป็นบันไดที่ใช้ในอาคารอยู่อาศัย ราวจับของบันไดที่กล่าวแล้วอาจมีเพียงด้านใดด้านหนึ่งได้ และให้เป็นราวจับ ตัวจับในบันได

ข. ราวจับจะต้องไม่ติดตั้งต่ำกว่าระดับ 0.85 เมตร และไม่สูงเกิน 0.95 เมตร วัดตามแนวตั้งจากจมูกบันได กรณีราวจับติดตั้งต่ำกว่าระดับ 0.95 เมตร จะต้องมีราวกันตกต่างหาก

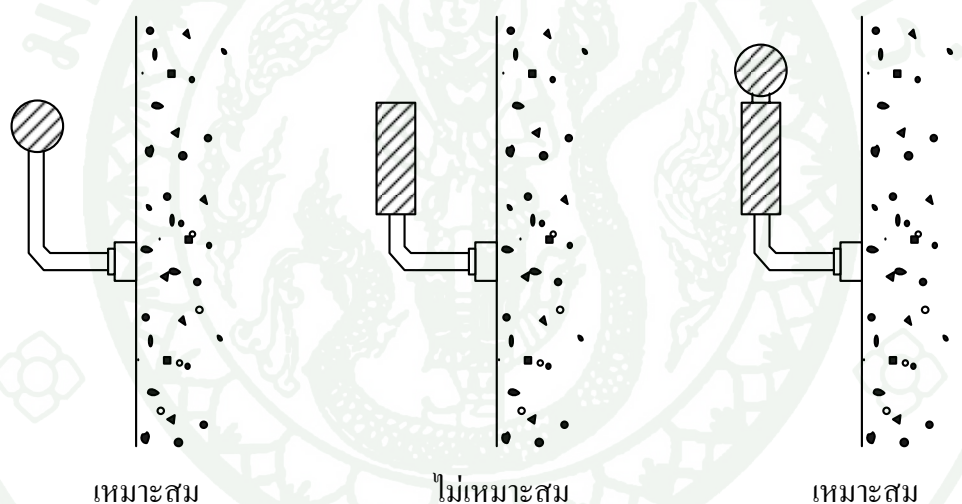
ค. ราวจับต้องต่อเนื่องตลอดความยาวของบันได และราวจับตัวในต้องหักเลี้ยวที่ชานพัก ส่วนราวจับตัวนอกให้ยื่นเข้ามาในชานพักเท่ากับความลึกของลูกนอนแล้วหักเลี้ยวปลายราวจับเข้าหาผนังบันได ดังแสดงในภาพที่ 10

ง. ราวจับจะต้องมีระยะห่างจากผนังด้านที่เชื่อมต่อติดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร

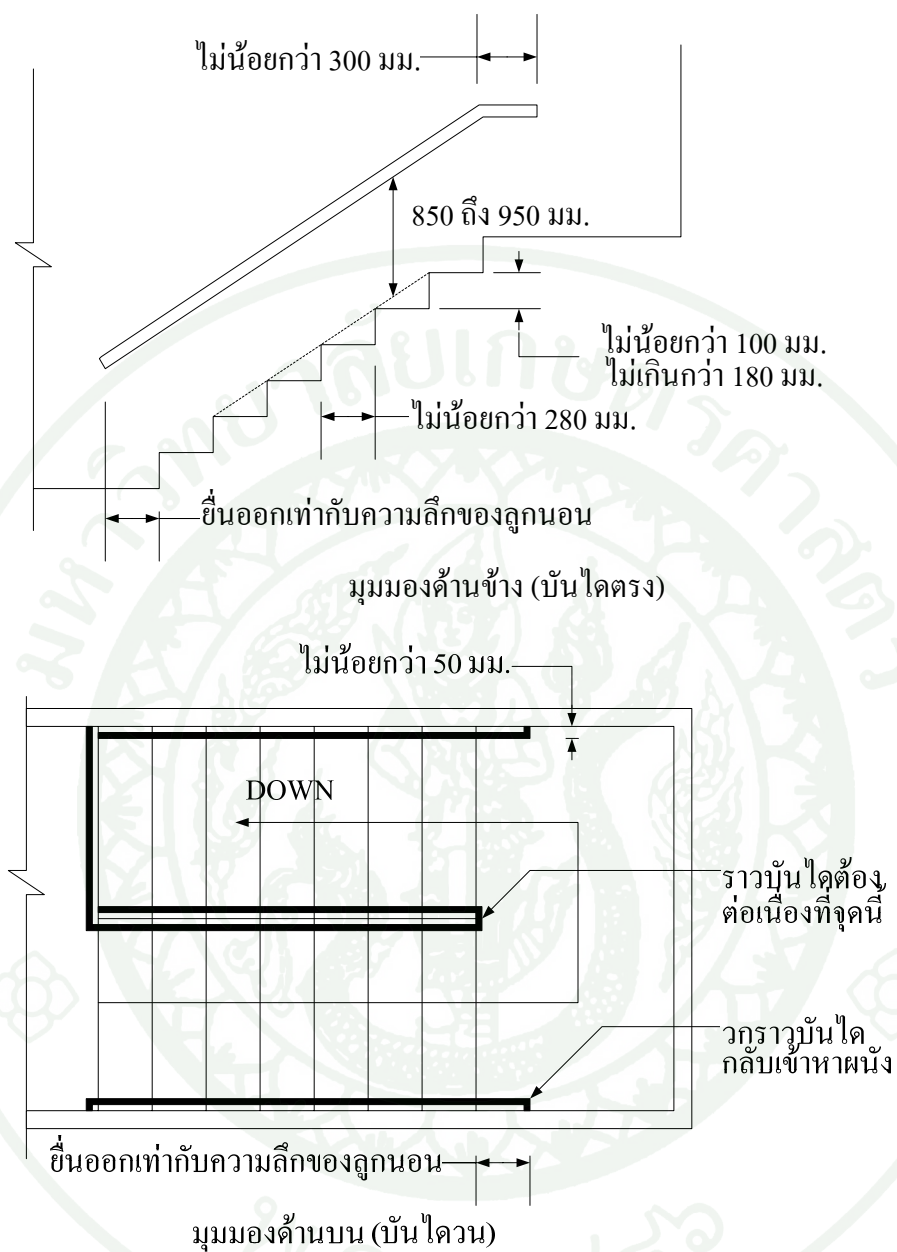
จ. ราวจับของบันไดที่เหมาะสม ต้องมีรูปแบบและขนาดที่คนทั่วไปสามารถใช้มือกำได้พอดี โดยต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 30-50 มิลลิเมตร

ฉ. ราวกันตกจะต้องติดตั้งด้านที่มีความต่างระดับกัน ซึ่งต่ำมากกว่า 800 มิลลิเมตร โดยราวกันตกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 1100 มิลลิเมตร

ช. ช่องใต้ราวกันตกต้องป้องกันการพลัดหล่นของคนและวัตถุใดๆ ได้ จากอุบัติเหตุโดยเป็นผนังทึบหรือช่องที่ไม่ใหญ่เกิน 100 มิลลิเมตร



ภาพที่ 9 แบบของราวจับ



ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งราวจับ

#### 4.2.6 ป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดหนีไฟ

## บันไดทิศเหนือ ชั้น



บันไดเชื่อมต่อกับชั้นใต้ดินถึงชั้นที่ 24



ไม่เปิดส่ื่อดาดฟ้า

ลงไปยังชั้นที่ 1

เพื่อออกสู่ภายนอกอาคาร

ภาพที่ 11 ตัวอย่างป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดหนีไฟ

ก. บันไดหนีไฟที่เชื่อมต่อตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป ต้องจัดให้มีป้ายสัญลักษณ์ภายในบันได ติดที่ทุกชันพักทางเข้าสู่บันได โดยระบุถึงชั้นปลายทางด้านบนและด้านล่างของบันได รายละเอียดต่างๆ ของบันได พร้อมทั้งทิศทางไปสู่ทางปล่อยออก และต้องติดตั้งให้ป้ายสัญลักษณ์อยู่สูงจากพื้นของชันพักบันไดประมาณ 1.5 เมตร ในตำแหน่งที่เห็นได้ทั้งในขณะที่เปิดหรือปิดประตู

ข. ตัวอักษรบรรยายรายละเอียดของบันไดหรือชื่อบันได ต้องอยู่ด้านบนสุดของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

ค. ถ้ำบันไดนั้นมีทางเข้าสู่ศาลาต้องมีข้อความที่เขียนว่า “มีทางเข้าสู่ศาลา” หรือถ้ำบันไดนั้นมีทางเข้าสู่ศาลาต้องมีข้อความที่เขียนว่า “ไม่มีทางเข้าสู่ศาลา” อยู่ที่ตำแหน่งใต้ตัวอักษรบรรยายรายละเอียดของบันได โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

ง. ตัวเลขระบุชั้นต้องอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 125 มิลลิเมตร ส่วนในชั้นลอยต้องมีตัวอักษร “M” หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมนำหน้านั้น และในชั้นใต้ดินต้องมีตัวอักษร “B” หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมนำหน้านั้น

จ. ตัวอักษรที่ระบุถึงปลายทางของด้านบนและด้านล่างของบันไดต้องอยู่ด้านล่างสุดของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

#### 4.2.7 ข้อกำหนดพิเศษสำหรับบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร

ก. ถ้าได้รับยินยอมจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้ว บันไดหนีไฟภายนอกอาคารสามารถที่จะอพยพผู้ใช้อาคารสู่ชั้นศาลาหรือส่วนอื่นของอาคารหรืออาคารข้างเคียงได้ เมื่อมีเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัย สามารถทนไฟได้และมีเส้นทางต่อเนื่องจากชั้นศาลาจนถึงทางสาธารณะที่ระดับพื้นดิน

ข. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารที่เชื่อมต่อมากกว่า 3 ชั้น ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่บดบังการมองเห็น เพื่อให้ไม่ให้ผู้ใช้อาคารที่กลัวความสูงหวาดกลัว โดยอุปกรณ์นั้นต้องสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร

ค. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารต้องถูกกั้นแยกออกจากตัวอาคาร ด้วยอัตราการทนไฟเท่ากับอัตราการทนไฟของบันไดหนีไฟภายในอาคาร และต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเอง ยกเว้นแต่ว่าเป็นไปหลักเกณฑ์ดังนี้

1) สำหรับระเบียบภายนอกอาคารที่ใช้เป็นทางไปสู่ทางหนีไฟและมีบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร 2 บันไดที่อยู่ห่างจากกันเชื่อมต่อกัน ไม่ต้องกั้นแยกบันไดหนีไฟภายนอกอาคารนั้นออกจากตัวอาคาร

2) บันไดหนีไฟภายนอกอาคารที่เชื่อมต่อชั้นที่อยู่ติดกันไม่เกิน 2 ชั้น โดยนับรวมชั้นที่เป็นทางปล่อยออกด้วย ไม่ต้องกันแยกบันไดหนีไฟภายนอกอาคารออกจากตัวอาคาร ถ้ามีทางหนีไฟอีกทางที่อยู่ห่างออกไป

3) สำหรับอาคารเดิม ถ้าบันไดหนีไฟภายนอกอาคารเชื่อมต่อชั้นที่อยู่ติดกันไม่เกิน 3 ชั้น โดยนับรวมชั้นที่เป็นทางปล่อยออกด้วย ไม่ต้องกันแยกบันไดภายนอกอาคารออกจากตัวอาคาร ถ้ามีทางหนีไฟอีกทางที่อยู่ห่างออกไป

4) สำหรับอาคารเดิมที่ติดตั้งระบบหัวจ่ายน้ำดับเพลิง ไม่ต้องกันแยกบันไดหนีไฟภายนอกอาคารออกจากตัวอาคาร

ง. ผนังที่กันแยกบันไดหนีไฟภายนอกอาคารออกจากตัวอาคารตามที่ระบุในข้อกำหนดที่ ก ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้

1) ในแนวตั้ง ต้องกันแยกตั้งแต่ระดับพื้นจนถึงระดับ 3 เมตร นับจากชานพักบันไดที่อยู่สูงที่สุด หรือถึงระดับแนวหลังคา แล้วแต่ว่าระดับใดต่ำกว่า

2) ในแนวระดับ ต้องกันแยกเป็นระยะไม่น้อยกว่า 3 เมตร นับจากริมสุดแต่ละด้านของบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร

จ. สำหรับบันไดหนีไฟภายนอกอาคารและชานพักบันไดที่จะก่อสร้างใหม่ ต้องออกแบบมาให้พื้นผิวของบันไดและชานพักบันได มีการสะสมของน้ำหนักล้นน้อยที่สุด

ฉ. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ ด้านหนึ่งของบันไดต้องเปิดโล่งตลอดเวลาไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 เพื่อให้มีการสะสมตัวของควันไฟ ไม่อนุญาตใช้หน้าต่างที่สามารถปิดได้เป็นช่องเปิดโล่ง

### 4.3 ทางลาด

#### 4.3.1 ทางลาดต้องมีขนาดเป็นไปตามดังนี้

ก. ทางลาดที่จะก่อสร้างใหม่ต้องเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 6

ข. ทางลาดที่ก่อสร้างใช้งานแล้วสามารถใช้งานต่อไปได้ หรือทำการปรับปรุงใหม่ได้ แต่ต้องเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 7 ยกเว้นแต่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

1) ทางลาดที่ก่อสร้างใช้งานและได้รับการรับรองก่อนหน้านี้แล้วที่ลาดเอียงน้อยกว่า 1 ต่อ 6 ยินยอม ให้ใช้งานต่อไปได้

2) ทางลาดที่ก่อสร้างใช้งานแล้วที่ลาดเอียงน้อยกว่า 1 ต่อ 10 ไม่ต้องมี

ชนพัก

#### 4.3.2 การก่อสร้างทางลาดต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทั้งหมด ดังนี้

ก. ทางลาดทุกทางที่เป็นส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟต้องทำการก่อสร้างอย่างถาวร และยึดติดอยู่กับที่

ข. พื้นของทางลาดและชนพักต้องแข็งและไม่มีรู

ค. ทางลาดต้องมีชนพักที่ตำแหน่งบนสุดของทางลาด ตำแหน่งต่ำสุดของทางลาดและตำแหน่งประตูเปิดเข้าสู่ทางลาด

ง. ชนพักต้องมีความลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 48

จ. ทุกชนพักต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างของทางลาด

จ. ทุกซ่านพักต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 1500 มิลลิเมตร ตามทิศทางการเดิน ยกเว้นแต่ว่าเป็นซ่านพักในทางลาดที่ก่อสร้างใช้งานแล้วและได้รับการรับรองจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

ข. การเปลี่ยนแปลงทิศทางการเดินบนทางลาดต้องมีซ่านพัก ยกเว้นแต่เป็นทางลาดที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว

ค. ทางลาดและซ่านพักตรงกลางทางลาดต้องต่อเนื่องและความกว้างต้องไม่ลดลงตลอดแนวทิศทางการเดิน

#### 4.3.3 ราวจับและราวกันตกบนทางลาดต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

ก. ราวจับและราวกันตกในทางลาดให้เป็นไปตามที่ระบุในเรื่องราวจับและราวกันตกและต้องสูงไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

ข. ความสูงของราวจับต้องวัดในแนวตั้งจากระดับผิวทางลาดที่ราวจับติดตั้งอยู่ ถึงส่วนบนสุดของราวจับ

#### ตารางที่ 6 ทางลาดที่จะก่อสร้างใหม่

| ลักษณะ                                                                                                                               | ขนาด           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยสุด ไม่รวมสิ่งกีดขวาง ยกเว้น ส่วนยื่นที่มีขนาดไม่เกิน 110 มิลลิเมตรและมีความสูงไม่เกินความสูงของรวมทางลาดแต่ละข้าง | 1100 มิลลิเมตร |
| ความชันมากที่สุด                                                                                                                     | 1 ต่อ 12       |
| ความสูงมากที่สุดสำหรับทางลาดแต่ละทาง (Single flight)                                                                                 | 760 มิลลิเมตร  |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

## ตารางที่ 7 ทางลาดที่จะก่อสร้างเสร็จแล้ว

| ลักษณะ                        | ขนาด          |
|-------------------------------|---------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยสุด         | 760 มิลลิเมตร |
| ความชันมากที่สุด              | 1 ต่อ 8       |
| ความสูงมากที่สุดระหว่างชานพัก | 3 มิลลิเมตร   |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล ประจำปี 2547-25450 (2550)

### 4.3.4 ทางลาดภายนอกอาคารต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทั้งหมด ดังนี้

ก. ทางลาดภายนอกอาคารที่สูงมากกว่า 3 ชั้น ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่บดบังการมองเห็น เพื่อให้ผู้ใช้งานที่กลัวความสูงหวาดกลัว โดยอุปกรณ์นั้นต้องสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1200 มิลลิเมตร

ข. ทางลาดและชานพักภายนอกอาคารต้องถูกออกแบบมาให้พื้นผิวของทางลาดและชานพัก มีการสะสมของน้ำน้อยที่สุด

## 4.4 บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลม

4.4.1 สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ไม่รับบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลม (Fire Escape Stair) เป็นส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟ

4.4.2 สำหรับอาคารเดิมที่มีจำนวนเส้นทางหนีไฟไม่เพียงพอ และถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นระบุว่าไม่สามารถสร้างบันไดหนีไฟภายนอกอาคารได้ ยินยอมให้ใช้บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมเป็นส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟได้ แต่ต้องมีจำนวนไม่เกินกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นทางหนีไฟที่ต้องการ

4.4.3 ยินยอมให้ใช้บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมได้ทั้งแบบตรงหรือแบบวน ใช้ได้ทั้งแบบขนานและแบบตั้งฉากกับอาคาร และใช้ได้ทั้งแบบที่ติดอยู่กับอาคารหรือสร้างขึ้นอิสระจากอาคาร

4.4.4 ในบริเวณบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลม ต้องมีช่องเปิดที่เกิดจากบันไดและหน้าต่างให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และช่องเปิดแต่ละช่องต้องป้องกันด้วยชุดประตูล็อกหรือหน้าต่างทนไฟที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ถ้าช่องเปิดหรือส่วนของช่องเปิดอยู่ในตำแหน่ง ดังนี้

ก. อยู่ห่างจากส่วนประกอบต่างๆ ของบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมในระยะไม่เกิน 4.5 เมตร ตามแนวระดับ

ข. อยู่ด้านบนหรือด้านล่างส่วนประกอบต่างๆ ของบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมในระยะไม่เกิน 10 เมตร หรือเท่ากับความสูง 3 ชั้นของอาคาร

4.4.5 ยินยอมให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นดัดแปลงข้อ 6.6.4 ได้ ถ้าอาคารนั้นติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงหรือถ้าวัสดุภายในอาคารเป็นประเภทอันตรายต่ำหรือปานกลาง หรือมีเงื่อนไขอื่นๆ

4.4.6 การเข้าสู่บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลม ต้องเข้าด้วยประตูหรือหน้าต่างที่มีขนาดความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร และความสูงสุทธิไม่น้อยกว่า 1.9 เมตร และในกรณีที่เข้าทางหน้าต่าง วงกบด้านล่างต้องอยู่สูงจากพื้นไม่เกิน 0.3 เมตร ในกรณีที่วงกบด้านล่างสูงจากพื้นเกิน 0.3 เมตร ต้องทำขั้นบันได ยกเว้นแต่ว่าบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมนั้นรองรับผู้ใช้อาคารไม่เกิน 10 คน ยินยอมให้เข้าทางหน้าต่างอย่างเดียวได้ โดยหน้าต่างนั้นต้องขนาดความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 0.4 ตารางเมตร

4.4.7 ถ้าทางเข้าสู่บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมผ่านทางหน้าต่างแล้วหน้าต่างนั้นต้องได้รับการบำรุงรักษาให้สามารถเปิดได้โดยง่าย

4.4.8 ต้องต่อขยายบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมไปยังชั้นดาดฟ้า ถ้าบนชั้นดาดฟ้านั้นมีผู้ใช้อาคารอาศัยอยู่ หรือจัดเตรียมให้ชั้นดาดฟ้า เป็นพื้นที่ปลอดภัย

4.4.9 รายละเอียดของบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลม

ก. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมต้องเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 8 หรือ 9

ข. พื้นผิวของขั้นบันไดและชานพักของบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมต้องมีการป้องกันการลื่นไถล

ค. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมต้องติดตั้งราวกันตกและราวจับทั้งสองข้าง ตามที่ระบุในข้อ 6.2.5

ง. บันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมที่รองรับผู้ใช้อาคารมากกว่า 10 คน ต้องติดตั้งอุปกรณ์บดบังการมองเห็น (Visual enclosure) เพื่อไม่ให้ผู้ใช้งานที่กลัวความสูงหวาดกลัว โดยถ้าบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมเชื่อมต่อเกินกว่า 3 ชั้น อุปกรณ์บดบังการมองเห็นต้องสูงไม่น้อยกว่า 1 เมตร

จ. ทุกส่วนประกอบของบันไดหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมต้องทำมาจากวัสดุที่ไม่ลุกติดไฟ

ตารางที่ 8 บ้านไคหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมที่รองรับผู้ใช้อาคารมากกว่า 10 คน

| ลักษณะ                                              | ขนาด                                                                 |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยที่สุด วัตรหว่างราวบันได          | 560 มิลลิเมตร                                                        |
| ความสูงมากที่สุดของลูกตั้ง                          | 230 มิลลิเมตร                                                        |
| ความลึกน้อยสุดของลูกนอนไม่นับจุมุกบันไดที่ยื่นออกมา | 230 มิลลิเมตร                                                        |
| ความสูงน้อยสุด                                      | 2000 มิลลิเมตร                                                       |
| ความสูงมากที่สุดระหว่างแกนพักบันได                  | 3600 มิลลิเมตร                                                       |
| แกนพักบันได                                         | ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างสุทธิน้อยที่สุด วัตรหว่างราวบันได |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

ตารางที่ 9 บ้านไคหนีไฟภายนอกอาคารแบบอนุโลมที่รองรับผู้ใช้อาคารไม่เกิน 10 คน

| ลักษณะ                                              | ขนาด                                                                 |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ความกว้างสุทธิน้อยที่สุด วัตรหว่างราวบันได          | 450 มิลลิเมตร                                                        |
| ความสูงมากที่สุดของลูกตั้ง                          | 300 มิลลิเมตร                                                        |
| ความลึกน้อยสุดของลูกนอนไม่นับจุมุกบันไดที่ยื่นออกมา | 150 มิลลิเมตร                                                        |
| ความสูงน้อยสุด                                      | 2000 มิลลิเมตร                                                       |
| ความสูงมากที่สุดระหว่างแกนพักบันได                  | 3600 มิลลิเมตร                                                       |
| แกนพักบันได                                         | ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างสุทธิน้อยที่สุด วัตรหว่างราวบันได |

ที่มา: คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450 (2550)

## การคำนวณเวลาในการอพยพ

### 1. ส่วนประกอบของเวลาในการอพยพหนีไฟ

Fahy (2003) กล่าวว่า ระยะเวลาในการอพยพสำหรับแต่ละบุคคลเป็นช่วงของเวลาทั้งหมด เริ่มตั้งแต่เกิดการลุกไหม้จนกระทั่งคนเริ่มอพยพออกจากอาคารไปสู่จุดที่ปลอดภัย จะประกอบด้วย 4 ส่วนเวลา คือ เวลาที่เกิดเพลิงไหม้จนมีการแจ้งเตือน (Time to Notification) เวลาที่เซนเซอร์จับได้ และมีการแจ้งเตือนจนกระทั่งคนรู้สึกตัว (Reaction Time) เวลาที่คนรู้สึกตัวและเริ่มจะทำการหนี (Pre-evacuation Time) และเวลาที่คนเริ่มอพยพจนกระทั่งไปอยู่ในจุดที่ปลอดภัย (Travel or Movement Time) ซึ่งใน 3 ส่วนแรกเรียกรวมกันว่า ช่วงหน่วงเวลา (Delay Time) หรือ ช่วงเวลาก่อนการอพยพ (Pre-movement Time) ค่าที่ได้นั้นได้มาจากการเก็บข้อมูลไม่สามารถคำนวณได้ ดังตัวอย่างในตารางผนวกที่ 1 ส่วนเวลาที่คนเริ่มอพยพจนกระทั่งไปอยู่ในจุดที่ปลอดภัยนั้น ค่าที่ได้มาจากการคำนวณ และสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

เวลาการอพยพทั้งหมด = ช่วงหน่วงเวลา + ช่วงเวลาที่คนเริ่มอพยพจนกระทั่งไปอยู่ในจุดที่ปลอดภัย

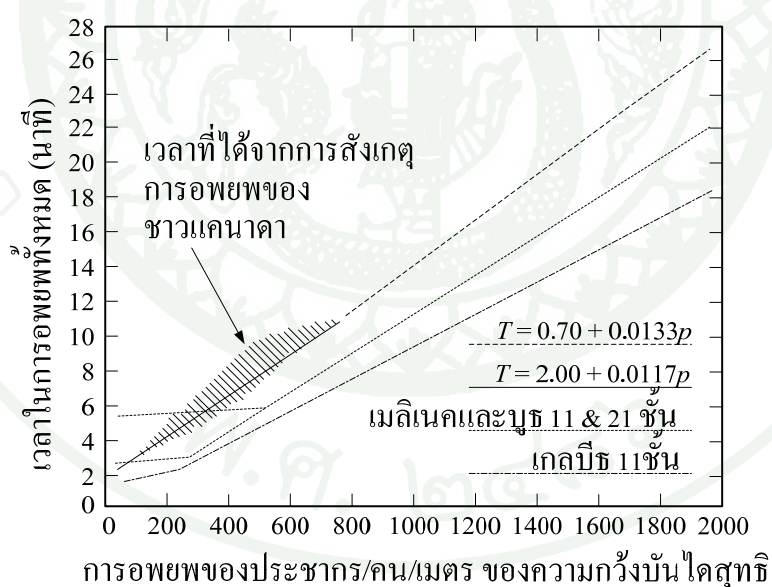
การคำนวณเวลาการเดินทางแบบคนคนเดียวเป็นวิธีที่ดีพอใช้และตรงไปตรงมาสำหรับการคำนวณเวลา ซึ่งเวลาของการเดินทางจะเป็นผลของระยะทางที่เดินและความเร็วในการเดิน ในการคำนวณเวลาการเดินทางของกลุ่มคนตามสถานที่อยู่จะซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยองค์ประกอบของการเคลื่อนไหวกของกลุ่มคนจะประกอบไปด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ความหนาแน่นของกลุ่มคน ความเร็วในการเคลื่อนที่และการไหล โดยความหนาแน่นของกลุ่มคนจะแทนด้วยจำนวนบุคคลต่อหน่วยพื้นที่ เช่น มีความหนาแน่น 2.0 คน/ตารางเมตร นอกจากนี้ความหนาแน่นยังสามารถอธิบายได้ในรูปพื้นที่ต่อคนได้อีกด้วย ส่วนความเร็วคืออัตราการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของผู้อาศัยสถานที่นั้นต่อเวลา ซึ่งมักจะมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที และการไหลคืออัตราที่ผู้คนเคลื่อนที่ผ่านจุดที่กำหนดไว้ต่อหน่วยของเวลา ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของทั้งสามองค์ประกอบนี้ได้ดังนี้

อัตราการไหล = ความเร็ว x ความหนาแน่น x ความกว้าง

เนื่องจากว่า ความเร็วเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่น กล่าวคือ หากมีคนหนาแน่นการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนก็จะช้าตามไปด้วย แต่การไหลและความหนาแน่นยังมีความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนมากกว่านั้น โดย ที่ที่มีความหนาแน่นต่ำ ก็อาจจะมีอัตราของการไหลน้อยได้ อัตราการไหลที่ดีที่สุดจะมีความหนาแน่นเท่ากับ 2 คนต่อตารางเมตร ซึ่งมีที่มาจากหนังสือคู่มือของวิศวกรรมการป้องกันอัคคีภัย

มีวิธีการคำนวณเวลาในการผ่านทางออกต่างๆ มากมายหลายแบบ เช่น การไหลผ่านประตูหรือเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ ความเร็วในการเดินสามารถคำนวณหรือสามารถใช้เป็นแบบจำลองในการคำนวณเวลาการอพยพได้ ซึ่งวิธีเหล่านี้ก็ง่ายพอที่จะสามารถคำนวณได้ด้วยมือ หรือสามารถคำนวณได้ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะรวบรวมปัจจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมอื่น ๆ นำมาใช้ในการคำนวณ

## 2. สมการเวลาการอพยพที่เคยได้มีการศึกษาไว้



ภาพที่ 12 การทำนายและผลจากการสังเกตเวลาการอพยพออกจากอาคารสำนักงานสูง

จากภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบเวลาการอพยพสำหรับอาคารสูง เพื่อใช้ทำนายเวลาของการอพยพออกจากอาคาร ซึ่งข้อมูลที่พล็อตได้มาจากเครื่องวัดการอพยพออกจากอาคารของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 8 ถึง ชั้นที่ 21 พล็อตสังเกตพบว่า อาคารที่มีผู้อาศัยไม่มากเวลาการอพยพ

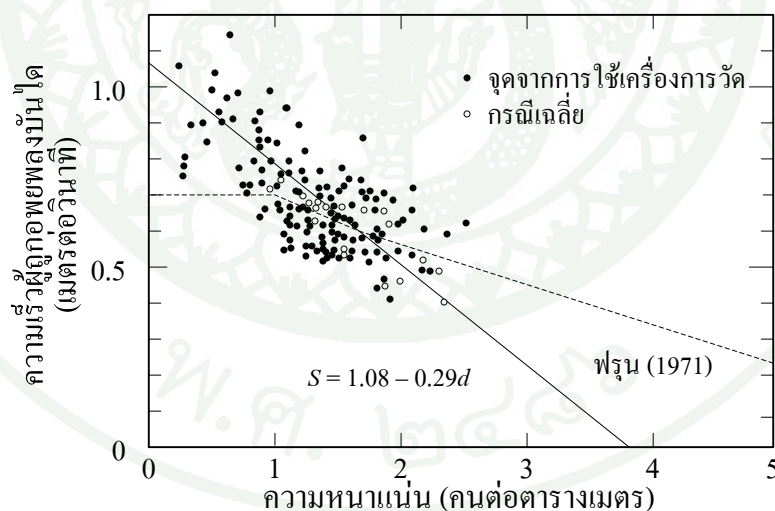
จะประมาณ 10 วินาทีต่อชั้น ส่วนอาคารที่มีผู้อาศัยมากเวลาการอพยพจะประมาณ 20 วินาทีต่อชั้น ซึ่งเขานำมาสร้างเป็นสมการของเวลาการอพยพสมการที่ 1 ได้ดังนี้

$$T = 0.70 + 0.0133p$$

โดยที่สมการนี้จะสามารถนำไปใช้ทำนายเวลาการอพยพกับอาคารที่มีประชากรไม่เกิน 800 คนต่อความกว้างของบันไดสุทธิ โดยที่  $T$  คือ เวลาน้อยที่สุดที่ใช้ในการอพยพ โดยชนิดและขนาดของบันไดจะไม่ใช่ตัวแปร และ  $p$  คือประชากรที่อพยพจริงต่อหน่วยความกว้างขั้นบันไดสุทธิ

ซึ่งพอลล์สได้ให้คำนิยามของความกว้างขั้นบันไดสุทธิไว้ว่า ความกว้างสุทธิของขั้นบันไดคิดจากความกว้างทั้งหมดจากผนังถึงผนังหักลบความกว้างของส่วนยื่นที่ยื่นออกมา และสามารถสร้างเป็นสมการที่ 2 จากภาพที่ 12 ได้ดังนี้

$$T = 2.00 + 0.0117p$$



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นบนขั้นบันไดในการอพยพที่ไม่มีการควบคุม

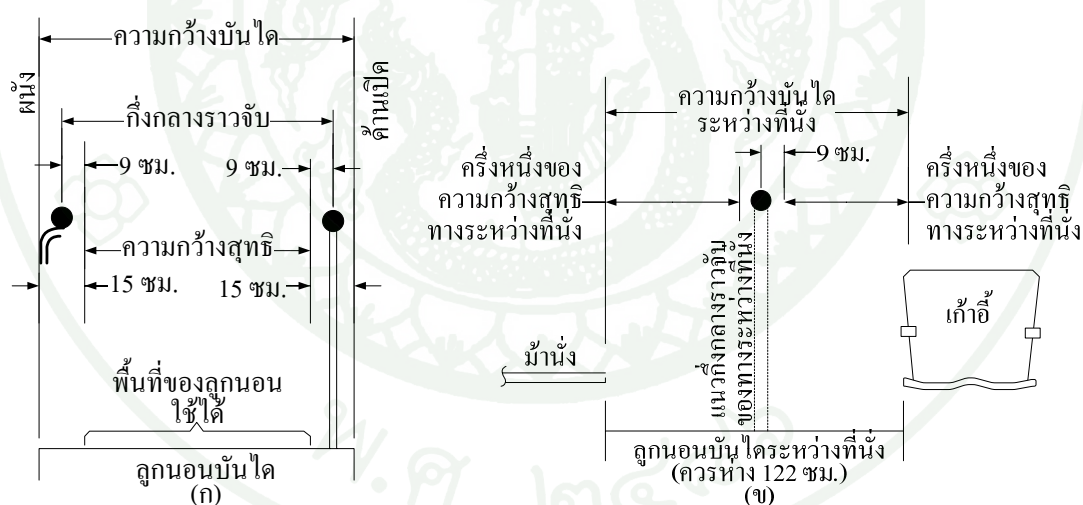
ซึ่งสมการนี้จะใช้กับจำนวนประชากรต่อหน่วยความกว้างขั้นบันไดสุทธิที่น้อยกว่า 800 คน พอลล์สยังตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการอพยพและความหนาแน่นบน

ชั้นบันไดระหว่างการอพยพโดยไม่ได้ควบคุมปัจจัยต่างๆ ดังแสดงผลในภาพที่ 13 ซึ่งการเคลื่อนที่ในการอพยพนั้นจะต้องอยู่ในแนวตั้งและมีทิศทางลงด้านล่าง

### 3. การคำนวณการไหล

การคะแนนของเวลาการอพยพที่ใช้ชุดข้อมูลที่สัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองและสังเกต เพื่อใช้ในการประมาณการไหลของคน จากภาพที่ 12 เป็นการแสดงแบบอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและสมการที่ได้มา ซึ่งสมการและความสัมพันธ์ที่แสดงไว้สามารถสมการนั้นมาใช้ได้อย่างเดียว ๆ หรืออาจนำมาใช้รวมกัน เพื่อแก้ปัญหาคารอพยพที่ซับซ้อน

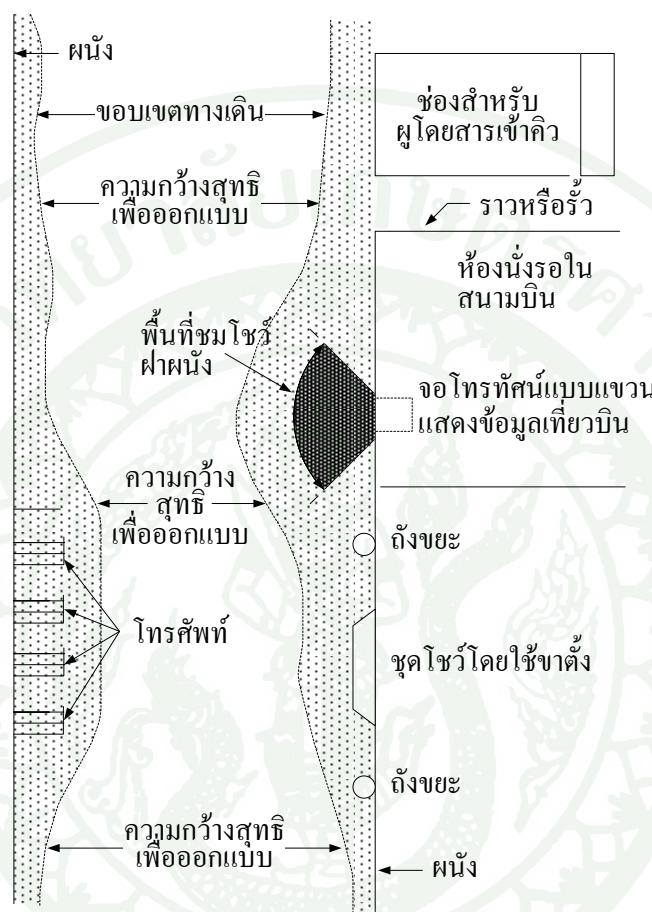
ความกว้างสุทธิ (Effective Width,  $W_e$ ) คือ ระยะห่างระหว่างแนวขอบเขตกำแพงกับสิ่งกีดขวางที่ตั้งอยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของคนไปยังเส้นทางออก โดยระยะห่างระหว่างนี้จะต้องมีเพียงพอสำหรับการแกว่งแขนหรือร่างกายด้านข้างเพื่อพยุงสมดุลของร่างกายในขณะที่เคลื่อนที่



ภาพที่ 14 รูปแบบการวัดความกว้างสุทธิของชั้นบันไดที่สัมพันธ์กับกำแพง, ราวจับและที่นั่ง

การอธิบายปรากฏการณ์การเคลื่อนไหวของฝูงชนถูกค้นพบในงานเขียนของพอลัส, ฟรูน และฮาบีชท์ และ บราคสมา ซึ่งใช้ในการอธิบายความกว้างของเส้นทางออกก็คือ ความกว้างทั้งหมดของเส้นทางออกหักออกด้วยแนวขอบเขต ภาพที่ 14 และภาพที่ 15 แสดงให้เห็นถึงความกว้างสุทธิและแนวขอบเขต โดยตารางที่ 10 คือการแสดงรายการของความกว้างแนวขอบเขต ความ

กว้างสุทธิของส่วนใด ๆ ของเส้นทางออกคือความกว้างทั้งหมดของส่วนนั้น ๆ ของเส้นทางออกหักออกด้วยแนวขอบเขต



ภาพที่ 15 ความกว้างสุทธิของโถงทางเดินสาธารณะ

ความกว้างทั้งหมดวัดได้จาก

1. วัดจากกำแพงถึงกำแพงในโถงทางเดินหรือทางเดินระหว่างอาคาร
2. วัดจากความกว้างของลูกนอนของบันได
3. วัดจากความกว้างตามจริงของประตูในตำแหน่งเปิด

4. วัดจากช่องว่างระหว่างที่นั่งตามทางเดินระหว่างที่นั่งในที่ชุมนุมคน
5. วัดจากช่องว่างระหว่างส่วนที่ยืนมากที่สุดของที่นั่ง (เมื่อไม่มีการนั่ง) ในแถวบนของที่นั่งในที่ชุมนุมคน

ส่วนยื่นของราวจับได้รับการพิจารณาโดยเปรียบเทียบความกว้างสุทธิโดยปราศจากราวจับ และความกว้างสุทธิโดยใช้ความกว้างทั้งหมดจากแนวขอบเขตของราวจับ ซึ่งจะใช้ค่าความกว้างสุทธิที่เล็กกว่าในการคำนวณ โดยใช้ค่าในตารางที่ 10 สำหรับราวจับที่ยื่นออกมามากกว่า 6 เซนติเมตรเท่านั้นจึงจะใช้ได้ โดยร่างกายส่วนอื่นที่สูงกว่าและต่ำกว่าส่วนยื่น เช่น อุปกรณ์เตือนภัย ก็จะคิดในลักษณะเดียวกับราวจับ ที่ซึ่งเส้นทางออกไม่ว่าจะกว้างกว่าหรือแคบกว่า ก็จะอยู่ที่ความกว้างทั้งหมดเท่านั้น

**ตารางที่ 10** ความกว้างของแนวขอบเขต

| ประเภททางออก                        | แนวขอบเขต |           |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                     | นิ้ว      | เซนติเมตร |
| บันได - ผนังหรือด้านข้างของลูกนอน   | 6         | 15        |
| ราว, ราวจับ <sup>1</sup>            | 3.5       | 9         |
| เก้าอี้ในโรงหนัง, ม้านั่งในสนามกีฬา | 0         | 0         |
| โถงทางเดิน, ทางลาด                  | 8         | 20        |
| สิ่งกีดขวางใด ๆ                     | 4         | 10        |
| ทางเข้าออก                          | จนถึง 18  | 46        |
| ประตู, ชั่วทางลอด                   | 6         | 15        |

**หมายเหตุ ก :** ค่าของราวจับจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อระยะราวจับน้อยกว่าความกว้างสุทธิ

**ที่มา:** Fahy (2003)

ความหนาแน่น (Density : D) ความหนาแน่นเป็นการวัดระดับของการเบียดเสียดขัดแย้งกันของการอพยพ ซึ่งคิดเทียบในรูปคนต่อหน่วยพื้นที่ ในการคำนวณเรื่องนี้ความหนาแน่นจะมีหน่วยเป็นคนต่อตารางฟุต (หรือคนต่อตารางเมตร)

ถ้าประชากรที่อพยพมีอย่างกระจัดกระจายไม่หนาแน่น ในการคำนวณเวลา ของการเดินทางไปยังทางออก สามารถคำนวณได้ที่ละชั้น ๆ โดยความหนาแน่นของเส้นทางออกขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่เข้าสู่เส้นทางลบด้วยคนที่ผ่านเส้นทางนั้น

ความเร็วในการเดินออกของแต่ละบุคคล (Speed of Exiting Individuals : S) ความเร็วในการอพยพออกของกลุ่มเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่นของประชากร ซึ่งความสัมพันธ์นี้ได้มาจาก ฟรุณ, พอลส์และเพรคเทเชนสกี และมีลินสกี

ถ้าความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่า 0.05 คนต่อตารางฟุต (0.54 คนต่อตารางเมตร) ของเส้นทางออก (20 ตารางฟุตต่อคน; 1.85 ตารางเมตรต่อคน) โดยแต่ละคนจะเคลื่อนที่ด้วยก้าวเดินของตนเองและจะมีความเร็วเป็นอิสระจากคนอื่น ๆ ถ้าความหนาแน่นของประชากรมากกว่า 0.35 คนต่อตารางฟุต (3.8 คนต่อตารางเมตร) ก็จะไม่มีการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น จนกระทั่งความหนาแน่นของฝูงชนลดลงมากพอ ฝูงชนก็จะเคลื่อนผ่านจุดนี้ไปได้

การจำกัดความหนาแน่นของคนอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.35 คนต่อตารางฟุต (0.54 ถึง 3.8 คนต่อตารางเมตร) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นสามารถแสดงได้ในรูปของสมการเชิงเส้นดังนี้

$$S = k - akD \quad (1)$$

โดยที่

$S$  คือ ความเร็วตลอดการเดินทาง

$D$  คือ ความหนาแน่น (คนต่อหน่วยพื้นที่)

$k$  คือ ค่าคงที่ ดังในตารางที่ 11 ที่ซึ่ง

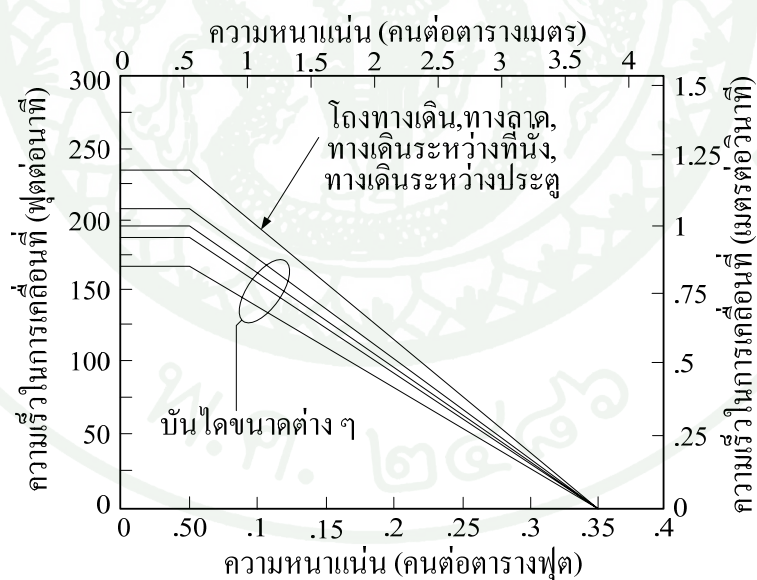
$k = k_1$  และ  $a = 2.86$  เมื่อ ความเร็วมีหน่วยฟุตต่อวินาที และความหนาแน่นมีหน่วยเป็นคนต่อตารางฟุต

$k = k_2$  และ  $a = 0.266$  เมื่อ ความเร็วมีหน่วยเมตรต่อวินาที และความหนาแน่นมีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร

ตารางที่ 11 ความเร็วในการอพยพออก

| ประเภททางออก                                                    |                  | $k_1$ | $k_2$ |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|
| โถงทางเดิน, ทางเดินระหว่างที่นั่ง, ทางลาด<br>และทางระหว่างประตู |                  | 275   | 1.40  |
| บันได                                                           | ลูกตั้ง          |       |       |
|                                                                 | นิ้ว (มิลลิเมตร) |       |       |
|                                                                 | 7.5 (190)        | 196   | 1.00  |
|                                                                 | 7.0 (178)        | 212   | 1.08  |
|                                                                 | 6.5 (165)        | 229   | 1.16  |
|                                                                 | 6.5 (165)        | 242   | 1.23  |
|                                                                 | ลูกนอน           |       |       |
|                                                                 | นิ้ว (มิลลิเมตร) |       |       |
|                                                                 | 10 (254)         |       |       |
|                                                                 | 11 (279)         |       |       |
|                                                                 | 12 (305)         |       |       |
|                                                                 | 13 (330)         |       |       |

ที่มา: Fahy (2003)



ภาพที่ 16 ความเร็วของการอพยพออกเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่นดังสมการ  $S = k - akD$

จากภาพที่ 16 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น ความเร็วที่ได้จากสมการที่ 2 เป็นการเคลื่อนที่ตลอดเส้นทาง เช่น ตลอดความยาวของลูกนอนของชั้นบันได

ตารางที่ 12 ได้ให้ตัวคูณเพื่อความสะดวกในการระยะของลูกตั้งของบันไดไปเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ตลอดเส้นทาง สำหรับการเคลื่อนที่ลงพื้นต้องเพิ่มค่าที่ได้จากตารางที่ 12 เช่นกัน โดยความเร็วสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อความหนาแน่นน้อยกว่า 0.05 คนต่อตารางฟุต (0.54 คนต่อตารางเมตร) ซึ่งความเร็วสูงสุดจะแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ตัวแปลงค่าของความสัมพันธ์ของระยะการเดินทางในแนวดิ่งกับบันไดขนาดต่าง ๆ

| ลูกตั้งของบันได<br>นิ้ว (มิลลิเมตร) | ลูกนอนของบันได<br>นิ้ว (มิลลิเมตร) | ตัวแปลงค่า |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------|
| 7.5 (190)                           | 10 (254)                           | 1.66       |
| 7.0 (178)                           | 11 (279)                           | 1.85       |
| 6.5 (165)                           | 12 (305)                           | 2.08       |
| 6.5 (165)                           | 13 (330)                           | 2.22       |

ที่มา: Fahy (2003)

ตารางที่ 13 ค่าสูงสุดของความเร็วของการไหลที่ทางออก (โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง)

| ประเภททางออก                                                    |                  |                  | ความเร็ว - ตลอดการเดินทาง |               |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------------------|---------------|
|                                                                 |                  |                  | ฟุตต่อนาที                | เมตรต่อวินาที |
| โถงทางเดิน, ทางเดินระหว่างที่นั่ง, ทางลาด<br>และทางระหว่างประตู |                  |                  | 235                       | 1.29          |
| บันได                                                           | ลูกตั้ง          | ลูกนอน           |                           |               |
|                                                                 | นิ้ว (มิลลิเมตร) | นิ้ว (มิลลิเมตร) |                           |               |
|                                                                 | 7.5 (190)        | 10 (254)         | 167                       | 0.85          |
|                                                                 | 7.0 (178)        | 11 (279)         | 187                       | 0.95          |
|                                                                 | 6.5 (165)        | 12 (305)         | 196                       | 1.00          |
|                                                                 | 6.5 (165)        | 13 (330)         | 207                       | 1.05          |

ที่มา: Fahy (2003)

ภายในขนาดของบันไดที่แสดงในตารางที่ 11 ถึง 13 ความเร็วของการอพยพตามขั้นบันไดขนาดต่าง ๆ ประมาณว่าเท่ากับรากที่สองของอัตราส่วนของความกว้างของลูกนอนกับความสูงของลูกตั้ง แต่ยังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอที่จะกำหนดความสัมพันธ์ได้ เพื่อใช้กับขนาดของขั้นบันไดขนาดอื่นได้

การไหลจำเพาะ,  $F_s$  เป็นการไหลของการอพยพคนผ่านจุดหนึ่งในๆ ในเส้นทางออกต่อหน่วยของเวลาต่อหน่วยของความกว้างสุทธิ,  $W_e$  ของเส้นทาง การไหลจำเพาะถูกอธิบายในหน่วยคนต่อนาทีต่อฟุตของความกว้างสุทธิ (โดยที่ค่าของ  $k = k_1$ , จากตารางที่ 11) หรือคนต่อวินาทีต่อเมตรของความกว้างสุทธิ (โดยที่ค่าของ  $k = k_2$ , จากตารางที่ 11) จะได้สมการการไหลจำเพาะดังนี้

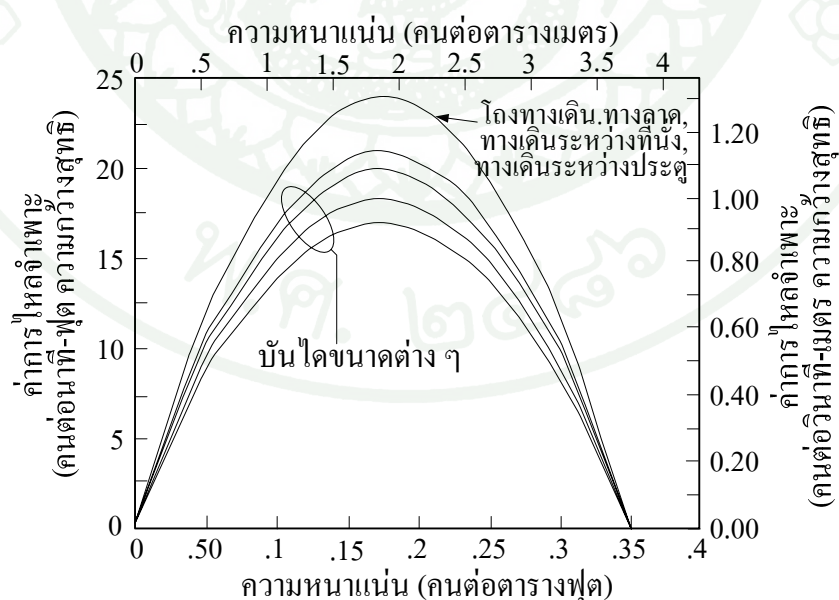
$$F_s = SD \quad (2)$$

โดยที่

$F_s$  คือการไหลจำเพาะ มีหน่วยเป็นคนที่ต่อตารางฟุต (คนต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

$D$  คือความหนาแน่น มีหน่วยเป็นคนที่ต่อตารางฟุต (คนต่อตารางเมตร)

$S$  คือความเร็วของการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นฟุตต่อนาที (เมตรต่อวินาที)



ภาพที่ 17 การไหลจำเพาะที่เป็นฟังก์ชันของความหนาแน่น

เมื่อแทนสมการที่ (1) ในสมการที่ (2) จะได้

$$F_s = (1 - aD)kD \quad (3)$$

โดยที่  $k$  แสดงไว้ในตารางที่ 11

ความสัมพันธ์ของการไหลจำเพาะกับความหนาแน่นแสดงได้ดังภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่าการไหลจำเพาะจะมีค่าสูงสุด เมื่อความหนาแน่นของช่องทางออกเท่ากับ 0.175 คนต่อตารางฟุต (1.9 คนต่อตารางเมตร) และการไหลจำเพาะสูงสุดจะสัมพันธ์กับชนิดของทางออก ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าสูงสุดของความเร็วจำเพาะ,  $F_{sm}$

| ประเภททางออก                                                    |           |                  | ความเร็วจำเพาะสูงสุด                 |                                         |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                 |           |                  | คนต่อนาทีต่อฟุต<br>ของความกว้างสุทธิ | คนต่อวินาทีต่อเมตร<br>ของความกว้างสุทธิ |
| โถงทางเดิน, ทางเดินระหว่างที่นั่ง, ทางลาด<br>และทางระหว่างประตู |           |                  | 24.0                                 | 1.32                                    |
| บันได                                                           | ลูกตั้ง   | ลูกนอน           |                                      |                                         |
|                                                                 |           | นิ้ว (มิลลิเมตร) |                                      |                                         |
|                                                                 | 7.5 (190) | 10 (254)         | 17.1                                 | 0.95                                    |
|                                                                 | 7.0 (178) | 11 (279)         | 18.5                                 | 1.01                                    |
|                                                                 | 6.5 (165) | 12 (305)         | 20.0                                 | 1.09                                    |
|                                                                 | 6.5 (165) | 13 (330)         | 21.1                                 | 1.16                                    |

ที่มา: Fahy (2003)

การคำนวณการไหล  $F_c$  เป็นการคำนวณอัตราการไหลของคนที่กำลังผ่านจุด ๆ หนึ่ง  
เส้นทางออก

สมการสำหรับการไหลจริงคือ

$$F_c = F_s W_e \quad (4)$$

โดยที่

$F_c$  คือ การไหลที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็นคนที่ต่อตารางฟุต (คนต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

$F_s$  คือ การไหลจำเพาะ มีหน่วยเป็นคนที่ต่อตารางฟุต (คนต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

$W_e$  คือ ความกว้างสุทธิ มีหน่วยเป็นฟุต (เมตร)

เมื่อแทนสมการ (3) ในสมการ (4) จะได้

$$F_c = (1 - aD)kDW_e \quad (5)$$

เวลาที่ใช้ในการผ่านทาง,  $T_p$  คือ เวลาสำหรับกลุ่มของคนที่จะผ่านเส้นทางออก สามารถหาได้จาก

$$T_p = P/F_c \quad (6)$$

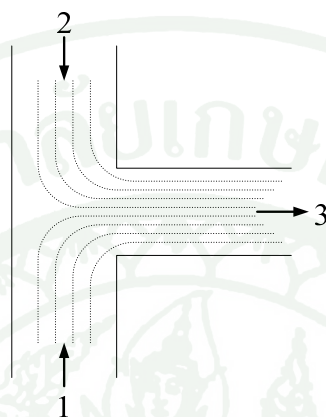
โดยที่  $T_p$  มีหน่วยเป็นนาที เมื่อ  $F_c$  มีหน่วย คนต่อนาที และมีหน่วยเป็นวินาที เมื่อ  $F_c$  มีหน่วย คนต่อวินาที

เมื่อแทนค่า  $F_c$  ในสมการที่ (5) ลงในสมการที่ (6) จะได้

$$T_p = P/(1-aD)kDW_e \quad (7)$$

การเปลี่ยน คือ รูปแบบหรือขนาดและทิศทางของเส้นทางเปลี่ยน หรือเส้นทางมารวมกัน ณ จุดใดบริเวณทางออก ตัวอย่างของจุดเปลี่ยนที่พบได้ทั่วไป มีดังต่อไปนี้

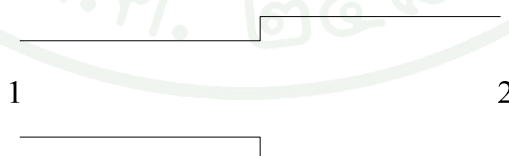
1. จุดที่มีทางสองทางหรือมีการไหลมารวมกัน เช่น การพบกันของการไหลจากทางเดินระหว่างที่นํ้าย่อยไปสู่ทางเดินระหว่างที่นํ้าหลักโดยไปรวมกับกลุ่มอื่น ๆ ดังภาพที่ 18 หรือรวมทั้งกรณีทางเข้าสู่บันไดซึ่งมีการมาพบกันของคนในชั้นอื่น ๆ



ภาพที่ 18 ทางออกใช้ร่วมกัน

2. จุดที่โถงทางเดินเข้าสู่บันได มี 2 แบบ คือ การไหลออกเพื่อผ่านประตูออกสู่ภายนอกหรือการไหลออกสู่ประตูออกและยังคงต่อเนื่องไปยังบันไดอีก

3. จุดที่เส้นทางออกหนึ่ง ๆ จะกลายเป็นทางกว้างขึ้นหรือทางแคบลง เช่น โถงทางเดินแคบลงเพราะมีการกั้นพื้นที่ที่รูกำลังเข้ามาในเส้นทาง ทำให้การคำนวณความหนาแน่นและการไหลจำเพาะ  $F_s$  แตกต่างกันทั้งก่อนเข้า, ขณะผ่านและหลังจากผ่านจุดที่มีการรูกำลัง ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนรูปแบบของทางออก

กฎต่อไปนี้สามารถใช้ประยุกต์ในการกำหนดความหนาแน่นและอัตราการไหลของการเคลื่อนผ่านจุดเปลี่ยน

1. การไหลหลังจุดเปลี่ยนเป็นฟังก์ชันของการไหลของการเข้าจุดเปลี่ยน
2. การไหลที่ได้จากการคำนวณ  $F_c$  ณ จุดเปลี่ยน การไหลที่ได้จากการคำนวณจะต้องไม่มากเกินไปกว่าการไหลจำเพาะสูงสุด  $F_{sm}$
3. ภายใต้ข้อจำกัดของกฎข้อ 2 การไหลจำเพาะ  $F_s$  ของเส้นทางการไหลที่ออกจากจุดเปลี่ยนสามารถแสดงได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

ก. กรณีการไหลเข้าสู่จุดเปลี่ยนหนึ่งเส้นทางและไหลออกจากจุดเปลี่ยนหนึ่งเส้นทางสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$F_{s(out)} = F_{s(in)} W_{e(in)} / W_{e(out)} \quad (8ก)$$

โดยที่

|              |     |                                        |
|--------------|-----|----------------------------------------|
| $F_{s(out)}$ | คือ | ค่าการไหลจำเพาะที่ไหลออกจากจุดเปลี่ยน  |
| $F_{s(in)}$  | คือ | ค่าการไหลจำเพาะที่ไหลเข้าสู่จุดเปลี่ยน |
| $W_{e(in)}$  | คือ | ความกว้างสุทธิก่อนถึงจุดเปลี่ยน        |
| $W_{e(out)}$ | คือ | ความกว้างสุทธิหลังจากผ่านจุดเปลี่ยน    |

ข. กรณีการไหลเข้าสู่จุดเปลี่ยนสองเส้นทางและไหลออกจากจุดเปลี่ยนหนึ่งเส้นทาง เช่น การอพยพลงบันไดของชั้นต่างๆ ที่เข้าสู่บันไดพร้อม ๆ กันและไหลออกที่พื้นชั้นล่าง ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$F_{s(out)} = \{ [F_{s(in-1)} W_{e(in-1)}] + [F_{s(in-2)} W_{e(in-2)}] \} / W_{e(out)} \quad (8ข)$$

โดยที่ สัญลักษณ์ห้อยท้าย (in-1) และ (in-2) แสดง เส้นทางการไหลเข้าเส้นทางที่ 1 และ 2

ค. กรณีการไหลที่มาจากการรวมกันของหลายเส้นทางเพื่อเข้าสู่จุดเปลี่ยนและหลังจากออกจากจุดเปลี่ยนก็แตกเป็นหลายเส้นทางสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$[F_{s(in-1)} W_{e(in-1)}] + \dots + [F_{s(in-n)} W_{e(in-n)}] = [F_{s(out-1)} W_{e(out-1)}] + \dots + [F_{s(out-n)} W_{e(out-n)}] \quad (8ค)$$

โดยที่ สัญลักษณ์ห้อยท้าย (in-n) และ (in-n) แสดง เส้นทางไหลเข้าจัดเปลี่ยนเส้นทางที่ n และ สัญลักษณ์ห้อยท้าย (out-n) และ (out-n) แสดง เส้นทางไหลออกจากจุดเปลี่ยนเส้นทางที่ n

4. โดยที่การหาค่าการไหลจำเพาะ  $F_s$ , สำหรับเส้นทางที่ออกจากจุดเปลี่ยนโดยใช้กฎข้อที่ 3 จะพบว่า ถ้าคำนวณได้มากกว่าการไหลจำเพาะสูงสุด  $F_{sm}$ , ก็จะเกิดการรอขึ้น ซึ่งจำนวนคนที่รอจะเพิ่มมากขึ้นในอัตราที่เท่ากับการไหลที่ได้จากการคำนวณ  $F_c$ , ก่อนเข้าจุดเปลี่ยนแปลงลบด้วยการไหลที่ได้จากการคำนวณ  $F_c$ , ส่วนที่ผ่านจุดเปลี่ยนแปลง

5. โดยการหาค่าการไหลจำเพาะที่ทางออก  $F_{s(out)}$ , ถ้าพบว่าค่าการไหลจำเพาะที่ทางออก มีค่าน้อยกว่าการไหลที่เจาะจงสูงสุด  $F_{sm}$ , เส้นทางนั้นจะไม่มีวิธีคำนวณหาการรวมกันของเส้นทาง

### ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐกรณ์ (2546) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์การหนีไฟภายในอาคารโดยใช้บันไดหนีไฟ โดยกล่าวไว้ว่า ในการออกแบบอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นอาคารที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องคำนึงถึงการสัญจรของผู้ใช้งานทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง รวมทั้งการระบายผู้ใช้ออกจากอาคาร เมื่อเกิดอัคคีภัยด้วย โดยในกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 ปี พ.ศ. 2533 ก็มีข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบต่างๆ เพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ไว้ด้วย ในเรื่องของประสิทธิภาพการระบายผู้ใช้ออกจากอาคารนั้น ผู้ออกแบบไม่สามารถมองเห็นภาพและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการระบายผู้ใช้ออกจากอาคารนั้นได้ชัดเจน หากเกิดปัญหาขึ้นหลังจากที่มีการก่อสร้างไปแล้ว จะทำให้การแก้ปัญหาทำได้โดยยาก ซึ่งถ้ามีเครื่องมือที่ให้ข้อมูลเพื่อช่วยในการออกแบบการสัญจรและการระบายผู้ใช้ หรือช่วยวัดประสิทธิภาพของอาคารที่ออกแบบได้ จะช่วยทำให้การออกแบบอาคารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาและวิเคราะห์พบว่า เครื่องมือที่จะช่วยสถาปนิกในการศึกษาการสัญจรและการระบายผู้ใช้ออกจากอาคาร ควรมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลังการออกแบบได้อย่างชัดเจน และต้องสามารถปรับเปลี่ยนการวางผังพื้นที่ของอาคารแล้วนำมาวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว และช่วยในการเปรียบเทียบ

ข้อมูลการระบายผู้ใช้ออกจากอาคาร เพื่อที่จะสามารถออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย

อัศวิน (2546) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์วิเคราะห์และประเมินการหนีไฟภายในอาคาร โดยกล่าวไว้ว่า ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในเรื่องของความปลอดภัยในเรื่องของการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารมากยิ่งขึ้น โดยเริ่มจากการออกกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 ในปี พ.ศ. 2535 ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับมาตรการทางกฎหมายในการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นอาคารที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยสูง ในระหว่างปี 2543 – 2545 กรมโยธาธิการได้ร่วมมือกับองค์กร JICA ประเทศญี่ปุ่นเพื่อทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการความปลอดภัยของอาคารได้หัวข้อ “The study on development of a building safety system focusing on fire prevention in the Kingdom of Thailand” ซึ่งได้นำเอารูปแบบวิธีการคำนวณในลักษณะ Performance Base เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการหนีไฟมาเป็นเกณฑ์หนึ่งในแนวทางการพิจารณา แนวทางดังกล่าวเป็นการพิจารณาหาประสิทธิภาพของการจัดวางพื้นที่อาคารในแต่ละชั้นว่าส่งผลต่อเวลาในการหนีไฟที่เกิดขึ้นอย่างไร การพิจารณาในลักษณะนี้เป็นที่นิยมและยอมรับกันอย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้วเช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เพราะมีความยืดหยุ่นสูงกว่ารูปแบบกฎหมายในลักษณะ Regulation Base ที่ตายตัวซึ่งประเทศไทยได้ใช้อยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้ผู้ทำวิจัยเชื่อมั่นว่ารูปแบบกฎหมายในเรื่องเกี่ยวกับอัคคีภัยภายในอาคารจะพัฒนาไปในแนวทาง Performance Base เพื่อให้ตอบรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอย่างแน่นอน

ผู้ทำวิจัยได้ยกรูปแบบการคำนวณดังกล่าวเป็นต้นแบบในการสร้างและพัฒนาโปรแกรมสำหรับสถาปนิกเพื่อให้พิจารณาหาเวลาที่ใช้ในการหนีไฟจากการวิเคราะห์แบบแปลนอาคาร โดยพิจารณาจากเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องตามเงื่อนไขของสมการที่ถูกกำหนดจากกฎหมาย จากการทดสอบการใช้โปรแกรมกับแปลนอาคารตัวอย่างพบว่า โปรแกรมสามารถที่จำลองการปรับเปลี่ยนในการออกแบบและวิเคราะห์หาผลลัพธ์ในการหนีไฟได้ดีในระดับหนึ่งซึ่งส่งผลให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจถึงความสำคัญของการจัดวางผังพื้นที่อาคารที่มีผลต่อการหนีไฟภายในอาคาร อีกทั้งสามารถประเมินมาตรฐานและประสิทธิภาพในการออกแบบของตนว่ามีมากน้อยเพียงใด

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อย่างต่ำต้องมี CPU 1.80 GHz, RAM 1014 MB
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Java Application version 6 Standard Edition
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ NetBeans IDE 6.8

### วิธีการ

1. ศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐานที่ใช้ตาม NFPA Ready Reference Human Behavior in Fire Emergencies, NFPA 101. Life Safety Code และ ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องตามตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ

2. ศึกษากฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องในการคำนวณเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ ซึ่งในที่นี้มีกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กล่าวไว้ว่า

ข้อ 22 อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงหรือคานฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ในที่ที่บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถมาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก แต่ละบันไดหนีไฟต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60.00 เมตร เมื่อวัดตามแนวทางเดิน

ระบบบันไดหนีไฟตามวรรคหนึ่งต้องแสดงการคำนวณให้เห็นว่า สามารถใช้ลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง

ข้อ 23 บันไดหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟและไม่ผุกร่อน เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น มีความกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีชานพักกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และมีราวบันไดอย่างน้อยหนึ่งด้าน

ข้อ 27 ประตูหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟ เป็นบานเปิดชนิดผลักออกสู่ภายนอกพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ชนิดที่บังคับให้บานประตูปิดได้เอง มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร

นอกจากนี้ยังมีกฎกระทรวง ฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งเป็นกฎสำหรับอาคารเก่าที่เป็นอาคารสูงและอาคารสาธารณะ กล่าวไว้ว่า

ข้อ 5 (1) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่สี่ชั้นขึ้นไปให้ติดตั้งบันไดหนีไฟที่ไม่ใช่บันไดตามแนวดิ่งเพิ่มจากบันไดหลักให้เหมาะสมกับพื้นที่ของอาคารแต่ละชั้น เพื่อให้สามารถลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง

ข้อ 5 (1) (ข) บันไดหนีไฟต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร

3. เขียนแผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อสร้างแบบจำลองตามการคำนวณการอพยพทางบันไดหนีไฟ โดยใช้โปรแกรม Java Application ในการทำการวิจัยและออกแบบพัฒนาโปรแกรม

4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมการจำลองการอพยพที่พัฒนาขึ้น และประเมินผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยมือ

5. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการคำนวณและการจำลองการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟของโปรแกรมและรวบรวมข้อมูลวิทยานิพนธ์

## ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย

1. ขั้นตอนการรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอาคาร และคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัย
2. ขั้นตอนการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพ
3. ขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ และการจำลองการอพยพ

1. ขั้นตอนการรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอาคาร และคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัย ตามแผนผังการทำงานของโปรแกรม ดังภาพที่ 20 ซึ่งมีลำดับการทำงานดังนี้

1.1 เมื่อเริ่มโปรแกรม จะต้องใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมในส่วนการคำนวณ ทำการคำนวณต่อไป โดยค่าพารามิเตอร์ที่จะรับค่าในขั้นแรกประกอบไปด้วย

1.1.1 ชื่ออาคาร (Building)

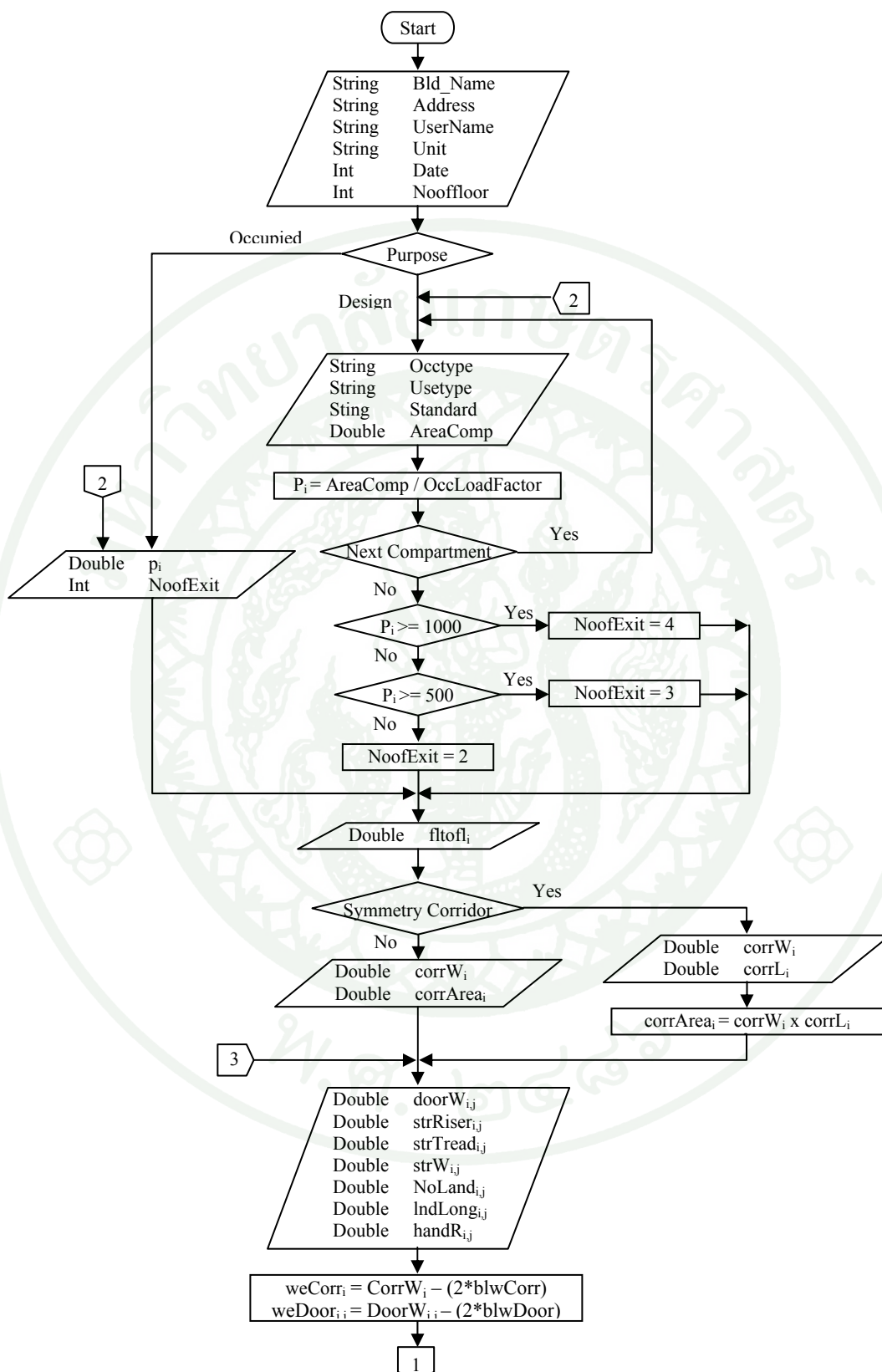
1.1.2 ที่อยู่ (Address)

1.1.3 ชื่อผู้ใช้งาน (User)

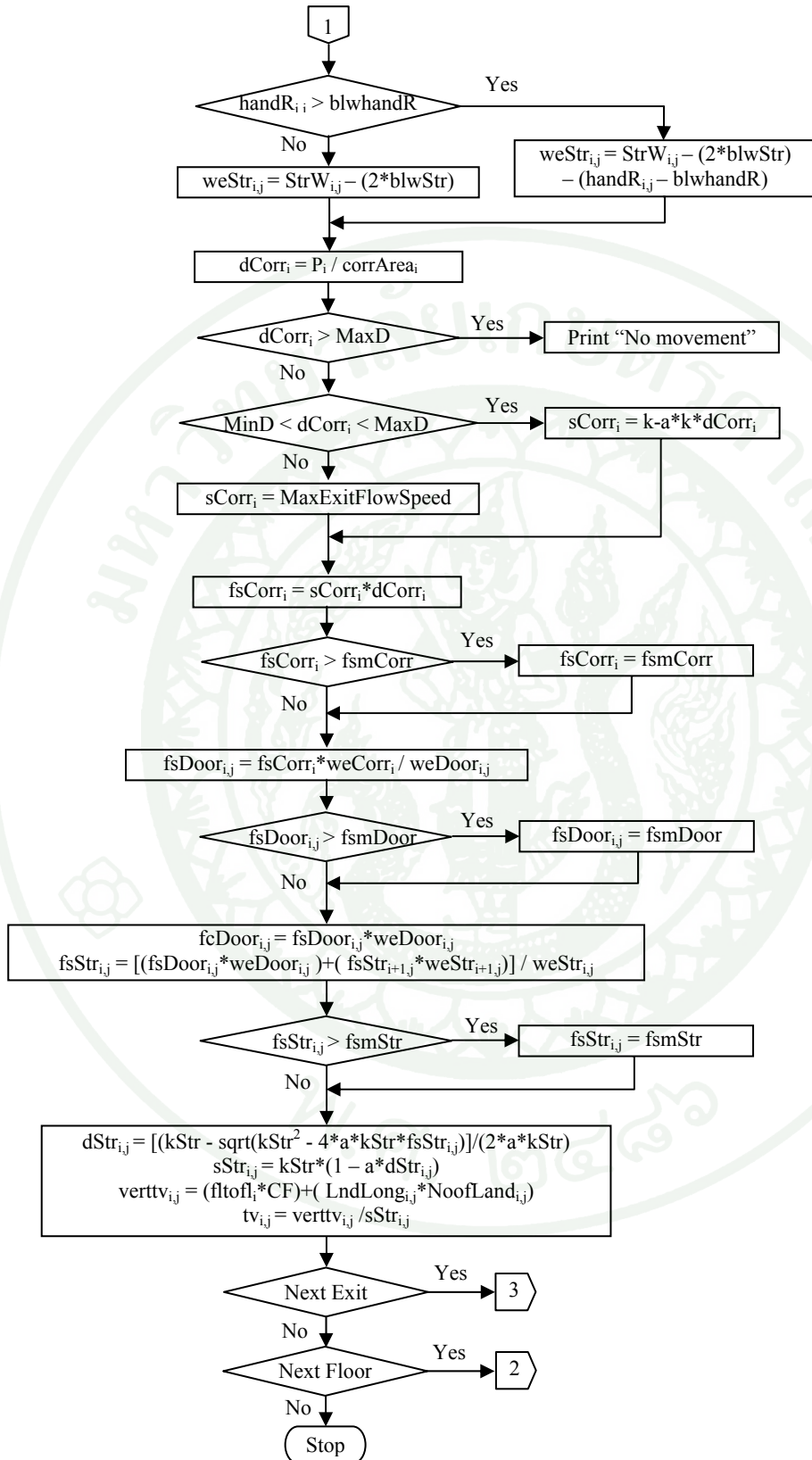
1.1.4 วันที่ใช้งาน (Date)

1.1.5 หน่วยวัดที่ใช้ (Unit) ซึ่งมีให้เลือก 2 แบบคือ แบบ S.I. ซึ่งมีหน่วยวัดที่ใช้วัดระยะ คือ เมตร, เซนติเมตร และมิลลิเมตร โดยใช้หน่วยวัดเวลาคือ วินาที และแบบหน่วยวัดของอังกฤษ ซึ่งหน่วยวัดที่ใช้วัดระยะ คือ ฟุตและนิ้ว โดยใช้หน่วยวัดเวลาคือ นาที

1.2 กำหนดวัตถุประสงค์การใช้งานซึ่งมี 2 แบบ คือ ใช้เพื่อการออกแบบอาคารใหม่ และใช้กับอาคารที่มีผู้อยู่ใช้งานแล้ว



ภาพที่ 20 แผนผังขั้นตอนการคำนวณเวลาการอพยพ



ภาพที่ 20 (ต่อ)

1.2.1. วัตถุประสงค์การใช้งาน ใช้กับอาคารที่มีผู้ใช้งานแล้ว ต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ จำนวนผู้อยู่อาศัยและจำนวนทางออกในแต่ละชั้น

1.2.2. วัตถุประสงค์การใช้งานเพื่อการออกแบบสำหรับอาคารใหม่ โปรแกรมจะคำนวณหาผู้อยู่อาศัยในแต่ละชั้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อกำหนดจาก 2 แหล่ง คือ

ก. ว.ส.ท. (E.I.T.) ตามมาตรฐานป้องกันอัคคีภัยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ข. NFPA ตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code

เมื่อได้แหล่งที่มาของข้อกำหนดในการคำนวณหาผู้อยู่อาศัยแล้ว ค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัย ซึ่งต้องพิจารณาที่ละส่วนกันแยก (Compartment) ที่ละชั้น ซึ่งประกอบไปด้วย

ก. ประเภทการอยู่อาศัย (Occupancy Type)

ข. ประเภทการใช้งาน (User Type)

ค. พื้นที่ของส่วนกันแยก

เมื่อใส่พารามิเตอร์ดังกล่าวแล้ว โปรแกรมจะคำนวณจำนวนผู้อยู่อาศัยและจำนวนทางออกในแต่ละชั้นให้โดยอัตโนมัติ

1.3 ใส่ข้อมูลเกี่ยวกับโถงทางเดิน, ทางออก รวมทั้งบันไดหนีไฟ ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าพารามิเตอร์จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณเวลาการอพยพ ดังนี้

1.3.1 ระยะความสูงจากชั้นถึงชั้น (floor-to-floor)

1.3.2 พื้นที่ของโถงทางเดิน (Corridor) และส่วนแคบสุด หากโถงทางเดินมีขนาดที่สมมาตรสามารถใส่พารามิเตอร์ที่เป็นความกว้างและความยาวของโถงทางเดิน เพื่อให้โปรแกรมคำนวณหาพื้นที่โถงทางเดินให้โดยอัตโนมัติ

1.3.3 ความกว้างสุทธิของประตูทางออก (Door width) ของแต่ละทางออก

1.3.4 ความสูงลูกตั้งของบันได (Riser) ของแต่ละทางออก

1.3.5 ความลึกลูกนอนของบันได (Tread) ของแต่ละทางออก

1.3.6 ความกว้างของบันได (Stairway wide) ของแต่ละทางออก

1.3.7 จำนวนชานพักของบันได (Landing) ของแต่ละทางออก

1.3.8 ความยาวของชานพักบันได (Landing long) ของแต่ละทางออก

## 2. ขั้นตอนการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพ

เมื่อใส่พารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการอพยพในแต่ละชั้นแล้ว โปรแกรมจะคำนวณเพื่อใช้ขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ และการจำลองการอพยพต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

2.1 ตรวจสอบความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัยในโถงทางเดินโดย จำกัดความหนาแน่นของคนอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.35 คนต่อตารางฟุต (0.54 ถึง 3.8 คนต่อตารางเมตร) ซึ่งหากความหนาแน่นเกินข้อกำหนด โปรแกรมจะแสดงผลทางหน้าจอว่า “No Movement” หากความหนาแน่นน้อยกว่าค่าต่ำสุดให้ใช้ค่าต่ำสุดเป็นเกณฑ์

2.2 คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ จากสมการที่ (1)

2.3 คำนวณหาความกว้างสุทธิของโถงทางเดิน ประตุนิไฟ และบันไดหนีไฟ ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\text{ความกว้างสุทธิ} = \text{ความกว้าง} - (2 \times \text{ความกว้างขอบเขต}) \quad (9)$$

2.4 คำนวณหาอัตราการไหลจำเพาะของโถงทางเดินจากสมการที่ (2) เมื่อได้อัตราการไหลจำเพาะของโถงทางเดินจากการคำนวณแล้ว หากค่าที่ได้มากกว่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุดของโถงทางเดิน ให้ใช้ค่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุดเป็นค่าอัตราการไหลจำเพาะของโถงทางเดินนั้น

2.5 คำนวณหาอัตราการไหลจากการคำนวณของประตุนิไฟ ก่อนจะหาอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณต้องหาอัตราการไหลจำเพาะของประตุนิไฟ ซึ่งหาได้จากสมการ (8ก) หากค่าที่ได้มีค่ามากกว่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุดของประตุนิไฟ ให้ใช้ค่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุด เป็นค่าอัตราการไหลจำเพาะของประตุนิไฟนั้นๆ เพื่อใช้หาค่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งหาได้จากสมการที่ (4) นำไปหาเวลาในการเคลื่อนที่ผ่านประตุนิไฟด้วยสมการที่ (6)

2.6 หาเวลาที่ใช้เดินทางในบันไดหนีไฟ ก่อนอื่นต้องคำนวณหาอัตราการไหลจำเพาะของแต่ละบันไดหนีไฟ ซึ่งหาได้จากสมการที่ (8ข) หากค่าอัตราการไหลจำเพาะที่ได้มีค่ามากกว่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุดของบันไดหนีไฟ ให้ใช้ค่าอัตราการไหลจำเพาะสูงสุดเป็นค่าอัตราการไหลจำเพาะของบันไดหนีไฟนั้น นำค่าที่ได้ไปหาค่าความหนาแน่นในการอพยพในบันไดหนีไฟจากสมการที่ (3) ซึ่งสามารถหาค่าความหนาแน่นของบันได ได้จากสูตร

$$dStr = \frac{-kStr \pm \sqrt{kStr^2 - 4 * a * kStr * F_s}}{2 * a * kStr} \quad (10)$$

ในการคำนวณต้องการหาเวลาที่ใช้ในการอพยพน้อยที่สุด ดังนั้น ใช้ผลลบของสูตรซึ่งเมื่อได้ค่าความหนาแน่นที่บันไดหนีไฟแล้ว นำค่าที่ได้ไปหาค่าความเร็วของการเคลื่อนที่บนบันไดหนีไฟ ซึ่งหาได้จากสมการที่ (1)

เนื่องจากการเคลื่อนที่บนบันไดหนีไฟมีการเคลื่อนที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน ดังนั้น จึงต้องหาระยะทางที่ใช้ในการเดินทางในบันไดหนีไฟ ซึ่งหาได้จาก

$$\text{Verttv} = (\text{fltofl} \times \text{C.F.}) + (\text{NoofLanding} \times \text{LandingLong}) \quad (11)$$

โดยที่ Verttv = ระยะทางที่ใช้เดินทางบนบันไดหนีไฟ

fltofl = ระยะห่างระหว่างชั้น

C.F. = เป็นค่าคงที่ในการแปลงค่าความสูงในแนวดิ่ง

LandingLong = ความยาวของชานพักของบันได

NoofLanding = จำนวนชานพักของบันไดหนีไฟ

เมื่อได้ค่าความเร็วของการเคลื่อนที่บนบันไดหนีไฟและระยะทางที่ใช้เดินทางบนบันไดหนีไฟแล้ว นำมาหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนบันไดหนีไฟจากสูตร

$$\text{เวลา} = \text{ระยะทาง} / \text{ความเร็ว} \quad (12)$$

เมื่อได้เวลาในการเดินทางบนบันไดหนีไฟหนึ่งแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณขั้นตอนต่างๆ นี้ อีกครั้งกับทางออกหนีไฟต่อไปของชั้นนั้น เมื่อคำนวณชั้นนี้เสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณของชั้นต่อไป ตามลำดับ

### 3. ขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพและจำลองการอพยพ

#### 3.1 ในขั้นตอนนี้พารามิเตอร์อีก 2 ตัว คือ

##### 3.1.1 ชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ เพื่อใช้ประกอบการจัดลำดับการอพยพ

##### 3.1.2 หน่วงเวลาการอพยพ

เมื่อใส่พารามิเตอร์ทั้งสองแล้ว โปรแกรมจะจัดลำดับการอพยพของแต่ละชั้นโดยให้ความสำคัญในการอพยพกับชั้นที่เกิดเพลิงไหม้เป็นอันดับแรก และให้ความสำคัญในการ

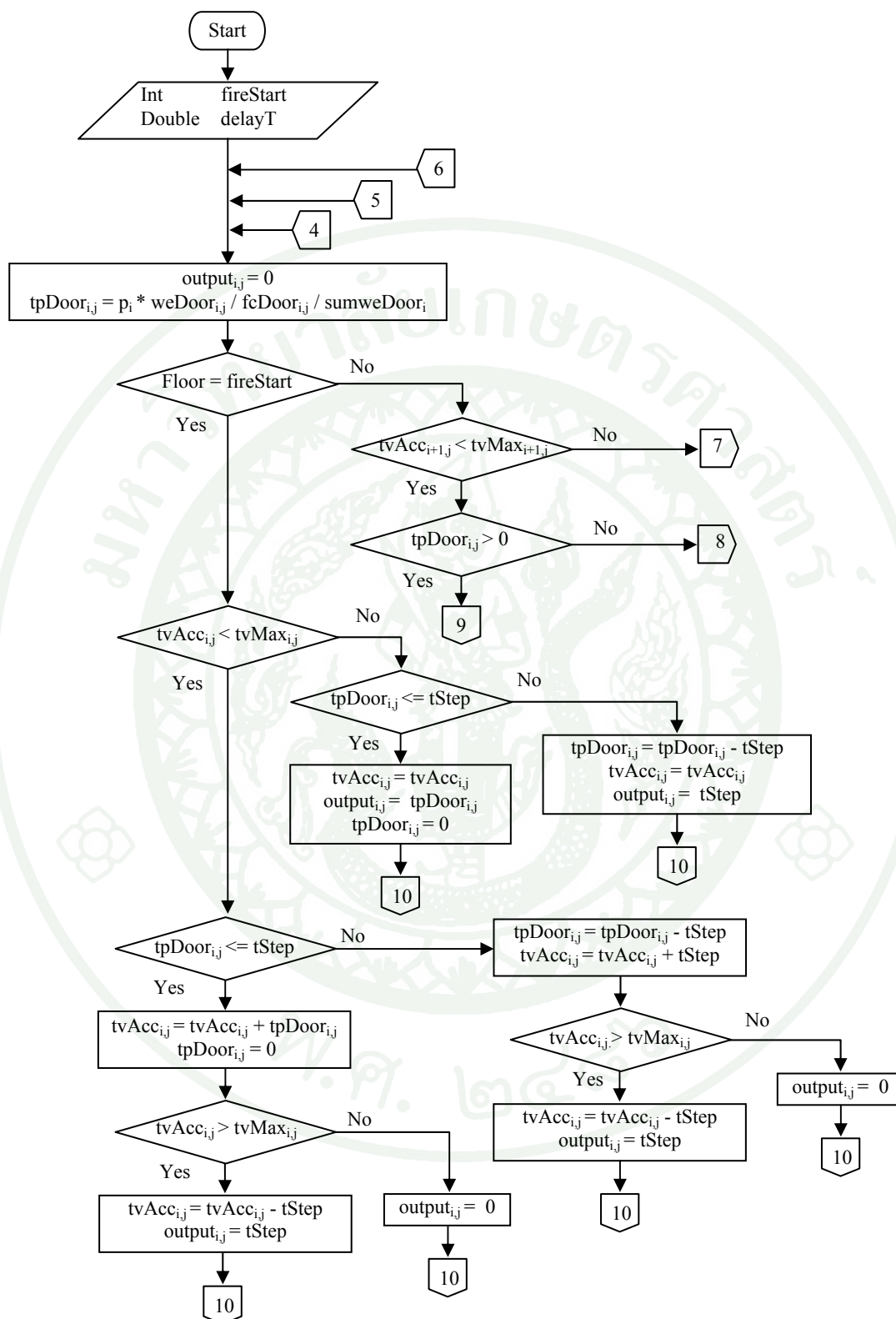
อพยพกับชั้นที่มีผู้อาศัยชั้นที่อยู่สูงกว่าเป็นอันดับสอง โดยชั้นอื่นสามารถอพยพได้โดยไม่ต้องไม่กริดขวางทางสัญจร ดังนั้น แผนผังการทำงานของโปรแกรม ดังภาพที่ 20 ดังนี้

ก. ตรวจสอบแต่ละชั้น หากเป็นชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ให้อพยพออกจากโถงทางเดินผ่านประตูหนีไฟเข้าสู่บันไดหนีไฟทันที และเมื่อผู้อพยพอพยพสะสมเข้าบันไดหนีไฟของชั้นเต็มแล้ว ให้อพยพต่อไปยังบันไดหนีไฟชั้นต่ำถัดมา โดยผู้ที่อยู่ชั้นต่ำกว่าต้องหยุดให้ผู้อพยพชั้นที่อยู่สูงกว่าอพยพก่อน เมื่อผู้อพยพทำการอพยพผ่านประตูหนีไฟออกจากชั้นที่เกิดเพลิงไหม้หมดแล้ว ให้ถือว่าชั้นนั้นๆ อพยพเรียบร้อยแล้ว

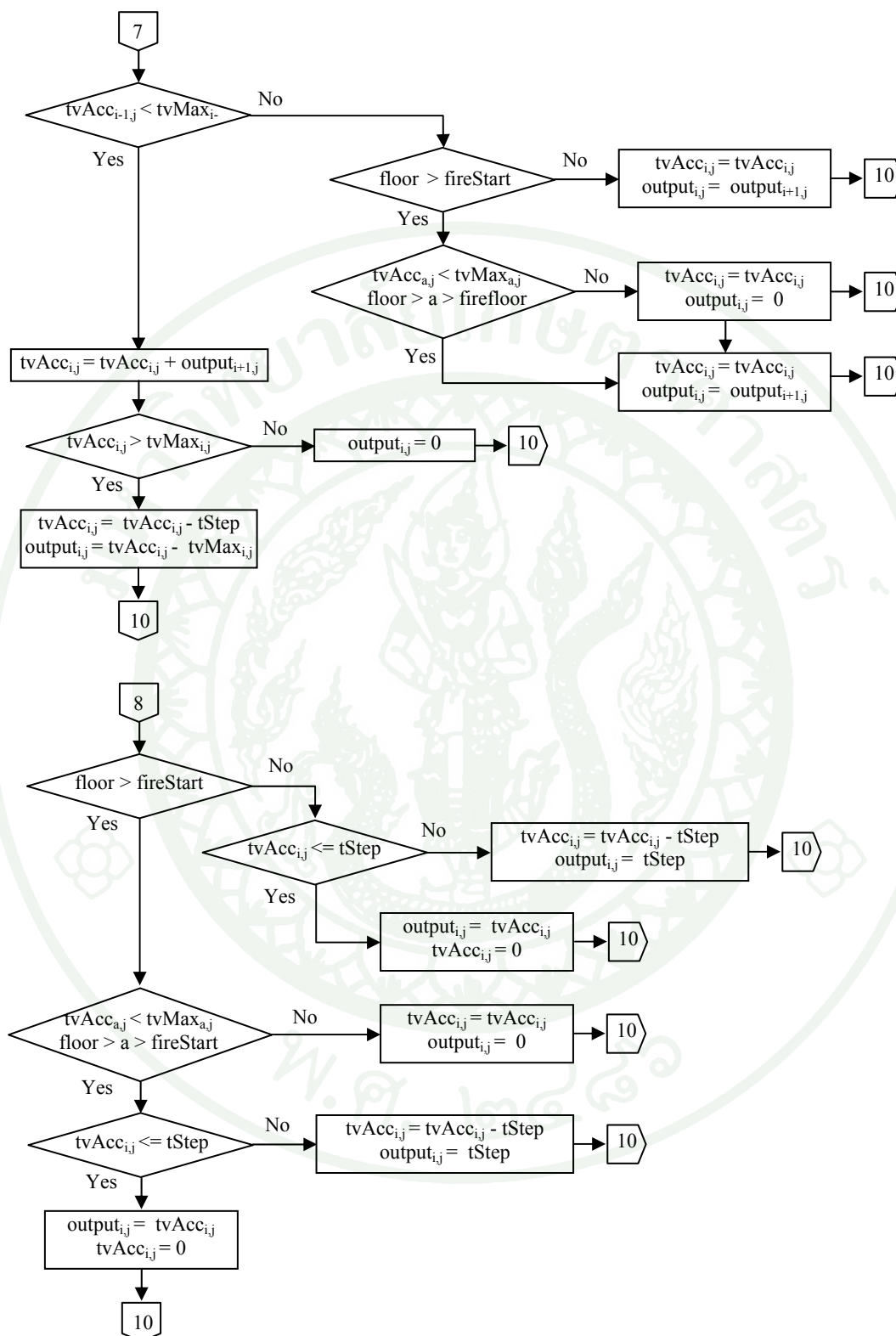
ข. ชั้นที่ไม่ใช่ชั้นเกิดเหตุแต่อยู่สูงกว่าชั้นเกิดเหตุเพลิงไหม้ ผู้อาศัยสามารถอพยพออกจากโถงทางเดินผ่านประตูเข้าสู่บันไดได้ หากไม่เป็นการกีดขวางการอพยพของชั้นที่อยู่สูงกว่า โดยสามารถอพยพเข้าสู่บันไดได้จนเต็มพื้นที่บันไดหนีไฟของชั้น เมื่อผู้อพยพเต็มบันไดให้ตรวจสอบชั้นที่อยู่ถัดมาว่าเป็นชั้นเกิดเพลิงไหม้หรือไม่ หากไม่ใช่ให้ผู้อพยพที่อยู่ชั้นที่สูงกว่าอพยพผ่านชั้นต่ำกว่าไปได้ หากชั้นที่อยู่ต่ำกว่าเป็นชั้นเกิดเพลิงไหม้ให้ผู้อพยพรออยู่ที่บันไดหนีไฟของชั้นที่อยู่สูงกว่า จนกระทั่งผู้อพยพจากชั้นเกิดเพลิงไหม้อพยพผ่านประตูหนีไฟหมดแล้ว จึงทำการอพยพต่อไป

ค. ชั้นที่ไม่ใช่ชั้นเกิดเหตุและอยู่ต่ำกว่า ผู้อพยพสามารถอพยพผ่านออกจากโถงทางเดินผ่านประตูหนีไฟเข้าสู่บันไดหนีไฟได้ โดยผู้อพยพที่สะสมในบันไดชั้นที่อยู่สูงกว่ายังไม่เต็ม หากผู้อพยพในชั้นสูงกว่าเต็ม ผู้อพยพในชั้นนั้นต้องหยุดให้ผู้อพยพชั้นที่อยู่สูงกว่าอพยพก่อนจนผู้อพยพในชั้นสูงกว่าว่างหรือหมดไป จึงทำการอพยพ

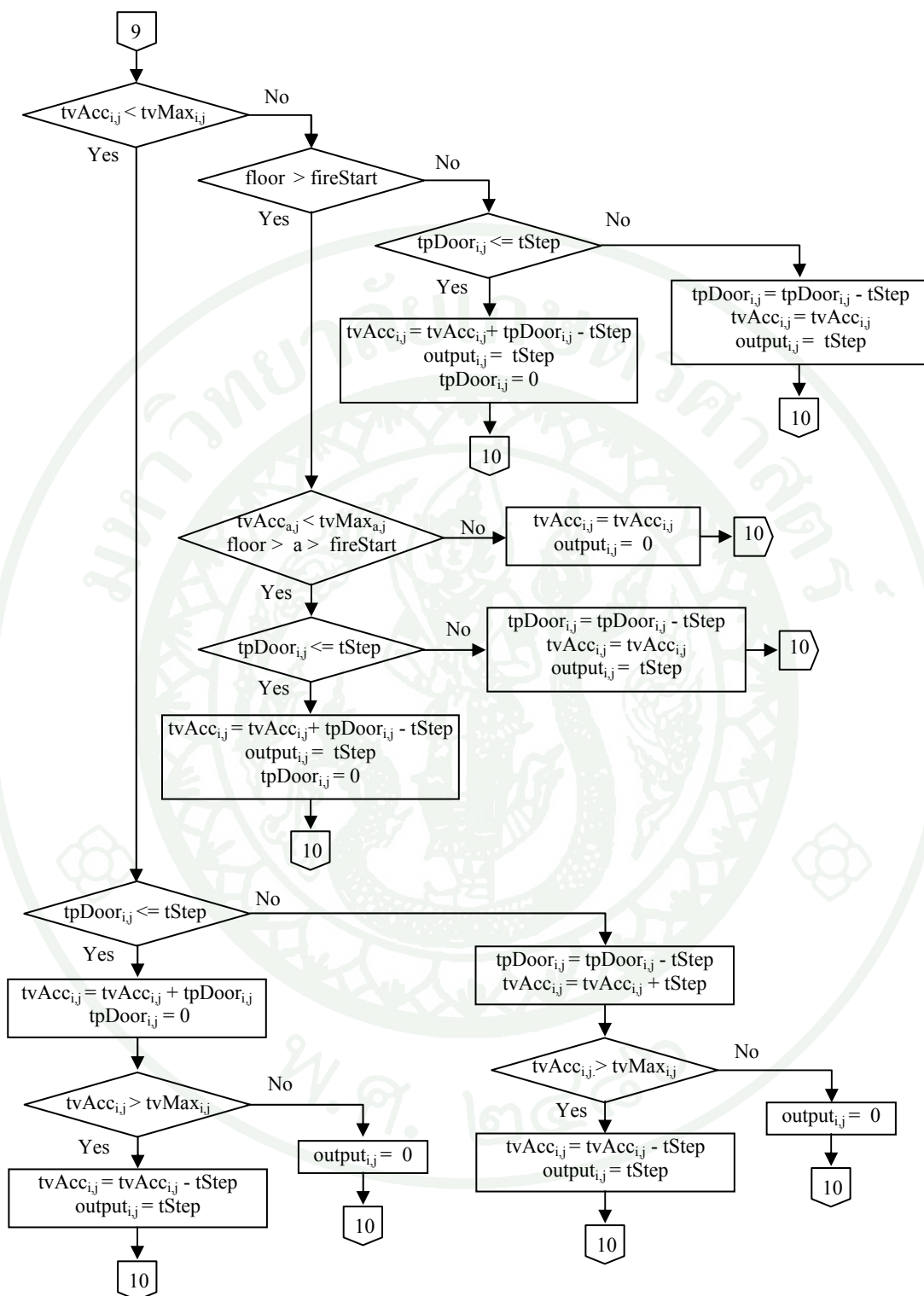
3.2 เมื่อได้เวลาในการอพยพแต่ละชั้นแล้ว สามารถดูรูปแบบการจำลองการอพยพผ่านทางหน้าจอและสามารถพิมพ์รายงานผลการคำนวณเวลาในการอพยพเพื่อใช้ประกอบการใช้งานในรูปแบบไฟล์ Adobe Acrobat หรือ ไฟล์เอกสารสกุล \*.doc หากต้องการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ก็สามารถทำงานได้เช่นกัน



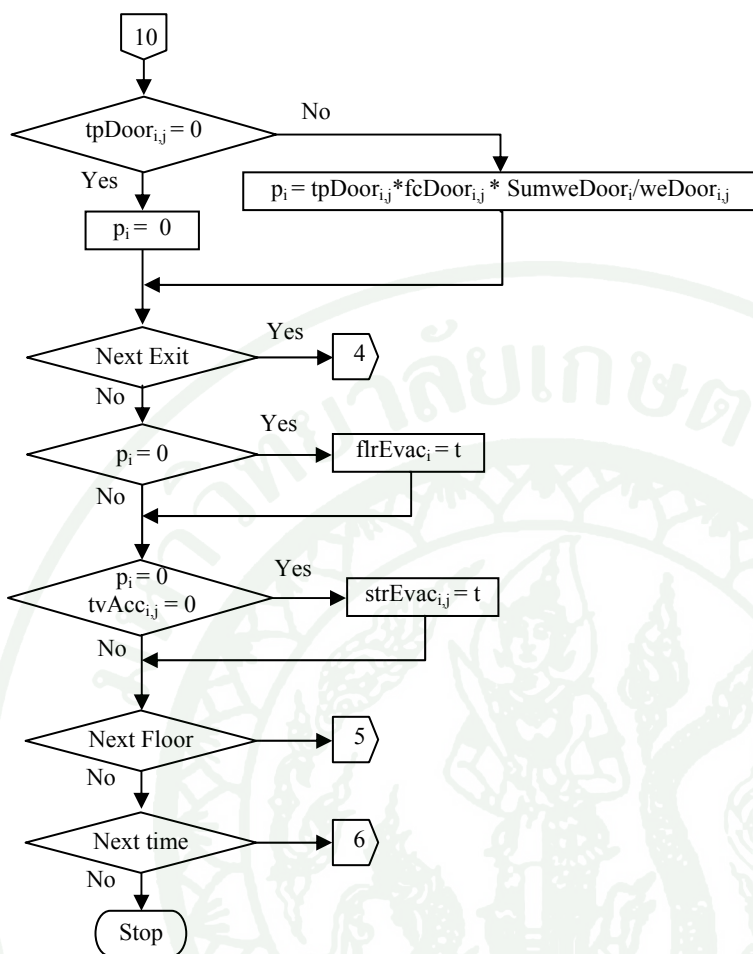
ภาพที่ 21 แผนผังขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ



ภาพที่ 21 (ต่อ)



ภาพที่ 21 (ต่อ)



ภาพที่ 21 (ต่อ)

## ผลและวิจารณ์

### การใช้โปรแกรม

1. เมื่อเริ่มเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอหลัก ที่เป็นคำสั่งจัดการไฟล์ฐานข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 31 โดยมีคำสั่งต่างๆ ประกอบไปด้วย

- 1.1. **File** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการจัดการไฟล์ข้อมูล อันประกอบไปด้วย
  - 1.1.1 **Open Ctrl-O** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเปิดใช้ไฟล์เก่าที่จัดเก็บไว้
  - 1.1.2 **New Ctrl-N** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการสร้างไฟล์ใหม่
  - 1.1.3 **Save Ctrl-S** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการจัดเก็บไฟล์ข้อมูล
  - 1.1.4 **Exit Ctrl+Alt-E** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม
- 1.2. **Help** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการคำแนะนำการใช้งานโปรแกรม

2. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอตารางแสดงข้อมูลของอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 31 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะปรากฏในทุกหน้าจอการทำงานสัมพันธ์กับข้อมูลที่กรอกลงหน่วยความจำ

- 2.1 **Corridor** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการดูข้อมูลที่โปรแกรมจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ อันได้แก่ จำนวนผู้อยู่อาศัย, ความกว้างของโถงทางเดิน, ความยาวของโถงทางเดิน, พื้นที่ของโถงทางเดิน, ความสูงระหว่างชั้น และ จำนวนเส้นทางหนีไฟ

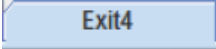
| Floor No. | Door Width(mm) | Stairway Rise(mm) | Stairway Tread(mm) | Stairway Long(m) | Amount of Landing | Landing Long(m) |
|-----------|----------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 9         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |
| 8         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |
| 7         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |
| 6         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |
| 5         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |
| 4         | 1000.0         | 178.0             | 279.0              | 1.0              | 2.0               | 2.0             |

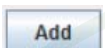
ภาพที่ 22 หน้าจอตารางแสดงข้อมูลของอาคาร

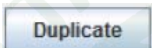
2.2 **Exit1** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการดูข้อมูลเส้นทางหนีไฟที่ 1 ที่โปรแกรมจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ อันได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ, ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ, ความลึกของลูกนอนบันไดหนีไฟ, ความกว้างของบันไดหนีไฟ, จำนวนชานพัก และความยาวของชานพัก

2.3 **Exit2** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการดูข้อมูลเส้นทางหนีไฟที่ 2 ที่โปรแกรมจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ อันได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ, ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ, ความลึกของลูกนอนบันไดหนีไฟ, ความกว้างของบันไดหนีไฟ, จำนวนชานพัก และความยาวของชานพัก

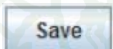
2.4 **Exit3** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการดูข้อมูลเส้นทางหนีไฟที่ 3 ที่โปรแกรมจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ อันได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ, ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ, ความลึกของลูกนอนบันไดหนีไฟ, ความกว้างของบันไดหนีไฟ, จำนวนชานพัก และความยาวของชานพัก

2.5  กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการดูข้อมูลเส้นทางหนีไฟที่ 4 ที่โปรแกรมจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ อันได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ, ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ, ความลึกของลูกนอนบันไดหนีไฟ, ความกว้างของบันไดหนีไฟ, จำนวนชนพัก และความยาวของชนพัก

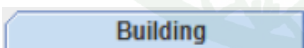
2.6  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลของโถงทางเดินและเส้นทางหนีไฟลงในตารางแสดงข้อมูลของอาคาร

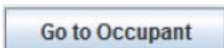
2.7  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลของโถงทางเดินและเส้นทางหนีไฟที่มีข้อมูลเหมือนกับข้อมูลที่มีอยู่ในตารางแสดงข้อมูลของอาคาร

2.8  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลของโถงทางเดินและเส้นทางหนีไฟที่แสดงอยู่ในตารางแสดงข้อมูลของอาคาร

2.9  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลที่ในตารางแสดงข้อมูลของอาคาร

### 3. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

3.1  กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการเข้าสู่หน้าจอการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร อันประกอบไปด้วย ชื่ออาคาร, ที่อยู่ของอาคาร, ผู้ใช้งาน, วันที่ใช้งาน, จำนวนชั้นของอาคาร, วัตถุประสงค์การใช้งานโปรแกรม, หน่วยวัดที่ใช้ และมาตรฐานที่ใช้คำนวณจำนวนผู้อยู่อาศัยของอาคารซึ่งใช้ในกรณีวัตถุประสงค์การใช้งานโปรแกรมเพื่อการออกแบบ ดังภาพที่ 22

3.2  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อกรอกข้อมูลเบื้องต้นของอาคารเรียบร้อยแล้ว และต้องการกรอกข้อมูลในส่วนต่อไป ซึ่งเป็นข้อมูลผู้อยู่อาศัยและโถงทางเดิน หากผู้ใช้อยู่กรอกข้อมูลไม่เรียบร้อยโปรแกรมจะแสดงคำเตือนให้กรอกข้อมูลให้ครบ

4. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลจำนวนผู้อยู่อาศัย, ความสูงระหว่างชั้น และขนาดโถงทางเดิน

ภาพที่ 23 หน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลจำนวนผู้อยู่อาศัยและ โถงทางเดิน

4.1 **Occupant** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการเข้าสู่หน้าจอการคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละส่วนกันแบ่ง, จำนวนเส้นทางหนีไฟ, ความสูงระหว่างชั้น และขนาดโถงทางเดิน ดังแสดงในภาพที่ 23

4.2 **Go to Exit** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อกรอกข้อมูลจำนวนผู้อยู่อาศัย, ความสูงระหว่างชั้น และขนาดโถงทางเดินเรียบร้อยแล้ว และต้องการกรอกข้อมูลในส่วนต่อไป ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนเส้นทางหนีไฟ

4.3 อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลจำนวนผู้อยู่อาศัยในอาคารใช้ในกรณีวัตถุประสงค์การใช้งานโปรแกรมเพื่อการออกแบบ ดังแสดงในภาพที่ 24

4.3.1 **Add** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลชนิดการครอบครอง ประเภทการใช้งาน และพื้นที่การใช้งาน เพื่อใช้ในการคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละส่วนกันแยก

**Occupancy**

| Occupancy Type | Use Type                                     | Area of Compartment |
|----------------|----------------------------------------------|---------------------|
| Assembly Use   | Less concentrated use, without fixed seating | 1000                |
| Assembly Use   | Fixed seating (Number of fixed seats)        | 50                  |
|                |                                              |                     |
|                |                                              |                     |
|                |                                              |                     |

**Compartment**

Occupancy Type :

User Type :

No. of Seat :  Seat

ภาพที่ 24 หน้าจอการคำนวณหาจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละชั้น

4.3.2  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลชนิดการครอบครองประเภทการใช้งาน และพื้นที่การใช้งานที่มีข้อมูลเหมือนกับข้อมูลที่มีอยู่ในตารางแสดงข้อมูลการครอบครอง

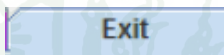
4.3.3  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการลบข้อมูลชนิดการครอบครองประเภทการใช้งาน และพื้นที่การใช้งานที่มีแถบสีปรากฏอยู่

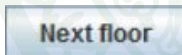
4.3.4  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการลบข้อมูลชนิดการครอบครองประเภทการใช้งาน และพื้นที่การใช้งานทั้งหมดที่ปรากฏในตารางแสดงข้อมูลการครอบครอง

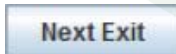
5. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอการกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟ ประกอบไปด้วย ความกว้างของประตูหนีไฟ, ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ, ความลึกของลูกนอนบันไดหนีไฟ, ความยาวของบันไดหนีไฟ, จำนวนชานพัก ความกว้างของชานพัก และส่วนยื่นของราวจับ ดังแสดงในภาพที่ 25

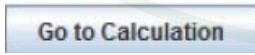
The screenshot shows a software window titled 'Exit' with four tabs: 'Building', 'Occupant', 'Exit', and 'Calculation'. The 'Exit' tab is active, displaying 'Exit 1 of (2)'. It contains several input fields and buttons. The 'Door' section has a 'Width' field set to '35.0' with the unit 'inch' and a radio button for 'Use' selected. The 'Landing' section has 'Amount of Landing' set to '2' and 'Long' set to '8.0' with the unit 'ft'. The 'Stairway' section has 'Riser' set to '7.5' (inch), 'Tread' set to '10' (inch), and 'Wide' set to '3.666' (ft). The 'Handrail' section has 'Width' set to '2.5' (inch). At the bottom, there are buttons for 'Next floor', 'Next Exit', and 'Go to Calculation'. A 'Floor No. : 10' field is also present.

ภาพที่ 25 หน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟ

5.1  กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการเข้าสู่หน้าจอส่วนการกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟ

5.2  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟของชั้นต่อไป  
ในกรณีที่ชั้นที่อยู่สูงกว่ามีเส้นทางหนีไฟน้อยกว่าชั้นที่อยู่ต่ำกว่า

5.3  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟทางต่อไป  
หลังจากกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟทางหนึ่งทางใดเรียบร้อยแล้ว

5.4  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อกรอกข้อมูลเส้นทางหนีไฟเรียบร้อยแล้ว  
และต้องการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ

6. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอการคำนวณ ซึ่งให้กรอกข้อมูลชั้นที่เกิดเพลิงไหม้และ  
หน่วยเวลาการอพยพ นอกจากนี้ยังแสดงตารางผลการคำนวณเวลาการอพยพของแต่ละชั้น ดังแสดง  
ในภาพที่ 26

| Step | Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Exit1 | Exit2 | Exit3 | Exit4 | Exit1 | Exit2 | Exit3 | Exit4 | Floor's travel time (min.) | Stairways's travel time (min.) |
|------|-----------|--------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|--------------------------------|
| 1    | 10        | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 3.13                       | 3.48                           |
| 2    | 9         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 6.26                       | 6.51                           |
| 3    | 8         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 9.39                       | 9.74                           |
| 4    | 7         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 12.52                      | 12.87                          |
| 5    | 6         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 15.65                      | 16.00                          |
| 6    | 5         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 18.78                      | 19.13                          |
| 7    | 4         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 21.91                      | 22.26                          |
| 8    | 3         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 25.04                      | 25.39                          |
| 9    | 2         | 300                | 2              | 48    | 48    | -     | -     | 0.35  | 0.35  | -     | -     | 28.17                      | 28.52                          |

Calculation   Simulation   Print Report

Total travel time 28.52 min.  
 Delay time 2.50 min.  
 Total evacuation time 31.02 min.

ภาพที่ 26 หน้าจอการคำนวณเวลาการอพยพ

6.1 **Calculation** กดที่แถบนี้ เมื่อต้องการเข้าสู่หน้าจอการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ

6.2 **Calculation** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการคำนวณเวลาการอพยพของแต่ละชั้น และเวลาในการอพยพหนีไฟ

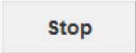
6.3 **Simulation** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการดูแบบจำลองการอพยพหนีไฟตามที่ได้คำนวณได้ ดังตารางผลการคำนวณเวลาการอพยพของแต่ละชั้น

6.4 **Print Report** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการพิมพ์รายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอาคารเบื้องต้น ตารางผลการคำนวณเวลาการอพยพของแต่ละชั้น และเวลาในการอพยพหนีไฟ

7. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอแบบจำลองการอพยพหนีไฟ ดังแสดงในภาพที่ 27

7.1 **Start** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการเริ่มการแสดงแบบจำลองการอพยพ

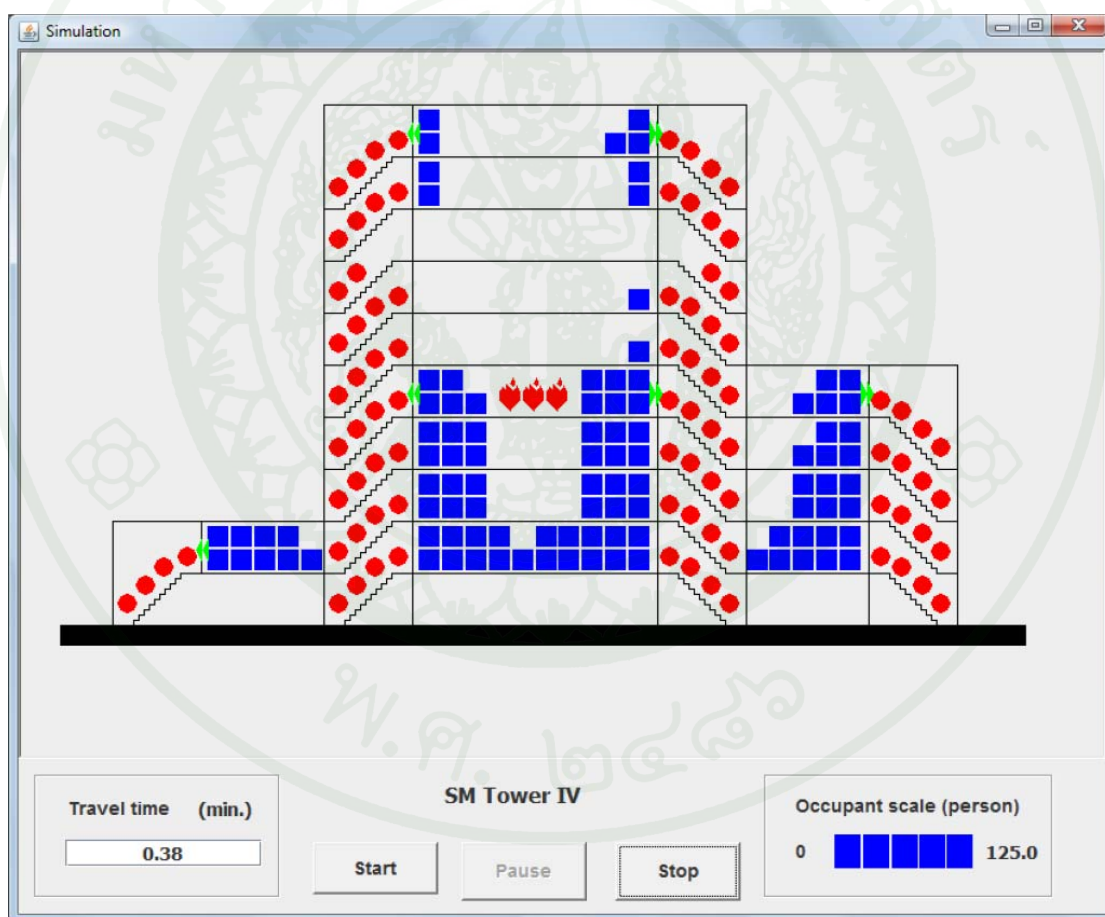
7.2 **Pause** กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการหยุดการแสดงแบบจำลองการอพยพชั่วคราว

7.3  กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการหยุดการแสดงผลแบบจำลองการอพยพ

7.4  แทนการอพยพคนลงทางบันไดหนีไฟ

7.5  แทนจำนวนผู้อยู่อาศัย

7.6  สัญลักษณ์แทน การใช้ประตูหนีไฟเป็นเส้นทางหนีไฟ



ภาพที่ 27 หน้าจอแบบจำลองการอพยพหนีไฟ

8. อธิบายรายการต่าง ๆ ในหน้าจอการพิมพ์รายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ ดังภาพที่ 28



8.1 กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการจัดเก็บรายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟในรูปแบบไฟล์สกุล .pdf หรือพิมพ์รายงานผ่านทางเครื่องพิมพ์



8.2 กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการดูตัวอย่างก่อนการพิมพ์หรือจัดเก็บรายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟในหน้าแรก, หน้าก่อน, หน้าถัดและหน้าสุดท้ายหรือกำหนดหน้าที่ต้องการดู



8.3 กดที่ปุ่มนี้ เมื่อต้องการย่อหรือขยายตัวอย่างก่อนการพิมพ์หรือจัดเก็บรายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ

**Evacuation Time Report**

Building Name : SIM Tower I  
Address : 123 Wongsook Road, Bangna  
Bangkok, THAILAND  
User : Somyos Wongsook  
Date : Mon Feb 01 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied  
Standard :  
Fire Start : 5  
Delay time : 15 sec.

| Floor No.               | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/sec. |        |        |        | Vertical travel time sec. |        |        |        | Floor's travel time sec. | Stairways's travel time sec. |
|-------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|                         |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 9                       | 100                | 2              | 0.924                        | 1.056  | 0.0    | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 0.0    | 0.0    | 85.3                     | 102.5                        |
| 8                       | 80                 | 2              | 0.924                        | 1.056  | 0.0    | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 0.0    | 0.0    | 125.7                    | 142.9                        |
| 7                       | 80                 | 2              | 0.924                        | 1.056  | 0.0    | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 0.0    | 0.0    | 186.1                    | 193.3                        |
| 6                       | 80                 | 2              | 0.924                        | 1.056  | 0.0    | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 0.0    | 0.0    | 195.4                    | 215.8                        |
| 5                       | 150                | 3              | 0.924                        | 1.056  | 0.924  | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 16.521 | 0.0    | 51.7                     | 230.7                        |
| 4                       | 170                | 3              | 0.924                        | 1.056  | 0.924  | 0.0    | 16.521                    | 17.213 | 16.521 | 0.0    | 193.6                    | 247.8                        |
| 3                       | 250                | 4              | 0.924                        | 1.056  | 0.924  | 1.056  | 16.521                    | 17.213 | 16.521 | 17.213 | 303.6                    | 364.9                        |
| 2                       | 270                | 4              | 0.924                        | 1.056  | 0.924  | 1.056  | 16.521                    | 17.213 | 16.521 | 17.213 | 294.5                    | 311.7                        |
| Total travel time :     |                    |                |                              |        |        |        |                           |        |        |        | 311.700                  | sec.                         |
| Delay time :            |                    |                |                              |        |        |        |                           |        |        |        | 15                       | sec.                         |
| Total evacuation time : |                    |                |                              |        |        |        |                           |        |        |        | 326.700                  | sec.                         |

ภาพที่ 28 หน้าจอการพิมพ์รายงานการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟ

## ผล

## การทดสอบการใช้งานโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ

การทดสอบการใช้งานโปรแกรม โดยให้คำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพของอาคารสำนักงาน 10 ชั้น เส้นทางหนีไฟ 2 ออกที่มีขนาดเท่ากัน ดังข้อมูลอาคารและบันไดหนีไฟดังตารางที่ 15 โดยให้ชั้นหนึ่งเป็นชั้นเกิดเพลิงไหม้ และกำหนดให้มีหน่วงเวลาก่อนการอพยพ 2 นาที 30 วินาที

ตารางที่ 15 ข้อมูลอาคารสำนักงาน 10 ชั้น

| ชั้นที่ | ประชากร<br>(คน) | โถง   |       | ประตู |       | ซานพัก |       | บันได  |        |       | ระยะ<br>ระหว่างชั้น<br>(ฟุต) | รวม<br>(นิ้ว) |
|---------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|------------------------------|---------------|
|         |                 | กว้าง | ยาว   | กว้าง | จำนวน | ยาว    | จำนวน | สูง    | ลูก    | ลูก   |                              |               |
|         |                 | (ฟุต) | (ฟุต) | (ฟุต) | (บาน) | (ฟุต)  |       | (นิ้ว) | (นิ้ว) | (ฟุต) |                              |               |
| 10      | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 9       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 8       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 7       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 6       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 5       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 4       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 3       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |
| 2       | 300             | 8     | 300   | 36    | 2     | 8      | 2     | 7      | 11     | 3.67  | 12                           | 2.5           |

## 1. ผลการคำนวณเวลาการอพยพโดยใช้โปรแกรม

เมื่อใส่ข้อมูลของอาคารสำนักงาน 10 ชั้น ตามตารางที่ 15 ลงในโปรแกรม เมื่อโปรแกรมคำนวณผล จะได้ผลดังภาพที่ 29 ซึ่งพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละชั้น แต่ละทางออก มีค่าเท่ากับ 48.0 คนต่อนาที และเวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟในแต่ละชั้น เท่ากับ 0.35 นาที และเวลาที่ใช้ในการอพยพทางบันไดหนีไฟ เท่ากับ 28.52 นาที เมื่อรวมเวลาการ

อพยพทางบันไดหนีไฟ กับ หน่วงเวลาก่อนการอพยพ จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด เท่ากับ 31.02 นาที

## Evacuation Time Report

Building Name : Test Building

Address : .

User : Somyos Wongsook

Date : Fri Feb 05 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start :1

Delay time : 2.50 min.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/min. |        |        |        | Vertical travel time min. |        |        |        | Floor's travel time min. | Stairways's travel time min. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 10        | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 3.13                     | 3.48                         |
| 9         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 6.26                     | 6.61                         |
| 8         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 9.39                     | 9.74                         |
| 7         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 12.52                    | 12.87                        |
| 6         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 15.65                    | 16.0                         |
| 5         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 18.78                    | 19.13                        |
| 4         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 21.91                    | 22.26                        |
| 3         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 25.04                    | 25.39                        |
| 2         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 28.17                    | 28.52                        |

Total travel time : 28.52 min.

Delay time : 2.50 min.

Total evacuation time : 31.02 min.

### ภาพที่ 29 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม

#### 2. ผลการคำนวณเวลาการอพยพด้วยมือ

##### 2.1 ตรวจสอบความหนาแน่นคนในโถงทางเดิน จะได้ว่า

$$\begin{aligned} d_{\text{Corr}} &= 300 \text{ คน} / (8 \text{ ฟุต} \times 300 \text{ ฟุต}) \\ &= 0.125 \text{ คนต่อฟุต}^2 \text{ (ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.35 คนต่อตารางฟุต)} \end{aligned}$$

##### 2.2 กำหนดหาความเร็วของการเคลื่อนที่ในโถงทางเดินจะได้ว่า

$$\begin{aligned} s_{\text{Corr}} &= (275 - 2.86 \times 275 \times 0.125) \\ &= 176.69 \text{ ฟุตต่อนาที} \end{aligned}$$

##### 2.3 กำหนดหาความกว้างสุทธิของโถงทางเดิน ประตูหนีไฟ และบันไดหนีไฟ

$$\begin{aligned} w_{\text{Corr}} &= (8 - (2 \times 8 / 12)) = 6.67 \text{ ฟุต} \\ w_{\text{Door}} &= (36 - (2 \times 6)) / 12 = 2 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

$$weStr = (3.67 - (2 \times 6 / 12)) = 2.67 \text{ ฟุต}$$

2.4 จำนวนหาอัตราการไหลเฉพาะของโถงทางเดิน จะได้ว่า

$$F_{s \text{ Corr}} = 0.125 \text{ คนต่อฟุต} \times 176.69 \text{ ฟุตต่อนาที}$$

$$= 22.09 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$$

จะได้ว่า  $F_{s \text{ Corr}} < F_{sm \text{ Corr}}$  ดังนั้น ว่า  $F_{s \text{ Corr}} = 22.09 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$

2.5 จำนวนหาอัตราการไหลเฉพาะของประตูหนีไฟ จะได้ว่า

$$F_{s \text{ Door}} = (22.09 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที} \times 6.67 \text{ ฟุต}) / 2 \text{ ฟุต}$$

$$= 73.67 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$$

จะได้ว่า  $F_{s \text{ Door}} > F_{sm \text{ Door}}$  ดังนั้น ว่า  $F_{s \text{ Door}} = F_{sm \text{ Door}} = 24 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$

เพราะฉะนั้น  $F_{c \text{ Door}} = 24 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที} \times 2 \text{ ฟุต}$

$$= 48 \text{ คนต่อนาที}$$

2.6 หาเวลาที่ใช้เดินทางในบันไดหนีไฟ จะได้ว่า

$$\text{สำหรับชั้น 10 : } F_{s \text{ Str}} = (24 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที} \times 2 \text{ ฟุต}) / 2.67 \text{ ฟุต}$$

$$= 18 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$$

$$\text{สำหรับชั้นอื่นๆ : } F_{s \text{ Str}} = \{(24 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที} \times 2 \text{ ฟุต}) + (18 \text{ คนต่อฟุตต่อ}$$

$$\text{นาที} \times 2.67 \text{ ฟุต})\} / 2.67 \text{ ฟุต}$$

$$= 35.98 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$$

จะได้ว่า  $F_{s \text{ Str}} > F_{sm \text{ Str}}$  ดังนั้น ว่า  $F_{s \text{ Str}} = F_{sm \text{ Str}} = 17.1 \text{ คนต่อฟุตต่อนาที}$

เมื่อได้ค่า  $F_{s \text{ Str}}$  นำค่าที่ได้ไปหาค่าความหนาแน่นคนในบันไดหนีไฟ จะได้ว่า

$$dStr = \frac{196 - \sqrt{196^2 - 4 \times 2.86 \times 196 \times 17.1}}{2 \times 2.86 \times 196}$$

$$= 0.167 \text{ คนต่อฟุต}^2$$

คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ในบันไดหนีไฟ จะได้ว่า

$$sStr = (196 - 2.86 \times 196 \times 0.167)$$

$$= 102.29 \text{ ฟุตต่อนาที}$$

คำนวณหาระยะทางที่ใช้ในการเดินทางในบันไดหนีไฟ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{Verttv} &= (12 \text{ ฟุต} \times 1.66) + (2 \times 8 \text{ ฟุต}) \\ &= 35.92 \text{ ฟุต}\end{aligned}$$

คำนวณหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางในบันไดหนีไฟ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{tv} &= 35.92 \text{ ฟุต} / 102.29 \text{ ฟุตต่อนาที} \\ &= 0.35 \text{ นาที}\end{aligned}$$

จากอัตราการไหลจากการคำนวณของประตุนีไฟ โดยในแต่ละประตูจะมีคนออกเท่า ๆ กัน เท่ากับ 150 คน ดังนั้น ต้องใช้เวลาในการอพยพออกจากชั้นผ่านประตู ( $T_p$ ) เท่ากับ  $150 \text{ คน} / 48 \text{ คนต่อนาที} = 3.13 \text{ นาที}$

ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ ซึ่งจะพบว่า ใน 0.35 นาทีแรก ผู้อพยพของทุกชั้นอพยพเข้าสู่บันไดจนเต็ม ส่วนที่เหลือรอคิวอพยพในลำดับต่อไป ซึ่งเวลาอพยพที่ยังต้องอพยพ เท่ากับ  $3.13 - 0.35 = 2.78 \text{ นาที}$  และสามารถแสดงลำดับการอพยพได้ดังนี้

|            |              |                                                  |
|------------|--------------|--------------------------------------------------|
| ลำดับแรก   | นาทีที่ 0.35 | ผู้อพยพชุดแรกของทุกชั้นเข้าสู่บันไดจนเต็ม        |
| ลำดับที่ 2 | นาทีที่ 3.13 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 10 อพยพออกจากชั้นจนหมด    |
| ลำดับที่ 3 | นาทีที่ 3.48 | ผู้อพยพจากชั้น 10 อพยพลงสู่บันไดชั้น 9 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 4 | นาทีที่ 6.26 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 9 อพยพออกจากชั้นจนหมด     |
| ลำดับที่ 5 | นาทีที่ 6.61 | ผู้อพยพจากชั้น 9 อพยพลงสู่บันไดชั้น 8 เรียบร้อย  |
| ลำดับที่ 6 | นาทีที่ 9.39 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 8 อพยพออกจากชั้นจนหมด     |
| ลำดับที่ 7 | นาทีที่ 9.74 | ผู้อพยพจากชั้น 8 อพยพลงสู่บันไดชั้น 7 เรียบร้อย  |

|             |               |                                                 |
|-------------|---------------|-------------------------------------------------|
| ลำดับที่ 8  | นาทียี่ 12.52 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 7 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 9  | นาทียี่ 12.87 | ผู้อพยพจากชั้น 7 อพยพลงสู่บันไดชั้น 6 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 10 | นาทียี่ 15.65 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 6 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 11 | นาทียี่ 16.00 | ผู้อพยพจากชั้น 6 อพยพลงสู่บันไดชั้น 5 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 12 | นาทียี่ 18.78 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 5 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 13 | นาทียี่ 19.13 | ผู้อพยพจากชั้น 5 อพยพลงสู่บันไดชั้น 4 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 14 | นาทียี่ 21.91 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 4 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 15 | นาทียี่ 22.26 | ผู้อพยพจากชั้น 4 อพยพลงสู่บันไดชั้น 3 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 16 | นาทียี่ 25.04 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 3 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 17 | นาทียี่ 25.39 | ผู้อพยพจากชั้น 3 อพยพลงสู่บันไดชั้น 2 เรียบร้อย |
| ลำดับที่ 18 | นาทียี่ 28.17 | ผู้อพยพที่เหลือของชั้น 2 อพยพออกจากชั้นทั้งหมด  |
| ลำดับที่ 19 | นาทียี่ 28.52 | ผู้อพยพจากชั้น 2 อพยพออกจากอาคารเรียบร้อยแล้ว   |

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ เท่ากับ 28.52 นาที  
เมื่อรวมเวลาการอพยพทางบันไดหนีไฟ กับ หน่วงเวลาก่อนการอพยพ จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพ  
ทั้งหมด เท่ากับ 31.02 นาที

จากผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม และ การคำนวณด้วยมือ จะเห็นได้ว่า อัตราการไหลจากการคำนวณ เวลาที่ใช้ในการเดินทางในบันไดหนีไฟ เวลาการอพยพในแต่ละชั้น และ เวลาการอพยพทั้งหมดที่ได้มีค่าเท่ากัน ดังนั้น แสดงว่า ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้อง และสามารถใช้งานได้อย่างจริง

#### การศึกษาผลกระทบเนื่องจากตัวแปรทางกายภาพของเส้นทางหนีไฟต่อเวลาในการหนีไฟ

การศึกษานี้ใช้โปรแกรมคำนวณเวลาในการอพยพของอาคารสำนักงาน 10 ชั้น ดังตารางที่ 15 เพื่อศึกษาผลกระทบเนื่องจากตัวแปรทางกายภาพของเส้นทางหนีไฟต่อเวลาในการหนีไฟ โดยแบ่งการศึกษาในตัวแปรทางกายภาพ 4 ประเด็น ได้แก่

1. การเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ จากกว้าง 36 นิ้ว เป็น 42 นิ้ว
2. การลดความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ จากสูง 7.5 นิ้ว เหลือ 6.5 นิ้ว
3. การลดความสูงระยะระหว่างชั้น จากสูง 12 ฟุต เหลือ 10 ฟุต
4. ความยาวของชานพัก จากยาว 8 ฟุต เหลือ 7 ฟุต

1. การเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ จากกว้าง 36 นิ้ว เป็น 42 นิ้ว

เมื่อเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ จากเดิมกว้าง 36 นิ้ว เป็น 42 นิ้ว โดยตัวแปรอื่น ๆ คงที่ ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมได้ผลดังภาพที่ 30 ซึ่งพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละชั้น แต่ละทางออก มีค่าเท่ากับ 60 คนต่อนาที และเวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟในแต่ละชั้น เท่ากับ 0.35 นาที จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด เท่ากับ 22.85 นาที

จากผลที่ได้จะพบว่า ประตูที่กว้าง 42 นิ้ว อพยพผ่านประตูได้เร็วกว่า ประตูที่กว้าง 36 นิ้ว เท่ากับ 5.67 นาที ในจำนวนคนที่เท่ากัน

## Evacuation Time Report

Building Name : Building Example 1.1 (Door)

Address : .

User : Somyos Wongsook

Date : Fri Feb 05 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start : 1

Delay time : 2.50 min.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/min. |        |        |        | Vertical travel time min. |        |        |        | Floor's travel time min. | Stairways's travel time min. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 10        | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 2.5                      | 2.85                         |
| 9         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 5.0                      | 5.35                         |
| 8         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 7.5                      | 7.85                         |
| 7         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 10.0                     | 10.35                        |
| 6         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 12.5                     | 12.85                        |
| 5         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 15.0                     | 15.35                        |
| 4         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 17.5                     | 17.85                        |
| 3         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 20.0                     | 20.35                        |
| 2         | 300                | 2              | 60                           | 60     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 22.5                     | 22.85                        |

Total travel time : 22.85 min.

Delay time : 2.50 min.

Total evacuation time : 25.35 min.

ภาพที่ 30 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ

2. การลดความสูงของลูกดิ่งบันไดหนีไฟ จากสูง 7.5 นิ้ว เหลือ 6.5 นิ้ว

## Evacuation Time Report

Building Name : Building Example 1.2 (Riser)

Address : .

User : Somyos Wongsook

Date : Fri Feb 05 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start : 1

Delay time : 2.50 min.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/min. |        |        |        | Vertical travel time min. |        |        |        | Floor's travel time min. | Stairways's travel time min. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 10        | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.27                      | 0.27   | -      | -      | 3.13                     | 3.4                          |
| 9         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 6.26                     | 6.61                         |
| 8         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 9.39                     | 9.74                         |
| 7         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 12.52                    | 12.87                        |
| 6         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 15.65                    | 16.0                         |
| 5         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 18.78                    | 19.13                        |
| 4         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 21.91                    | 22.26                        |
| 3         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 25.04                    | 25.39                        |
| 2         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.35                      | 0.35   | -      | -      | 28.17                    | 28.52                        |

Total travel time : 28.52 min.

Delay time : 2.50 min.

Total evacuation time : 31.02 min.

ภาพที่ 31 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดความสูงลูกดิ่งบันไดหนีไฟ

เมื่อลดความสูงลูกตั้งบันไดหนีไฟ จากสูง 7.5 นิ้ว ลูกนอนลึก 10 นิ้ว เป็น บันไดหนีไฟ ลูกตั้งสูง 6.5 นิ้ว ลูกนอนลึก 13 นิ้ว ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมได้ผลดังภาพที่ 31 ซึ่งพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละชั้น แต่ละทางออก มีค่าเท่ากับ 48 คนต่อนาที และเวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟของบันไดชั้น 10 เท่ากับ 0.27 นาที และในชั้นอื่นๆ ใช้เวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟ เท่ากับ 0.35 นาที จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด เท่ากับ 28.52 นาที

จากผลที่ได้จะพบว่า การลดความสูงของลูกตั้ง ไม่มีผลทำให้เวลาการอพยพ

### 3. การลดความสูงระยะระหว่างชั้น จากสูง 12 ฟุต เหลือ 10 ฟุต

เมื่อเปลี่ยนความสูงระหว่างชั้น จากเดิมสูง 12 ฟุต เหลือ 10 ฟุต ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมได้ผลดังภาพที่ 32 ซึ่งพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละชั้น แต่ละทางออก มีค่าเท่ากับ 48 คนต่อนาที และเวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟในแต่ละชั้น เท่ากับ 0.32 นาที จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด เท่ากับ 28.49 นาที

จากผลที่ได้จะพบว่า การลดความสูงของลูกตั้ง 2 ฟุตต่อชั้น มีผลทำให้การอพยพทั้งหมดลดลงเพียง 0.03 นาที

## Evacuation Time Report

Building Name : Building Example 1.5 (Floor to Floor)

Address : .

User : Somyos Wongsook

Date : Fri Feb 05 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start : 1

Delay time : 2.50 min.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/min. |        |        |        | Vertical travel time min. |        |        |        | Floor's travel time min. | Stairways's travel time min. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 10        | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 3.13                     | 3.45                         |
| 9         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 6.26                     | 6.58                         |
| 8         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 9.39                     | 9.71                         |
| 7         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 12.52                    | 12.84                        |
| 6         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 15.65                    | 15.97                        |
| 5         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 18.78                    | 19.1                         |
| 4         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 21.91                    | 22.23                        |
| 3         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 25.04                    | 25.36                        |
| 2         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.32                      | 0.32   | -      | -      | 28.17                    | 28.49                        |

Total travel time : 28.49 min.

Delay time : 2.50 min.

Total evacuation time : 30.99 min.

ภาพที่ 32 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดความสูงระหว่างชั้น

#### 4. ความยาวของชานพัก จากยาว 8 ฟุต เหลือ 7 ฟุต

เมื่อลดขนาดของชานพัก จาก 8 ฟุต เหลือ 7 ฟุต ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมได้ผลดังภาพที่ 33 ซึ่งพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละชั้น แต่ละทางออก มีค่าเท่ากับ 48 คนต่อนาที และเวลาที่ใช้อพยพที่บันไดหนีไฟในแต่ละชั้น เท่ากับ 0.33 นาที จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด เท่ากับ 28.50 นาที

จากผลที่ได้จะพบว่า การลดความยาวของชานพักลง 1 ฟุต มีผลทำให้เวลาการอพยพทั้งหมด ลดลงเพียง 0.02 นาที

### Evacuation Time Report

Building Name : Building Example 1.6 (Landing)

Address : .

User : Somyos Wongsook

Date : Fri Feb 05 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start : 1

Delay time : 2.50 min.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/min. |        |        |        | Vertical travel time min. |        |        |        | Floor's travel time min. | Stairways's travel time min. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 10        | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 3.13                     | 3.46                         |
| 9         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 6.26                     | 6.59                         |
| 8         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 9.39                     | 9.72                         |
| 7         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 12.52                    | 12.85                        |
| 6         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 15.65                    | 15.98                        |
| 5         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 18.78                    | 19.11                        |
| 4         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 21.91                    | 22.24                        |
| 3         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 25.04                    | 25.37                        |
| 2         | 300                | 2              | 48                           | 48     | -      | -      | 0.33                      | 0.33   | -      | -      | 28.17                    | 28.5                         |

Total travel time : 28.50 min.

Delay time : 2.50 min.

Total evacuation time : 31.00 min.

ภาพที่ 33 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟเมื่อลดขนาดของชานพัก

#### การศึกษาการใช้โปรแกรมคำนวณเวลาในการอพยพเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารใหม่

การศึกษาการใช้โปรแกรมคำนวณเวลาในการอพยพกับอาคารสำนักงาน 25 ชั้นแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่บนถนนรามคำแหง หัวหมาก โดยโปรแกรมคำนวณจำนวนผู้อยู่อาศัยในแต่ละชั้นและจำนวนเส้นทางหนีไฟได้ดังตารางที่ 16 และออกแบบให้ระยะระหว่างชั้น จำนวนชานพัก และขนาดโถงทางเดินแต่ละชั้นพื้นที่และความกว้างดังระบุในตารางที่ 16 โดยอาคารมีประตูหนีไฟกว้าง 1 เมตร

บันไดหนีไฟมีลูกตั้งสูง 195 มิลลิเมตร ลูกนอนลึก 250 มิลลิเมตร บันไดกว้าง 1.6 เมตร ชานพักยาว 3.2 เมตร และกำหนดให้ชั้นที่ 1 เป็นชั้นเกิดเพลิงไหม้ และหน่วงเวลาก่อนการอพยพเท่ากับ 0 วินาที

### 1. จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย

จากจำนวนประชากรที่คำนวณได้ จะได้ว่า ชั้นที่ 1 ถึง ชั้นที่ 25 ต้องมีเส้นทางหนีไฟอย่างน้อย 2 เส้นทาง และชั้นที่ 4 ต้องมีเส้นทางหนีไฟอย่างน้อย 3 เส้นทาง ดังนั้น จึงกำหนดให้ ชั้น 1 ถึง ชั้น 3 มีเส้นทางหนีไฟเพิ่มเป็น 3 เส้นทางเช่นกัน

## Evacuation Time Report

Building Name : Building 25 Floor (Design)

Address : Ramkhumhang, Hua-mak  
Bangkok

User : Somyos Wongsook

Date : Mon Feb 08 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Design

Standard : ... (E.I.T.)

Fire Start : 1

Delay time : 0 sec.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/sec. |        |        |        | Vertical travel time sec. |        |        |        | Floor's travel time sec. | Stairways's travel time sec. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 25        | 301                | 2              | 0.92                         | 0.92   | -      | -      | 34                        | 34     | -      | -      | 164                      | 198                          |
| 24        | 241                | 2              | 0.69                         | 0.69   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 339                      | 363                          |
| 23        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 407                      | 431                          |
| 22        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 475                      | 499                          |
| 21        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 543                      | 567                          |
| 20        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 611                      | 635                          |
| 19        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 679                      | 703                          |
| 18        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 747                      | 771                          |
| 17        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 815                      | 839                          |
| 16        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 883                      | 907                          |
| 15        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 951                      | 975                          |
| 14        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 1019                     | 1043                         |
| 13        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 1087                     | 1111                         |
| 12        | 87                 | 2              | 0.64                         | 0.64   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 1155                     | 1179                         |
| 11        | 87                 | 2              | 0.63                         | 0.63   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 1225                     | 1249                         |
| 10        | 87                 | 2              | 0.24                         | 0.24   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 1407                     | 1431                         |
| 9         | 403                | 2              | 0.24                         | 0.24   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 2247                     | 2271                         |
| 8         | 439                | 2              | 0.92                         | 0.92   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 2486                     | 2510                         |
| 7         | 470                | 2              | 0.92                         | 0.92   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 2742                     | 2766                         |
| 6         | 463                | 2              | 0.92                         | 0.92   | -      | -      | 24                        | 24     | -      | -      | 2994                     | 3018                         |
| 5         | 447                | 2              | 0.92                         | 0.92   | -      | -      | 47                        | 47     | -      | -      | 3237                     | 3284                         |
| 4         | 501                | 3              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | -      | 47                        | 47     | 38     | -      | 481                      | 3331                         |
| 3         | 291                | 3              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 718                      | 3355                         |
| 2         | 118                | 3              | 0.41                         | 0.41   | 0.41   | -      | 46                        | 46     | 46     | -      | 937                      | 3401                         |

Total travel time : 3401 sec.

Delay time : 0 sec.

Total evacuation time : 3401 sec.

ภาพที่ 34 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้น

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณหาจำนวนผู้อาศัยในอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้นโดยโปรแกรม

| ชั้นที่ | จำนวนผู้อาศัย<br>ในชั้น | จำนวน<br>ทางออก | โถงทางเดิน   |                              | ระยะระหว่างชั้น<br>(m) | จำนวน<br>ซานพัก |
|---------|-------------------------|-----------------|--------------|------------------------------|------------------------|-----------------|
|         |                         |                 | กว้าง<br>(m) | พื้นที่<br>(m <sup>2</sup> ) |                        |                 |
| 2       | 118                     | 3               | 2.5          | 724.5                        | 6.5                    | 4               |
| 3       | 291                     | 3               | 1.5          | 263.1                        | 3                      | 2               |
| 4       | 501                     | 3               | 2            | 726.8                        | 7                      | 4               |
| 5       | 447                     | 2               | 2            | 345.9                        | 7                      | 4               |
| 6       | 463                     | 2               | 2            | 345.9                        | 3.5                    | 2               |
| 7       | 470                     | 2               | 2            | 345.9                        | 3.5                    | 2               |
| 8       | 439                     | 2               | 2            | 345.9                        | 3.5                    | 2               |
| 9       | 403                     | 2               | 2            | 3,208.9                      | 3.5                    | 2               |
| 10      | 87                      | 2               | 1.9          | 666.1                        | 3.5                    | 2               |
| 11      | 87                      | 2               | 1.9          | 249.6                        | 3.5                    | 2               |
| 12      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 13      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 14      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 15      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 16      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 17      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 18      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 19      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 20      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 21      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 22      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 23      | 87                      | 2               | 1.9          | 245.5                        | 3.5                    | 2               |
| 24      | 241                     | 2               | 2.5          | 880.4                        | 3.5                    | 2               |
| 25      | 301                     | 2               | 2            | 284.0                        | 7                      | 4               |

ผลการคำนวณเวลาในการอพยพโดยใช้โปรแกรมดังข้อมูลในภาพที่ 34 จะพบว่า ผู้อพยพต้องใช้เวลาในการอพยพถึง 3,401 วินาที หรือ เท่ากับ 56 นาที 41 วินาที ในการอพยพออกจากอาคาร โดยที่ยังไม่รวมการหน่วงเวลาก่อนการอพยพ ซึ่งเมื่อเทียบกับเวลาในการอพยพคนออกจากอาคารตามกฎหมายกำหนดแล้ว พบว่า ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาที่กฎหมายกำหนดเพียง 3 นาที 19 วินาที

## 2. การเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟ

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอพยพจากการคำนวณที่ได้ค่อนข้างมาก โดยใช้จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย ผู้ออกแบบจึงเพิ่มเส้นทางหนีไฟเพิ่มขึ้นอีก เพื่อต้องการให้เวลาในการอพยพน้อยลง โดยผู้ออกแบบเพิ่มเส้นทางหนีไฟที่ที่ 3 จากชั้น 25 มาจนถึงชั้น 1 และเส้นทางหนีไฟที่ 4 จากชั้นที่ 9 มาจนถึงชั้น 1 โดยขนาดของเส้นทางหนีไฟที่ 3 และ 4 ผู้ออกแบบได้กำหนดให้มีประตูหนีไฟกว้าง 0.9 เมตร บันไดหนีไฟมีลูกตั้งสูง 195 มิลลิเมตร ลูกนอนลึก 250 มิลลิเมตร บันไดกว้าง 0.9 เมตร ชานพักยาว 2 เมตร

เมื่อโปรแกรมประมวลผล จะได้เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งสิ้น 1,997 วินาที หรือ 33 นาที 17 วินาที ดังภาพที่ 35 ซึ่งพบว่า เวลาการอพยพที่ได้้น้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการอพยพเมื่อใช้จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยถึง 1,404 วินาที หรือ 23 นาที 24 วินาที

## Evacuation Time Report

Building Name : Building 25 Floor (As built)

Address : Ramkhumhang, Hua-mak  
Bangkok

User : Somyos Wongsook

Date : Sun Feb 07 00:00:00 ICT 2010

Purpose : Occupied

Standard :

Fire Start : 1

Delay time : 0 sec.

| Floor No. | Amount of Occupant | Amount of Exit | Calculated flow persons/sec. |        |        |        | Vertical travel time sec. |        |        |        | Floor's travel time sec. | Stairways's travel time sec. |
|-----------|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------------------|
|           |                    |                | Exit 1                       | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 | Exit 1                    | Exit 2 | Exit 3 | Exit 4 |                          |                              |
| 25        | 301                | 3              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | -      | 25                        | 25     | 38     | -      | 115                      | 153                          |
| 24        | 241                | 3              | 0.69                         | 0.69   | 0.69   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 231                      | 255                          |
| 23        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 277                      | 301                          |
| 22        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 323                      | 347                          |
| 21        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 369                      | 393                          |
| 20        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 415                      | 439                          |
| 19        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 461                      | 485                          |
| 18        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 507                      | 531                          |
| 17        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 553                      | 577                          |
| 16        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 599                      | 623                          |
| 15        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 645                      | 669                          |
| 14        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 691                      | 715                          |
| 13        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 737                      | 761                          |
| 12        | 87                 | 3              | 0.64                         | 0.64   | 0.64   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 783                      | 807                          |
| 11        | 87                 | 3              | 0.63                         | 0.63   | 0.63   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 829                      | 853                          |
| 10        | 87                 | 3              | 0.24                         | 0.24   | 0.24   | -      | 24                        | 24     | 19     | -      | 950                      | 974                          |
| 9         | 403                | 4              | 0.24                         | 0.24   | 0.24   | 0.24   | 24                        | 24     | 19     | 11     | 1112                     | 1136                         |
| 8         | 439                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 24                        | 24     | 19     | 19     | 1241                     | 1265                         |
| 7         | 470                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 24                        | 24     | 19     | 19     | 1379                     | 1403                         |
| 6         | 463                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 24                        | 24     | 19     | 19     | 1515                     | 1539                         |
| 5         | 447                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 47                        | 47     | 38     | 38     | 1646                     | 1693                         |
| 4         | 501                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 47                        | 47     | 38     | 38     | 1793                     | 1840                         |
| 3         | 291                | 4              | 0.92                         | 0.92   | 0.79   | 0.79   | 24                        | 24     | 19     | 19     | 1879                     | 1903                         |
| 2         | 118                | 4              | 0.41                         | 0.41   | 0.41   | 0.41   | 46                        | 46     | 36     | 36     | 1951                     | 1997                         |

Total travel time : 1997 sec.

Delay time : 0 sec.

Total evacuation time : 1997 sec.

ภาพที่ 35 ผลการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟอาคารสำนักงานใหม่ 25 ชั้นหลังเพิ่มเส้นทางหนีไฟ

## วิจารณ์

### การทดสอบการใช้งานโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ

จากการทดสอบการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ ในการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพของอาคารสำนักงาน 10 ชั้น พบว่า ในขั้นตอนการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพ โดยการใช้โปรแกรม และ การคำนวณด้วยมือ ผลของการคำนวณอัตราการไหลจากการคำนวณซึ่งแปรผกผันกับเวลาที่ใช้เดินทางประตู และผลของการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางในบันไดหนีไฟ ทั้งสองวิธีในการคำนวณมีค่าตรงกัน

ขั้นตอนการกำหนดลำดับการอพยพ จะพบว่า การกำหนดลำดับการอพยพ เวลาการอพยพในแต่ละชั้น และเวลาการอพยพทั้งหมดที่ได้มีค่าเท่ากัน

ดังนั้น แสดงว่า การใช้โปรแกรมในการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพมีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริง

### การศึกษาผลกระทบเนื่องจากตัวแปรทางกายภาพของเส้นทางหนีไฟต่อเวลาในการหนีไฟ

จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพของอาคารสำนักงาน 10 ชั้น โดยการศึกษาผลกระทบเนื่องจากตัวแปรทางกายภาพของเส้นทางหนีไฟต่อเวลาในการหนีไฟ 4 ตัวแปร ได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ ความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ ความสูงระยะระหว่างชั้น และความยาวของชานพัก พบว่า

1. การเพิ่มความกว้างของประตูหนีไฟ จะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพทำให้เวลาที่ใช้ในการอพยพลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจาก ความกว้างของประตูหนีไฟแปรผกผันกับเวลาที่ใช้เดินทางประตู
2. การลดความสูงของลูกตั้งบันไดหนีไฟ มีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพน้อยมาก แต่จะมีผลกระทบก็ต่อเมื่ออัตราการไหลของบันไดมีค่าน้อยกว่าค่าการไหลจำเพาะสูงสุด เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทางในบันไดของชั้น 10 ที่ใช้เวลาน้อยกว่าชั้นอื่น ๆ

3. การลดความสูงระยะระหว่างชั้น เนื่องจากความสูงที่ลดลงน้อยจึงมีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพน้อยเช่นกัน แม้ว่า ความสูงระหว่างจะแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้เดินทางในบันได

4. การเพิ่มหรือลดความยาวของชานพัก เนื่องจากความยาวที่ลดลงน้อยจึงมีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพน้อยเช่นกัน แม้ว่า ความยาวของชานจะแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้เดินทางในบันได

### การศึกษาการใช้โปรแกรมคำนวณเวลาในการอพยพเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารใหม่

จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพของอาคารสำนักงานสูง 25 ชั้นแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่บนถนนรามคำแหง หัวหมาก โดยศึกษาถึงการใช้จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย และการปรับเปลี่ยนจำนวนเส้นทางหนีไฟ ผลการศึกษาพบว่า

1. จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย จากผลศึกษาพบว่า เวลาที่ใช้ในการอพยพถึง 56 นาที 41 วินาที ซึ่งเกือบถึง 1 ชั่วโมงที่เป็นเวลามากสุดที่กฎหมายกำหนดให้อพยพออกจากอาคาร

2. การเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟ ผู้ออกแบบอาคารดังกล่าวได้ออกแบบโดยการเพิ่มเส้นทางหนีไฟมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้คือ เวลาที่ใช้ในการอพยพคือ 33 นาที 17 วินาที ซึ่งน้อยกว่า การใช้เส้นทางหนีไฟเท่าจำนวนเส้นทางอย่างน้อยที่มาตรฐานกำหนด ถึงแม้จะทำให้เวลาในการอพยพน้อยลง แต่ผู้ออกแบบเองต้องประเมินด้วยว่า ยอมรับได้หรือไม่หากการเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟอาจมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยที่เกี่ยวข้องกับการอพยพหนีไฟทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศ และสร้างและพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. จากการพัฒนาโปรแกรมในการจำลองและประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟขึ้นมา และทดสอบการใช้งานโดยเปรียบเทียบผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณด้วยมือ ปรากฏว่า เวลาที่ใช้ในแต่ละลำดับการอพยพมีค่าเท่ากัน และเวลาที่ใช้ในการอพยพโดยรวมที่ได้ก็เท่ากัน แสดงว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความถูกต้องของผลการคำนวณและสามารถใช้งานได้จริง

2. การศึกษาผลกระทบเนื่องจากตัวแปรทางกายภาพของเส้นทางหนีไฟต่อเวลาในการหนีไฟ 4 ตัวแปร ได้แก่ ความกว้างของประตูหนีไฟ ความสูงของลูกตึงบ้นไดหนีไฟ ความสูงระยะระหว่างชั้น และความยาวของชานพัก พบว่า ความกว้างของประตูหนีไฟที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาในการอพยพลดลงอย่างชัดเจน โดยที่ตัวแปรอื่นๆ มีผลต่อเวลาในการอพยพน้อยมาก

3. การศึกษาการใช้โปรแกรมกับการออกแบบอาคารใหม่ ให้ประเมินเวลาในการอพยพหนีไฟ โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพจากการออกแบบโดยใช้จำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย และการออกแบบโดยเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟให้มากกว่ามาตรฐาน พบว่า การเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟที่เหมาะสม เป็นวิธีหนึ่งในการออกแบบเพื่อช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอพยพและนำมาซึ่งความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อาคาร

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองในการอพยพหนีไฟทางบันไดหนีไฟตามสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา ผู้ศึกษาวิจัยพบว่า มีข้อจำกัดบางประการในการทำการศึกษาวิจัย จึงมีข้อเสนอแนะบางประการ ดังนี้

1. โปรแกรมนี้พัฒนามาจากสูตรการคำนวณเวลาในการอพยพของ National Fire Protection Association ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพัฒนาภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีความแตกต่างทางกายภาพจากคนไทย อาทิเช่น ขนาดของร่างกาย ความสูง น้ำหนัก เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของร่างกาย อาจทำให้เวลาการอพยพมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ผู้ที่จะทำการศึกษาคควรพัฒนาสูตรการคำนวณเวลาการอพยพที่เหมาะสมกับคนไทยมากขึ้น
2. โปรแกรมมีข้อจำกัดด้านขนาดลูกตั่งและลูกนอนของบันไดหนีไฟ (ขนาดลูกตั่ง,ขนาดลูกนอน) ซึ่งมีตัวเลือกให้ใช้ได้เพียง 4 คู่เท่านั้น คือ (7.5,10), (7,11), (6.5,12), (6.5,13) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจมีตัวเลือกได้มากกว่านี้แต่ยังไม่มีผู้ที่ศึกษาวิจัย ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ผู้ที่จะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของลูกตั่งลูกนอนของบันไดหนีไฟขนาดต่าง ๆ เพิ่มเติม
3. การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณเวลาที่ใช้อพยพทางบันไดหนีไฟ โดยมีข้อจำกัด คือ บันไดหนีไฟต้องเป็นบันไดหนีไฟที่ได้มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยเท่านั้น และไม่มีการคำนวณเวลาการอพยพจากจุดที่อยู่ไปยังประตูหนีไฟ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- คณะกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล  
ประจำปี 2547-25450. 2550. **มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์  
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ณัฐกรณ์ เสฏฐิตต์. 2546. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์การหนีไฟภายใน  
อาคารโดยการใช้บันไดหนีไฟ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัศวิน นามวงศ์. 2546. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์และประเมิน  
การหนีไฟภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Cote, R. and G. E. Harrington. 2006. **Life Safety Code Handbook**. 10<sup>th</sup> ed. National Fire  
Protection Association, Quincy, MA.
- Fahy, R. F. 2003. Calculation Methods for Egress Prediction, pp. 37-59. In K. Thorne,  
Developmental Editor. **NFPA Ready Reference Human Behavior in Fire  
Emergencies**. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Fahy, R. F. and G. Proulx. 2001. Toward Creating a Database on Delay Times to Start  
Evacuation and Walking Speeds for Use in Evacuation Modeling, pp. 175-183.  
**Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Human Behavior in Fire 2001**.  
Interscience Communications Ltd., London, UK.





ตารางผนวกที่ ก1 หน่วยงานอพยพ (นาที) ได้จากรายงานการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟจริง

| ประเภทอาคาร             | N   | Min | 1stQ | Median | 3rdQ | Max  | Mean | กรณี                                                                                     |
|-------------------------|-----|-----|------|--------|------|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| โรงแรมสูง               | 536 | 0   | 3.3  | 60     | 131  | 290  | n/a  | เกิดไฟไหม้ที่โรงแรม เอ็มจีเอ็ม แกรนด์, ไม่มีสัญญาณเตือน, ได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม           |
| โรงแรมสูง               | 47  | 0   | 2    | 5      | 17.5 | 120  | n/a  | เกิดไฟไหม้โรงแรมเวสเชส ฮิลตัน ไม่มีสัญญาณเตือนในตอนแรก, ได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม            |
| อาคารสำนักงานสูง        | 85  | 0   | 2    | 5      | 10   | 245  | 11.3 | เกิดระเบิดและไฟไหม้อาคารเวิร์ดเทรดเซ็นเตอร์ ไม่มีสัญญาณเตือน (อาคารใกล้เคียงระเบิด)      |
| อาคารสำนักงานสูง        | 46  | 0   | 4.5  | 10     | 31.5 | 185  | 28.4 | เกิดระเบิดและไฟไหม้อาคารเวิร์ดเทรดเซ็นเตอร์ ไม่มีสัญญาณเตือน (อาคารใกล้เคียงระเบิดออกไป) |
| อาคารสำนักงานสูง        | 107 | 1   | 1    | 1      | 1    | ~6.0 | n/a  | เกิดไฟไหม้, ไม่มีสัญญาณเตือน, ข้อมูลได้จากการสัมภาษณ์ผู้อาศัยชั้น 4 ของอาคาร             |
| อาคารสำนักงานสูงปานกลาง | 92  | 0   | 0.4  | 0.6    | 0.8  | <4   | 0.6  | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดี;<br>มีการควบคุมไฟ, อากาศอบอุ่น        |

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ประเภทอาคาร                 | N   | Min  | 1stQ | Median | 3rdQ | Max  | Mean | กรณี                                                                                                                                                          |
|-----------------------------|-----|------|------|--------|------|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| อาคารสำนักงาน<br>สูง        | 12  | 0.5  | n/a  | 1      | n/a  | 2.3  | 1.2  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>ข้อมูลได้จากคนแรกที่มาถึง<br>ประตุนั้นไคหนีไฟ เพื่อรอ<br>คำแนะนำต่อไป; กลุ่มผู้ได้รับ<br>การฝึก ข้อมูลได้จากวิดีโอที่<br>บันทึกไว้ |
| อาคารสำนักงาน<br>สูงปานกลาง | 161 | 0    | 0.5  | 0.9    | 1.4  | <5   | 1.1  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดิ;<br>มีการควบคุมไฟ, อาภาศนาว                                                                                |
| ห้างสรรพสินค้า<br>1 ชั้น    | 95  | 1    | 0.2  | 0.3    | 0.5  | 0.9  | 0.4  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>กลุ่มผู้ได้รับการฝึก ข้อมูลได้มา<br>จากผู้เกี่ยวข้อง 95 คน                                                                         |
| ห้างสรรพสินค้า<br>3 ชั้น    | 122 | 0.05 | n/a  | n/a    | n/a  | 1.6  | 0.6  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>กลุ่มผู้ได้รับการฝึก เวลาได้มา<br>จากการวิเคราะห์จากวิดีโอ                                                                         |
| ห้างสรรพสินค้า<br>1 ชั้น    | 122 | 0.07 | n/a  | n/a    | n/a  | 1.7  | 0.5  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>กลุ่มผู้ได้รับการฝึก เวลาได้มา<br>จากการวิเคราะห์จากวิดีโอ                                                                         |
| ห้างสรรพสินค้า<br>1 ชั้น    | 71  | 0.03 | n/a  | n/a    | n/a  | 1    | 0.4  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>กลุ่มผู้ได้รับการฝึก เวลาได้มา<br>จากการวิเคราะห์จากวิดีโอ                                                                         |
| อพาร์ทเมนต์สูง              | 33  | 0.3  | 0.8  | 1.3    | 4.4  | 10.2 | 2.8  | ไม่มีการแจ้งการซ่อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดิ                                                                                                            |

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ประเภทอาคาร    | N   | Min  | 1stQ | Median | 3rdQ | Max  | Mean  | กรณี                                                                         |
|----------------|-----|------|------|--------|------|------|-------|------------------------------------------------------------------------------|
| อพาร์ทเมนต์สูง | n/a | 0    | n/a  | n/a    | n/a  | n/a  | 10.5  | ไฟไหม้; ผู้อาศัยพยายามอพยพ<br>ในช่วงโมงแรก, ข้อมูลอยู่บน<br>ฐานของแบบสอบถาม  |
|                | 219 | 0    | n/a  | 187.8  | n/a  | 720  | 190.8 | ไฟไหม้; ผู้อาศัยทุกคน                                                        |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 93  | 0.4  | 1.5  | 3.6    | 6.9  | 18.6 | 5.3   | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดีมี<br>หิมะตกหนักขณะฝึกซ้อม |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 27  | 1    | 2    | 8      | 14   | >20  | n/a   | เกิดไฟไหม้ตอนเช้าตรู่<br>สัญญาณเตือนทำงาน มีผู้อาศัย<br>เพียงเล็กน้อยที่อพยพ |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 42  | 0.6  | 1    | 1.4    | 3    | >14  | 2.5   | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดี                           |
| ปานกลาง        |     |      |      |        |      |      |       |                                                                              |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 55  | >0.5 | 1.6  | 4.04   | 13.5 | >21  | 8.4   | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดี                           |
| ปานกลาง        |     |      |      |        |      |      |       |                                                                              |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 77  | >0.3 | 1.9  | 7.7    | 19.1 | >24  | 9.7   | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดี                           |
| ปานกลาง        |     |      |      |        |      |      |       |                                                                              |
| อพาร์ทเมนต์สูง | 80  | >0.3 | 1.2  | 2.5    | 3.7  | >12  | 3.1   | ไม่มีการแจ้งการซ้อมอพยพ<br>สมรรถนะของสัญญาณเตือนดี                           |
| ปานกลาง        |     |      |      |        |      |      |       |                                                                              |
| ศูนย์ฝึกอบรม   | 566 | <0.2 | 0.7  | 1.1    | 1.5  | >5   | n/a   | ทดสอบที่ศูนย์ฝึกขณะทุกคน<br>หลับ                                             |

ที่มา: Fahy and Proulx (2001)



ภาคผนวก ข  
ผลการคำนวณผู้อยู่อาศัยในอาคารสำนักงานใหม่

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 2

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ           | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย               | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง              | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 8.2                             | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1            | 23.7                            | 30                   | 1           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1               | 25.0                            | 30                   | 1           |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2            | 26.1                            | 30                   | 1           |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2               | 23.8                            | 30                   | 1           |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3            | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | สำนักการกีฬา 1           | 561.1                           | 10                   | 56          |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | สำนักการกีฬา 2           | 574.5                           | 10                   | 57          |
|          |                       |                        |                          | รวม ความจุคนทั้งชั้น            |                      | 118         |

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 3

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ           | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย               | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง              | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 10.9                            | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการสถาบัน    | 22.6                            | 10                   | 2           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องที่ทำการกองวิจัย     | 194.5                           | 10                   | 19          |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องหัวหน้ากอง           | 19.6                            | 10                   | 2           |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย 1         | 77.6                            | 1.5                  | 52          |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย 2         | 28.3                            | 1.5                  | 19          |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 3             | 33.4                            | 1.5                  | 22          |
| 16       | สถานที่ชุมชน          | พื้นที่ฝึกซ้อมกีฬา     | ห้องทดสอบว่ายน้ำ         | 60.8                            | 3                    | 20          |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ห้องแต่งตัว 1            | 21.0                            |                      | 0           |
| 18       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องจำลองสภาวะ           | 53.8                            | 5                    | 11          |
| 19       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องทดสอบอื่น ๆ 1        | 57.8                            | 5                    | 12          |
| 20       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องทดสอบอื่น ๆ 2        | 50.8                            | 5                    | 10          |
| 21       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องทดสอบอื่น ๆ 3        | 72.2                            | 5                    | 14          |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 1       | 9.2                             | 10                   | 1           |
| 23       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 2       | 8.9                             | 10                   | 1           |
| 24       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 3       | 9.2                             | 10                   | 1           |
| 25       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 4       | 9.1                             | 10                   | 1           |

### ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้                        | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 26       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องศึกษาวิจัยโภชนาการกีฬา&สรีรวิทยา | 197.8                           | 5                    | 40          |
| 27       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องวิเคราะห์ทักษะทางกีฬา            | 118.9                           | 5                    | 24          |
| 28       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องสารสนเทศและบริการคอมฯ            | 82.3                            | 5                    | 16          |
| 29       | สถานศึกษา             | ห้องทดลอง              | ห้องวิจัยวิศวกรรมและเทคโนโลยีคอมฯ    | 107.9                           | 5                    | 22          |
| 30       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ห้องแต่งตัว 2                        | 12.0                            |                      | 0           |
| 31       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1                        | 10.9                            | 30                   | 0           |
| 32       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU                             | 18.3                            | 30                   | 1           |
| รวม      |                       |                        |                                      |                                 |                      | 291         |

### ตารางผนวกที่ ข3 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 4

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 1         | 7.4                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 1             | 22.1                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 1            | 20.8                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | งานกายภาพบำบัด           | 49.0                            | 10                   | 5           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องหัวหน้างาน           | 12.9                            | 10                   | 1           |
| 10       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องกายภาพบำบัด          | 116.1                           | 5                    | 23          |
| 11       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | สระฟื้นฟูร่างกาย         | 92.9                            | 5                    | 19          |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าเล็ก 1   | 26.9                            | 30                   | 1           |

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน             | กิจกรรมการใช้               | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าเล็ก 2      | 33.2                            | 30                   | 1           |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าใหญ่ 1      | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าใหญ่ 2      | 10.2                            | 30                   | 0           |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าใหญ่ 3      | 8.6                             | 30                   | 0           |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าใหญ่ 4      | 8.6                             | 30                   | 0           |
| 18       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า/ห้องนี้ | ห้องแต่งตัว 1               | 3.3                             |                      | 0           |
| 19       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า/ห้องนี้ | ห้องแต่งตัว 2               | 3.3                             |                      | 0           |
| 20       | สถานที่ชุมชน          | พื้นที่ฝึกซ้อมกีฬา          | ห้องฝึกและเสริมสมรรถภาพ     | 380.6                           | 3                    | 127         |
| 21       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน                    | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 1          | 28.7                            | 10                   | 3           |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน                    | ห้องผู้เชี่ยวชาญ 2          | 12.7                            | 10                   | 1           |
| 23       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย            | ห้องฟิตเนส                  | 51.6                            | 5                    | 10          |
| 24       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย            | ห้องนวด                     | 33.6                            | 5                    | 7           |
| 25       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย            | ห้องควบคุม                  | 22.4                            | 5                    | 4           |
| 26       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย            | Think Tank 1                | 16.2                            | 5                    | 3           |
| 27       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย            | Think Tank 2                | 16.2                            | 5                    | 3           |
| 28       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้อง AHU 1                  | 15.9                            | 30                   | 1           |
| 29       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล           | ห้อง AHU 2                  | 19.5                            | 30                   | 1           |
| 30       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                     | ห้องน้ำคนพิการ 2            | 4.7                             |                      | 0           |
| 31       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                     | ห้องน้ำชาย 2                | 26.1                            |                      | 0           |
| 32       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                     | ห้องน้ำหญิง 2               | 26.9                            |                      | 0           |
| 33       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด      | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2    | 1.3                             | 10                   | 0           |
| 34       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน                    | สำนักงานกองสมรรถภาพ         | 271.7                           | 10                   | 27          |
| 35       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน                    | ห้องผู้อำนวยการกอง          | 25.9                            | 10                   | 3           |
| 36       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา        | ห้องประชุม                  | 28.0                            | 1.5                  | 19          |
| 37       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ                    | ห้องวิเคราะห์               | 19.9                            | 5                    | 4           |
| 38       | สถานที่ชุมชน          | พื้นที่ฝึกซ้อมกีฬา          | ห้องปฏิบัติการทรงตัว, สมาธิ | 41.1                            | 3                    | 14          |

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้      | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 39       | สถานที่ชุมชน          | ศูนย์ออกกำลังกาย       | ห้องทดสอบสมรรถภาพ  | 647.0                           | 5                    | 129         |
| 40       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 3         | 15.6                            | 30                   | 1           |
| 41       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | สำนักงานตรวจรักษา  | 239.8                           | 10                   | 24          |
| 42       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการกอง | 15.9                            | 10                   | 2           |
| 43       | สถานพยาบาล            | ห้องเก็บยา             | คลังยา             | 14.9                            |                      | 0           |
| 44       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | เก็บของ            | 23.0                            | 30                   | 1           |
| 45       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแพทย์ 1     | 11.5                            | 10                   | 1           |
| 46       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแพทย์ 2     | 11.5                            | 10                   | 1           |
| 47       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแพทย์ 3     | 8.8                             | 10                   | 1           |
| 48       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพัก            | 28.2                            | 10                   | 3           |
| 49       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้อง X-Ray         | 43.0                            | 5                    | 9           |
| 50       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องตรวจ           | 39.0                            | 5                    | 8           |
| 51       | สถานพยาบาล            | ห้องปฏิบัติการ         | LAB 1              | 18.8                            | 20                   | 1           |
| 52       | สถานพยาบาล            | ห้องปฏิบัติการ         | LAB 2              | 18.8                            | 20                   | 1           |
| 53       | สถานพยาบาล            | ห้องปฏิบัติการ         | LAB 3              | 11.2                            | 20                   | 1           |
| 54       | สถานพยาบาล            | ห้องปฏิบัติการ         | LAB 4              | 16.1                            | 20                   | 1           |
| 55       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องตรวจคลื่นหัวใจ | 33.5                            | 5                    | 7           |
| 56       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องตรวจสารกระตุ้น | 71.3                            | 5                    | 14          |
| 57       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องผ่าตัดเล็ก     | 21.3                            | 5                    | 4           |
| 58       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | งานทันตอนามัย      | 46.0                            | 5                    | 9           |
| 59       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องทันตกรรม 1     | 14.8                            | 5                    | 3           |
| 60       | สถานพยาบาล            | ห้องตรวจ               | ห้องทันตกรรม 2     | 17.0                            | 5                    | 3           |
| 61       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 4         | 11.0                            | 30                   | 0           |

ความจุคนทั้งสิ้น 501

ตารางผนวกที่ ข4 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 5

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 1         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 1             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 1            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 8.7                             | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1               | 19.7                            | 10                   | 2           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1            | 19.4                            | 30                   | 1           |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง SERVER              | 100.7                           | 30                   | 3           |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายกฎหมาย               | 751.6                           | 10                   | 75          |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ          | 42.3                            | 10                   | 4           |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 1             | 124.5                           | 1.5                  | 83          |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 2             | 60.7                            | 1.5                  | 40          |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 3             | 47.2                            | 1.5                  | 31          |
| 18       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่นๆ           | ห้องจัดเตรียม            | 27.5                            | 10                   | 3           |
| 19       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2            | 14.4                            | 30                   | 0           |
| 20       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3            | 11.9                            | 30                   | 0           |
| 21       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 1             | 20.5                            | 30                   | 1           |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2               | 14.2                            | 30                   | 0           |
| 23       | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 1                 | 20.0                            | 10                   | 2           |
| 24       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายกีฬาเป็นเลิศ         | 1760.1                          | 10                   | 176         |
| 25       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ          | 25.2                            | 10                   | 3           |

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

| ลำดับที่         | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 26               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย           | 24.4                            | 1.5                  | 16          |
| 27               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 2             | 22.5                            | 30                   | 1           |
| 28               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 3             | 20.7                            | 30                   | 1           |
| 29               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 4               | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 30               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 5               | 16.6                            | 30                   | 1           |
| 31               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 2         | 4.7                             |                      | 0           |
| 32               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 2             | 26.1                            |                      | 0           |
| 33               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 2            | 26.9                            |                      | 0           |
| 34               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 3 | 1.3                             | 10                   | 0           |
| 35               | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 2                 | 20.4                            | 10                   | 2           |
| รวมจำนวนทั้งสิ้น |                       |                        |                          |                                 |                      | 447         |

ตารางผนวกที่ ข5 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 6

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 1         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 1             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 1            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 8.7                             | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1               | 19.7                            | 30                   | 1           |

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้               | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1               | 19.4                            | 30                   | 1           |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายพัฒนากีฬาอาชีพ          | 1474.3                          | 10                   | 147         |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ             | 33.5                            | 10                   | 3           |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย              | 27.4                            | 1.5                  | 18          |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 1                | 124.5                           | 1.5                  | 83          |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 2                | 60.7                            | 1.5                  | 40          |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 3                | 47.2                            | 1.5                  | 31          |
| 18       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ห้องจัดเตรียม               | 27.5                            | 10                   | 3           |
| 19       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2               | 14.4                            | 30                   | 0           |
| 20       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3               | 71.3                            | 30                   | 2           |
| 21       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 4               | 11.9                            | 30                   | 0           |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 5               | 23.7                            | 30                   | 1           |
| 23       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2                  | 14.2                            | 30                   | 0           |
| 24       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 3                  | 18.7                            | 30                   | 1           |
| 25       | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 1                    | 27.1                            | 10                   | 3           |
| 26       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายสิทธิประโยชน์และมาตรฐาน | 1009.3                          | 10                   | 101         |
| 27       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ             | 25.2                            | 10                   | 3           |
| 28       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย              | 24.4                            | 1.5                  | 16          |
| 29       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 1                | 22.5                            | 30                   | 1           |
| 30       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 2                | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 31       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 3                | 30.0                            | 30                   | 1           |
| 32       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 4                  | 20.7                            | 30                   | 1           |
| 33       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 5                  | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 34       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 6                  | 16.6                            | 30                   | 1           |
| 35       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 2            | 4.7                             |                      | 0           |

### ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

| ลำดับที่   | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 36         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 2             | 26.1                            |                      | 0           |
| 37         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 2            | 26.9                            |                      | 0           |
| 38         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 3 | 1.3                             | 10                   | 0           |
| 39         | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 2                 | 20.4                            | 10                   | 2           |
| รวมทั้งหมด |                       |                        |                          |                                 |                      | 463         |

### ตารางผนวกที่ ข6 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 7

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ขนของ            | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 1         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 1             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 1            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 8.7                             | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1               | 19.7                            | 30                   | 1           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1            | 19.4                            | 30                   | 1           |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายการคลัง              | 1474.3                          | 10                   | 147         |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ          | 33.5                            | 10                   | 3           |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย           | 27.4                            | 1.5                  | 18          |

## ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้     | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 1      | 124.5                           | 1.5                  | 83          |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 2      | 60.7                            | 1.5                  | 40          |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 3      | 47.2                            | 1.5                  | 31          |
| 18       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ห้องจัดเตรียม     | 27.5                            | 10                   | 3           |
| 19       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2     | 14.4                            | 30                   | 0           |
| 20       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3     | 71.3                            | 30                   | 2           |
| 21       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 4     | 11.9                            | 30                   | 0           |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 5     | 23.7                            | 30                   | 1           |
| 23       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2        | 14.2                            | 30                   | 0           |
| 24       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 3        | 18.7                            | 30                   | 1           |
| 25       | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 1          | 27.1                            | 10                   | 3           |
| 26       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายนโยบายและแผน  | 959.9                           | 10                   | 96          |
| 27       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ 1 | 25.2                            | 10                   | 3           |
| 28       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ 2 | 21.2                            | 10                   | 2           |
| 29       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย 1  | 20.0                            | 1.5                  | 13          |
| 30       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย 2  | 20.2                            | 1.5                  | 13          |
| 31       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 1      | 22.5                            | 30                   | 1           |
| 32       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 2      | 21.8                            | 30                   | 1           |
| 33       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 3      | 30.0                            | 30                   | 1           |
| 34       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 4        | 20.7                            | 30                   | 1           |
| 35       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 5        | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 36       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 6        | 16.6                            | 30                   | 1           |
| 37       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 2  | 4.7                             |                      | 0           |
| 38       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 2      | 26.1                            |                      | 0           |
| 39       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 2     | 26.9                            |                      | 0           |

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

| ลำดับที่         | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 40               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 3 | 1.3                             | 10                   | 0           |
| 41               | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 2                 | 20.4                            | 10                   | 2           |
| รวมจำนวนทั้งสิ้น |                       |                        |                          |                                 |                      | 470         |

ตารางผนวกที่ ข7 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 8

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์                 | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า                | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 1         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 1             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 1            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 1 | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 2 | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน           | 8.7                             | 10                   | 1           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1               | 19.7                            | 30                   | 1           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1            | 19.4                            | 30                   | 1           |
| 12       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายพัฒนาบุคลากรกีฬาและ  | 970.8                           | 10                   | 97          |
| 13       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 1             | 124.5                           | 1.5                  | 83          |
| 14       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 2             | 60.7                            | 1.5                  | 40          |
| 15       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม 3             | 47.2                            | 1.5                  | 31          |
| 16       | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ห้องจัดเตรียม            | 27.5                            | 10                   | 3           |
| 17       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2            | 14.4                            | 30                   | 0           |

ตารางผนวกที่ ข7 (ต่อ)

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้            | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 18       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3            | 71.3                            | 30                   | 2           |
| 19       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 4            | 11.9                            | 30                   | 0           |
| 20       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 5            | 23.7                            | 30                   | 1           |
| 21       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2               | 14.2                            | 30                   | 0           |
| 22       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 3               | 18.7                            | 30                   | 1           |
| 23       | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 1                 | 27.1                            | 10                   | 3           |
| 24       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ฝ่ายสถานที่และบริการ     | 1473.9                          | 10                   | 147         |
| 25       | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ          | 25.2                            | 10                   | 3           |
| 26       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมฝ่าย           | 24.4                            | 1.5                  | 16          |
| 27       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 1             | 22.5                            | 30                   | 1           |
| 28       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 2             | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 29       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 3             | 30.0                            | 30                   | 1           |
| 30       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเอกสาร 4             | 42.8                            | 30                   | 1           |
| 31       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 4               | 20.7                            | 30                   | 1           |
| 32       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 5               | 21.3                            | 30                   | 1           |
| 33       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 6               | 16.6                            | 30                   | 1           |
| 34       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ 2         | 4.7                             |                      | 0           |
| 35       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย 2             | 26.1                            |                      | 0           |
| 36       | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง 2            | 26.9                            |                      | 0           |
| 37       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ 3 | 1.3                             | 10                   | 0           |
| 38       | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry 2                 | 20.4                            | 10                   | 2           |
|          |                       |                        |                          |                                 | ความจุคนทั้งชั้น     | 439         |

ตารางผนวกที่ ข8 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 9

| ลำดับที่   | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ขนของ          | 8.9                             |                      | 0           |
| 3          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7          | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8          | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1             | 7.4                             | 30                   | 0           |
| 10         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1          | 7.4                             | 30                   | 0           |
| 11         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | สำนักผู้ว่า            | 430.7                           | 10                   | 43          |
| 12         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องผู้อำนวยการ        | 33.7                            | 10                   | 3           |
| 13         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องหัวหน้า 1          | 17.0                            | 10                   | 2           |
| 14         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องหัวหน้า 2          | 14.1                            | 10                   | 1           |
| 15         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมใหญ่         | 38.0                            | 1.5                  | 25          |
| 16         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุม             | 22.5                            | 1.5                  | 15          |
| 17         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2          | 9.5                             | 30                   | 0           |
| 18         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 19         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ควดฟ้า (ส่วนเครื่องกล) | 95.8                            | 30                   | 3           |
| 20         | กิจกรรมทั่วไป         | กิจกรรมอื่น ๆ          | ควดฟ้า                 | 3112.8                          | 10                   | 311         |
| รวมทั้งหมด |                       |                        |                        |                                 |                      | 403         |

ตารางผนวกที่ ข9 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 10

| ลำดับที่   | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ        | 8.9                             |                      | 0           |
| 3          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7          | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8          | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9          | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1          | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 10         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2          | 4.2                             | 30                   | 0           |
| 11         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1             | 7.7                             | 30                   | 0           |
| 12         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2             | 8.0                             | 30                   | 0           |
| 13         | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry                 | 9.4                             | 10                   | 1           |
| 14         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 15         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 1        | 79.8                            | 10                   | 8           |
| 16         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 2        | 98.3                            | 10                   | 10          |
| 17         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 3        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 18         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 4        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 19         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 5        | 71.1                            | 10                   | 7           |
| 20         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 6        | 74.9                            | 10                   | 7           |
| 21         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 1       | 28.5                            | 1.5                  | 19          |
| 22         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 2       | 28.0                            | 1.5                  | 19          |
| รวมทั้งหมด |                       |                        |                        |                                 |                      | 87          |

ตารางผนวกที่ ข10 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 11

| ลำดับที่   | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2          | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ        | 8.9                             |                      | 0           |
| 3          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6          | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7          | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8          | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9          | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1          | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 10         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2          | 4.2                             | 30                   | 0           |
| 11         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1             | 7.7                             | 30                   | 0           |
| 12         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2             | 8.0                             | 30                   | 0           |
| 13         | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry                 | 9.4                             | 10                   | 1           |
| 14         | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 15         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 1        | 79.8                            | 10                   | 8           |
| 16         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 2        | 98.3                            | 10                   | 10          |
| 17         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 3        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 18         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 4        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 19         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 5        | 71.1                            | 10                   | 7           |
| 20         | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 6        | 74.9                            | 10                   | 7           |
| 21         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 1       | 28.5                            | 1.5                  | 19          |
| 22         | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 2       | 28.0                            | 1.5                  | 19          |
| รวมทั้งหมด |                       |                        |                        |                                 |                      | 87          |

ตารางผนวกที่ ข11 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 12 -23

| ลำดับที่         | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1                | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2                | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ        | 8.9                             |                      | 0           |
| 3                | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4                | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5                | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6                | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7                | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8                | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9                | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1          | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 10               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2          | 4.2                             | 30                   | 0           |
| 11               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 1             | 7.7                             | 30                   | 0           |
| 12               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้อง AHU 2             | 8.0                             | 30                   | 0           |
| 13               | กิจกรรมทั่วไป         | ครัว                   | Pantry                 | 9.4                             | 10                   | 1           |
| 14               | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 15               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 1        | 79.8                            | 10                   | 8           |
| 16               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 2        | 98.3                            | 10                   | 10          |
| 17               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 3        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 18               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 4        | 80.1                            | 10                   | 8           |
| 19               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 5        | 71.1                            | 10                   | 7           |
| 20               | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ที่ทำการสมาคม 6        | 74.9                            | 10                   | 7           |
| 21               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 1       | 28.5                            | 1.5                  | 19          |
| 22               | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องประชุมหรือสัมมนา   | ห้องประชุมย่อย 2       | 28.0                            | 1.5                  | 19          |
| รวมจำนวนทั้งสิ้น |                       |                        |                        |                                 |                      | 87          |

ตารางผนวกที่ ข12 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 24

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน        | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน             | โถงลิฟต์ชั้นของ        | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล      | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน               | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 1          | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 2          | 4.2                             | 30                   | 0           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 12       | สถานที่ชุมนุม         | โรงยิมเนเซียม          | ห้องอเนกประสงค์        | 843.3                           | 3.5                  | 241         |
|          |                       |                        |                        |                                 | ความจุคนทั้งชั้น     | 241         |

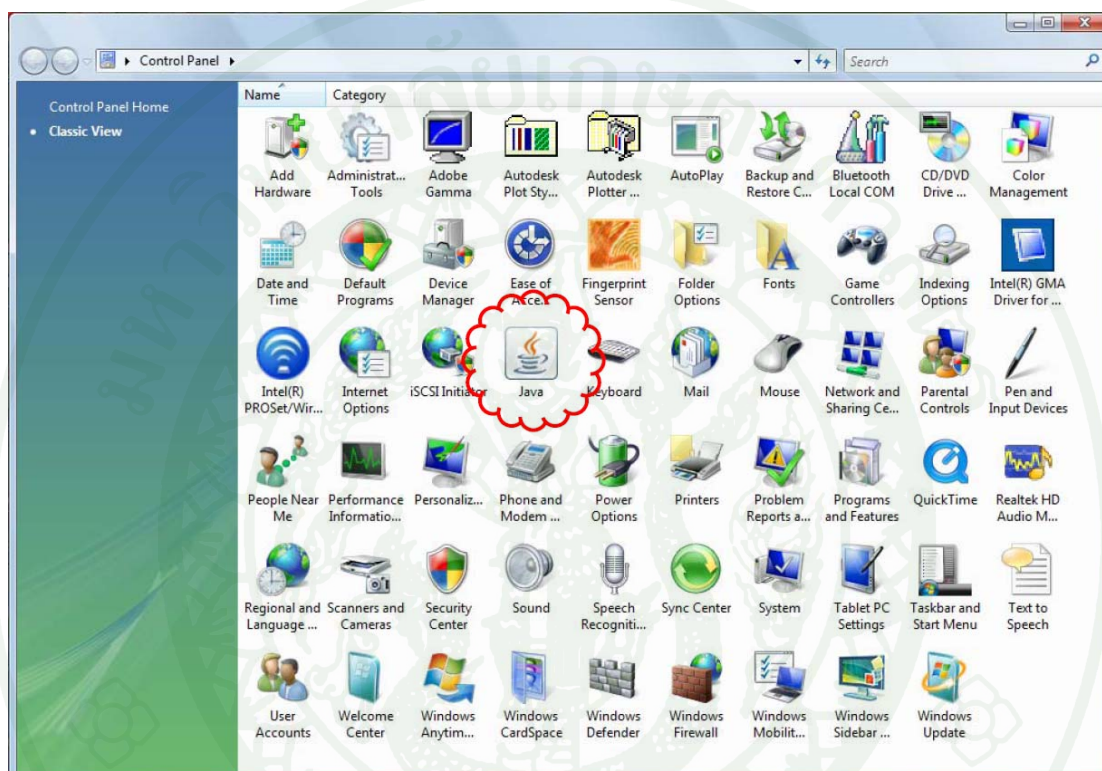
ตารางผนวกที่ ข13 ผลการคำนวณหาผู้อาศัยอาคารสำนักงานใหม่ ชั้นที่ 25

| ลำดับที่ | ประเภทการ<br>ครอบครอง | ลักษณะการใช้งาน                    | กิจกรรมการใช้          | พื้นที่<br>(เมตร <sup>2</sup> ) | ขนาดพื้นที่<br>ต่อคน | จำนวน<br>คน |
|----------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|
| 1        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน                         | โถงลิฟต์               | 40.7                            |                      | 0           |
| 2        | กิจกรรมทั่วไป         | โถงทางเดิน                         | โถงลิฟต์ชั้นของ        | 8.9                             |                      | 0           |
| 3        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องเครื่องจักรกล                  | ห้องไฟฟ้า              | 7.9                             | 30                   | 0           |
| 4        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                            | ห้องน้ำคนพิการ         | 7.0                             |                      | 0           |
| 5        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                            | ห้องน้ำชาย             | 20.9                            |                      | 0           |
| 6        | กิจกรรมทั่วไป         | ห้องน้ำ                            | ห้องน้ำหญิง            | 26.1                            |                      | 0           |
| 7        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่ซักล้างและอบรีด             | ห้องล้างและเก็บอุปกรณ์ | 1.6                             | 10                   | 0           |
| 8        | กิจกรรมทั่วไป         | สำนักงาน                           | ห้องพักแม่บ้าน         | 3.1                             | 10                   | 0           |
| 9        | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ             | ห้องเก็บของ 1          | 8.1                             | 30                   | 0           |
| 10       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ             | ห้องเก็บของ 2          | 4.2                             | 30                   | 0           |
| 11       | กิจกรรมทั่วไป         | พื้นที่หรือห้องเก็บของ             | ห้องเก็บของ 3          | 12.1                            | 30                   | 0           |
| 12       | สถานที่ชุมชน          | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าในโรงมหรสพ      | พื้นที่เตรียมแสดง 1    | 24.5                            | 3                    | 8           |
| 13       | สถานที่ชุมชน          | ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าในโรงมหรสพ      | พื้นที่เตรียมแสดง 2    | 28.2                            | 3                    | 9           |
| 14       | สถานที่ชุมชน          | หลังเวทีการแสดง                    | ห้องหลังเวที           | 32.0                            |                      | 0           |
| 15       | สถานที่ชุมชน          | พื้นที่เข้าชมหรือร่วมงาน (แบบนั่ง) | พื้นที่จัดเลี้ยง       | 426.0                           | 1.5                  | 284         |
| รวม      |                       |                                    |                        |                                 |                      | 301         |



## ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

1. ตรวจสอบระบบปฏิบัติการวินโดวส์ มีการติดตั้งโปรแกรม Java อยู่หรือไม่ โดยการเข้าไปที่ Control Panel หากมีโปรแกรม Java จะพบได้ดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ ๑ โปรแกรม Java ที่ติดตั้งไว้ที่ Control Panel

หากระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ไม่มีการติดตั้งโปรแกรม Java สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีที่ [www.java.com](http://www.java.com) (ไฟล์ขนาด 902 KB)

2. คัดลอกไฟล์จากโฟลเดอร์ชื่อ Evac100224 ซึ่งในโฟลเดอร์ดังกล่าวประกอบไปด้วยไฟล์จำนวน 22 ไฟล์ และโฟลเดอร์ย่อยอีก 2 โฟลเดอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 โฟลเดอร์ file ประกอบไปด้วย help11.txt, help12.txt, help13.txt, help21.txt, help22.txt, help23.txt, help31.txt, help32.txt, help33.txt.

2.2 โฟลเดอร์ lib ประกอบไปด้วย commons-beanunit-1.8.0.jar, commons-collections-3.2.1.jar, commons-digester-1.7.jar, commons-logging-1.1.jar, iText-2.1.0.jar, jasperreport-3.6.2.jar, SuperCSV-1.5.2.jar, SwingX-1.6.jar

2.3 Evacuation.jar

2.4 Luanch.html

2.5 Luanch.jnlp

2.6 Newreport.jasper

2.7 Readme.txt

เมื่อคัดลอกไฟล์ต่างๆ แล้ว สามารถนำโปรแกรมไปใช้งานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้

3. การใช้งานโปรแกรมทำได้โดย Double-Click ไปที่ ไฟล์ Evacuation.jar จึงจะสามารถ  
เข้าใช้งานโปรแกรมได้

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                                |                                                                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ –นามสกุล                  | นายสมยศ วงศ์สุข                                                                                                                           |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด           | 4 ตุลาคม 2514                                                                                                                             |
| สถานที่เกิด                    | ฉะเชิงเทรา                                                                                                                                |
| ประวัติการศึกษา                | วทบ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย<br>บธม. (บริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                                        |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   | วิศวกรฝ่ายขาย (เครื่องสูบน้ำดับเพลิง)                                                                                                     |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           | บริษัท สเปนโก จำกัด                                                                                                                       |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | การศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจ<br>ซื้อเครื่องสูบน้ำดับเพลิงตรา Fairbanks Morse ของ<br>ผู้รับเหมางานระบบสุขาภิบาล |