การศึกษาความตระหนักด้านความปลอดภัยของแรงงานไทยในงานก่อสร้างอาคารสูง กรณีศึกษา: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

นายปรีดิ์ณัฐ ภาณุมนต์วาที

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF SAFETY AWARENESS OF THAI LABOR IN HIGH-RISE BUILDING CONSTUCTION

CASE STUDIES: APPLICATIONS OF VIRTUAL ENVIRONMENT TECHNOLOGY

Mr. Preenuht Panumonvatee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความตระหนักด้านความปลอดภัยของแรงงานไทยในงานก่อสร้างอาคารสูง กรณีศึกษา: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
โดย	นายปรีดิ์ณัฐ ภาณุมนต์วาที
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรีดิ์ณัฐ ภาณุมนต์วาที : การศึกษาความตระหนักด้านความปลอดภัยของแรงงานไทยในงานก่อสร้างอาคารสูง กรณีศึกษา: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง. (A STUDY OF SAFETY AWARENESS OF THAI LABOR IN HIGH-RISE BUILDING CONSTUCTION CASE STUDIES: APPLICATIONS OF VIRTUAL ENVIRONMENT TECHNOLOGY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.นพดล จอกแก้ว, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. ประมวล สุธีจารุวัฒน, 128 หน้า.

ในการก่อสร้างมักมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเสมอ ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่คนงานก่อสร้างยังมีความตระหนักหรือความรู้ไม่เพียงพอหรือไม่ได้รับการฝึกอบรมที่ดีพอ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของงานก่อสร้างอาคารสูงและศึกษาเปรียบเทียบวิธีการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักด้านความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง โดยใช้ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Cave Automatic Virtual Environment, CAVE) ซึ่งมีสถานการณ์ด้านความปลอดภัยที่ถูกจำลองขึ้นจำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1) สถานการณ์ที่ผู้ปฏิบัติงานถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชน 2) สถานการณ์ที่ผู้ปฏิบัติงานถูกวัตถุตกใส่ และ 3) สถานการณ์ที่ผู้ปฏิบัติงานตกจากที่สูง ผลจากการศึกษาพบว่าการฝึกอบรมทั้งสามวิธีสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับคนงานก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกอบรมพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ด้วยการแบ่งระดับขั้นความตระหนักพบว่าวิธีการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเป็นเพียงวิธีเดียวที่สามารถเพิ่มระดับของความตระหนักด้านความปลอดภัยได้ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าการอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถเพิ่มความตระหนักได้ดีกว่าวิธีอื่น

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4970731521 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : VIRTUAL REALITY / VR / TRAINING / SAFETY / CONSTRUCTION

PREENUHT PANUMONVATEE : A STUDY OF SAFETY AWARENESS OF THAI LABOR IN HIGH-RISE BUILDING CONSTUCTION CASE STUDIES: APPLICATIONS OF VIRTUAL ENVIRONMENT TECHNOLOGY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. NOPPADON JOKKAW, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASST. PROF. PRAMUAL SUTEECHARUWAT, Ph.D., 128 pp.

In construction site, accidents often occur because construction workers are not aware or not enough knowledge or training regarding safety in construction. The objectives of this research are to study the applications of Virtual Environment (VE) technology for safety training in construction site and to compare with other training methods in order to enhance construction workers' awareness, e.g., training by drawings, training by video animation and training by virtual environments machine called "Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)". In this research, the 3 situations of accident were used to measure awareness of construction workers such as 1) situation that workers are banged or collided by objects, 2) situation where workers injure by fallen objects and, 3) situation that workers fall from height. The results of this research show that all training methods could increase workers' awareness for safety. In addition, the increments of the safety scores among these 3 methods are not different. However, the result of comparison among 3 methods of safety training shows that only safety training by Virtual Environment could change the level of workers' awareness. Thus, safety training by Virtual Environment could enhance workers' awareness better than training by other methods.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Civil Engineering ..... Student's Signature .....

Field of Study : Civil Engineering ..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009 ..... Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน อาจารย์ที่ปรึกษา (ร่วม) ที่ได้กรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการบริหารทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ โดยประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณเพื่อนทุกคนของข้าพเจ้าในทุกๆ ด้าน จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบริษัทเอกชนและผู้รับเหมาทั้งหลายที่ได้ให้คำปรึกษาและเสียสละเวลาให้ความร่วมมือให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกด้วยการจัดหาคนงานก่อสร้างเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย

คุณความดีและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้เป็นสิ่งตอบแทนต่อผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 5

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ..... 7

บทที่ 2 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนัก..... 8

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และอุบัติเหตุ ในงานก่อสร้าง..... 10

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment)..... 13

2.4 การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน..... 17

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

2.6 สรุปท้ายบท..... 24

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 26

3.1 การคัดเลือกสถานการณ์ที่นำมาใช้เพื่อฝึกอบรม..... 26

3.2 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อฝึกอบรมในงานวิจัย..... 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.3 เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย..... 28
3.4 กระบวนการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์..... 31
3.5 สรุปท้ายบท..... 36

บทที่ 4 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อฝึกอบรมด้านความปลอดภัย..... 37
4.1 การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้ภาพวาด..... 37
4.2 การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่น..... 38
4.3 การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง..... 42
4.4 สรุปท้ายบท..... 47

บทที่ 5 การวัดความตระหนักด้านความปลอดภัย..... 49
5.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง..... 49
5.2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความตระหนักจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือแต่ละประเภท..... 50
5.3 การทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานบนอาคารสูง..... 60
5.4 สรุปและอภิปรายผลการวัดความตระหนักด้านความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง..... 66
5.5 การตรวจสอบผลการทดลอง(Validate)..... 69
5.6 สรุปท้ายบท..... 70

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 71
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 71
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย..... 72
6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้..... 73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รายการอ้างอิง..... 74
ภาคผนวก..... 79
ภาคผนวก ก เทคโนโลยีความจริงเสมือน..... 80
ภาคผนวก ข ประวัติความเป็นมาและคุณลักษณะของ CAVE
(Cave Automatic Virtual Environment)..... 85
ภาคผนวก ค อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง 91
ภาคผนวก ง ตารางแสดงการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วย
เนื่องจากการทำงาน..... 96
ภาคผนวก จ แบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง..... 99
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างขั้นตอนการสร้างโมเดลด้วยโปรแกรม 3D Studio Max 9.... 108
ภาคผนวก ช ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อจำลองสถานการณ์
และ Source Code..... 112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 128

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามประเภทกิจการ ปี 2545 – 2549..... 3

5.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล..... 50

5.2 ผลจากการทดสอบการแจกแจงของคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือแต่ละประเภท..... 51

5.3 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยรูปภาพหรือภาพวาด..... 51

5.4 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น..... 52

5.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง..... 53

5.6 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยรูปภาพหรือภาพวาดกับวีดีโอเอนิเมชั่น ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม..... 54

5.7 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยรูปภาพหรือภาพวาดกับเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม..... 56

5.8 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นกับเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม..... 57

5.9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักด้วยการแบ่งระดับเกณฑ์ความตระหนัก..... 59

5.10 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างเพศชายและเพศหญิง..... 60

5.11 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่อายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี) และกลุ่มตัวอย่างที่อายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป)..... 62

5.12 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกอบรม ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก..... 63

ตารางที่ หน้า

5.13 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกอบรม ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูง..... 65

5.14 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือแต่ละประเภท 69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ภาพจำลองเครื่องมือ CAVE แบบ 4 ด้าน	15
2.2	ภาพจริงแสดงถึงรายละเอียดภายใน CAVE	16
2.3	ภาพแสดงลักษณะการจัดวางวัสดุที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ	17
2.4	ภาพแสดงอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเนื่องจากรถบรรทุกติดสายไฟฟ้า	18
2.5	ภาพแสดงอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเนื่องจากใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชำรุด	18
2.6	แสดงการจำลองอุบัติเหตุจากการไม่เชื่อสัญญาณไฟห้ามแซง	19
2.7	แสดงการจำลองการวางอิฐไม่เป็นระเบียบทำให้เกิดอุบัติเหตุ	19
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	27
4.1	ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกจากความประมาท	37
4.2	ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากความประมาท	38
4.3	ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงเนื่องจากความประมาท	38
4.4	ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น	39
4.5	ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	39
4.6	ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	40
4.7	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น	40
4.8	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	40
4.9	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	41
4.10	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น	41
4.11	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	41
4.12	ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)	42
4.13	ภาพถ่ายแรงงานขณะทำการฝึกอบรมด้วยวิดีโอเอนิเมชั่น	42

ภาพที่ หน้า

4.14 ส่วนประกอบของเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE)..... 43
4.15 ภาพโครงสร้างข้อมูลของการสร้างวัตถุใน JAVA3D..... 46
4.16 ภาพถ่ายแรงงานขณะทำการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE)..... 47

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อประชาชน และเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อประชากรมีจำนวนมากขึ้นแต่ในขณะที่พื้นที่ใช้สอยยังคงมีเท่าเดิม จึงมีความต้องการพื้นที่ใช้สอยมากขึ้น ดังนั้นอุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคารสูงจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต แต่ในการก่อสร้างมักมีปัญหาเรื่องของอุบัติเหตุโดยเฉพาะงานอาคารสูง เนื่องจากมักมีพื้นที่ในการทำงานจำกัดและมีแรงงานก่อสร้างจำนวนมากและมีปริมาณงานค่อนข้างมาก ซึ่งส่วนหนึ่งของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากความประมาทของตัวบุคคล ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของบุคคลรอบข้าง โดยในแต่ละปีได้มีผู้ประสบอุบัติเหตุจากงานก่อสร้างนับตั้งแต่เล็กน้อย จนถึงขั้นทุพพลภาพหรือเสียชีวิตจำนวนมาก ทั้งผู้ที่ทำงานก่อสร้างเองและผู้ที่สัญจรไปมาหรือผู้ที่พักอาศัยในอาคารข้างเคียง (อรุณ ชัยเสรี, 2536)

โดยทั่วไปแล้วในโครงการก่อสร้างต้องมีมาตรการรักษาความปลอดภัยตามประกาศกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยเรื่องความปลอดภัยบุคคลเช่น ระบุไว้ว่าผู้ที่เข้าไปในบริเวณก่อสร้างต้องสวมหมวกนิรภัยทุกคน แต่ในทางปฏิบัติกลับเป็นข้อที่ละเลยกันมากที่สุด โดยเฉพาะกับคนงานก่อสร้าง โดยอ้างว่าไม่สะดวกในการทำงานหรือคนงานไม่ต้องการใช้ อาจมีใช้เพียงในระดับผู้ควบคุมงานและหัวหน้างานเท่านั้น ซึ่งอาจมีบทลงโทษที่แน่นอน ส่วนรองเท้าคนงานมักสวมใส่ที่ไม่ใช่รองเท้านิรภัย ซึ่งอาจเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานขึ้นได้ และขณะเทคอนกรีตอาจทำให้คอนกรีตกัดเท้า ในส่วนของคนงานหญิงก็มักพบเห็นการสวมใส่เสื้อผ้าหรือเครื่องแต่งกายที่อาจทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในขณะทำงาน (อรุณ ชัยเสรี, 2536)

กรุงเทพมหานครนับว่ามีการก่อสร้างมากกว่าทุกจังหวัดในประเทศไทยโดยเฉพาะงานก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีลูกจ้างหรือแรงงานจำนวนมาก และในการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่ ได้แก่ เครื่องจักรอุปกรณ์ตลอดจนเครื่องมืออื่นมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการและขั้นตอนการดำเนินงานมากขึ้น เพื่อช่วยทุ่นแรงและประหยัดเวลาแต่สิ่งก่อสร้างในปัจจุบันยังคงมีอัตราเสี่ยงต่ออันตรายสูงเพราะจากลักษณะและขนาดของสิ่งก่อสร้างทั้งขนาดใหญ่และมีความสูงมากหรือลึกลงไปใต้ดินมาก และการก่อสร้างโดยปราศจากการให้ความสำคัญกับความปลอดภัยพื้นฐานในการทำงานยังผลให้สิ่งที่ตามมา คือ การ

เกิดอุบัติเหตุหรือการประสบอันตรายของคนงานก่อสร้าง ที่นำมาซึ่งความสูญเสียทั้งอวัยวะและทรัพย์สินอย่างประมาณค่ามิได้ (ฟ้ารัตน์ สมแสน, 2536) ซึ่งเหตุผลหนึ่งที่งานก่อสร้างในประเทศไทยยังคงมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากมาย เนื่องจากเจ้าของโครงการมักถือว่าเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาก่อสร้างโดยตรง ส่วนฝ่ายผู้รับเหมามักคิดว่าผู้รับเหมาช่วงต้องเป็นผู้รับภาระในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ และกองทุนเงินทดแทนก็มีอยู่แล้ว การทำตามข้อกำหนดของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทุกอย่างย่อมเป็นการสิ้นเปลือง และถ้ารวมค่าดำเนินการตามมาตรการรักษาความปลอดภัยในราคาประมูลอาจทำให้ไม่ได้งาน หรืออาจถูกเจ้าของโครงการต่อราคาจนในที่สุดจำเป็นต้องตัดค่าใช้จ่ายในเรื่องความปลอดภัยลดลง แต่ถ้าทำตามเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยซึ่งเป็นวิศวกรด้านความปลอดภัยอาจสามารถลดอุบัติเหตุลงได้มากและทำให้สามารถใช้แรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตซึ่งอาจทำให้เกิดความยุ่งยากตามมาได้ (อรุณ ชัยเสรี, 2536) ในส่วนของผู้ว่าจ้างและลูกจ้างได้มองความเสี่ยงในมุมมองที่แตกต่างกัน โดยทางผู้ว่าจ้างได้ควบคุมความเสี่ยงในเรื่องของการเงินเป็นหลัก โดยลดต้นทุนเครื่องมือบางอย่าง ในส่วนของลูกจ้างก็ต้องใช้เครื่องมือและวัสดุที่ราคาถูกมีคุณภาพต่ำให้มีความปลอดภัยกับตัวเองให้มากที่สุด (Waddick, 2002) หรือแม้กระทั่งในบางบริษัทมีการแจกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายให้คนงานแต่ไม่สอนวิธีใช้งาน อีกทั้งยังไม่มีการอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักถึงการให้ความสำคัญของการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ดังนั้นคนงานจึงไม่เห็นความสำคัญและไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงาน (พรพิมล เชวงศักดิ์โสภาคย์, 2549)

เมื่อพิจารณาจากสถิติการประสบอันตรายตามประเภทกิจการปี 2545 – 2551 ของกองทุนเงินทดแทนคุ้มครองลูกจ้างที่ประสบอันตรายเนื่องจากการทำงานให้นายจ้างจากตารางที่ 1.1 พบว่ากิจการก่อสร้าง มีจำนวนลูกจ้างที่ประสบอันตรายจากการทำงานสูงถึง 20,000 คนซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 จากผู้ประสบอันตรายทั้งหมดซึ่งนับว่าสูงมาก โดยสาเหตุอันดับแรกที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุคือความประมาท เลินเล่อ ไม่ระมัดระวัง (นารถพี ชัยมงคล, 2548)

จากงานวิจัยของ นภาพร มัทย์พงษ์ถาวร (2543) พบว่ามีการทำวิจัยเรื่อง การรับรู้ความเสี่ยง และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ผลออกมาว่า ค่าเฉลี่ยการรับรู้ความเสี่ยงโดยรวมอยู่ในระดับ “น้อย” แต่ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานอยู่ในระดับ “ดี” และจากงานวิจัยของ Waddick (2002) ได้กล่าวไว้ว่า แรงงานมักชอบท้าทายความเสี่ยงด้วยความเชื่อมั่นว่าทำให้มีคุณค่ามากขึ้น และมีอำนาจมากขึ้น แปลว่าแรงงานส่วนมากยังไม่มีความรู้ในด้านการรับรู้ความเสี่ยงหรืออันตรายของความปลอดภัยในการทำงานดีพอ ซึ่งงานในงานวิจัยส่วนใหญ่ได้แนะนำมาตรการในการป้องกันความปลอดภัยซึ่งยังใช้ได้ผลไม่ดีพอเนื่องจากคนงานอาจไม่มีความตระหนักต่ออันตรายที่อาจ

เกิดขึ้นที่มากพอ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องจึงควรนำแรงงานมาอบรมจึงสามารถช่วยเพิ่มการรับรู้ความเสี่ยงหรือความตระหนักถึงอันตรายได้ในระดับหนึ่ง

ตารางที่ 1.1 การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามประเภทกิจการ ปี 2545 – 2551

หน่วย : ราย

รหัส	ประเภทกิจการ	ความร้ายแรง (Degree of loss)						
		Total						
		ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551
	รวม	190,979	210,673	215,534	214,235	204,257	198,652	176,502
100	การสำรวจ การทำเหมืองแร่	1,079	1,171	1,240	1,072	1,073	978	775
200	การผลิตอาหารเครื่องดื่ม	16,570	17,845	16,518	15,882	15,226	14,931	13,710
300	การผลิตสิ่งทอถัก เครื่องประดับ	17,913	17,485	16,147	14,386	13,676	11,895	10,324
400	การทำป่าไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้	14,058	13,983	13,403	11,501	10,008	8,706	7,087
500	ผลิตภัณฑ์จากกระดาษ การพิมพ์	4,723	5,133	5,429	5,115	4,777	4,924	4,354
600	ผลิตภัณฑ์เคมี น้ำมันปิโตรเลียม	18,440	18,670	18,887	17,587	16,936	16,517	14,558
700	ผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ	5,277	5,338	5,726	5,673	5,207	4,912	4,171
800	การผลิตโลหะขั้นมูลฐาน	11,018	13,020	13,766	13,080	12,358	11,719	10,639
900	ผลิตภัณฑ์จากโลหะ	35,679	38,679	39,300	38,542	38,255	35,573	32,296
1000	ผลิต ประกอบยานพาหนะ	13,564	16,293	15,951	16,671	15,198	14,028	13,037
1100	อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ	2,431	2,918	3,058	2,788	2,604	2,664	2,201
1200	สาธารณูปโภค	596	603	628	515	534	516	538
1300	**การก่อสร้าง**	13,720	15,728	18,982	20,979	20,201	21,021	17,101
1400	การขนส่ง การคมนาคม	5,102	5,920	6,132	6,489	6,096	6,017	5,689
1500	การค้า	15,807	20,507	21,624	22,992	22,247	23,194	20,660
1600	ประเภทกิจการอื่นๆ	15,002	17,380	18,743	20,963	19,861	21,057	19,362

ที่มา : สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม

Source : Office of the Workmen's Compensation Fund, Social Security Office

โดยงานวิจัยของ Waddick (2002) พบว่าการฝึกอบรมแรงงานโดยทั่วไปได้ฝึกอบรมโดยใช้การสื่อวีดีทัศน์ เช่น การนำเสนอภาพ พร้อมการบรรยายเพื่อแสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์ที่อันตรายและไม่ปลอดภัย พร้อมทั้งวิธีการป้องกัน แต่จากการวิจัยพบว่าแรงงานไม่ได้ให้ความสนใจในการฝึกอบรมเท่าที่ควรทั้งนี้เนื่องมาจากการบรรยายด้วยคำพูดเป็นการน่าเบื่อหน่ายสำหรับแรงงานเป็น

อย่างมากพร้อมทั้งบรรยากาศในการบรรยายทำให้รู้สึกง่วงนอนมากกว่า ดังนั้นการฝึกอบรมแรงงานจึงไม่ได้ผลเท่าที่ควร แต่ถ้าใช้การจำลองเหตุการณ์หรืออันตรายโดยใช้สถานที่จริง อาจทำให้เกิดอันตรายและอาจยากต่อการจำลองเหตุการณ์และสถานการณ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) ได้มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมหลายประเภทมากขึ้น เช่น อุตสาหกรรมกราฟิก อุตสาหกรรมพัฒนาเกม งานสถาปัตยกรรม งานออกแบบยานยนต์ เทคโนโลยีทางการแพทย์ และรวมถึงงานก่อสร้างซึ่งในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างพบว่ามีการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในงานจำลองขบวนการก่อสร้าง งานวางแผนการก่อสร้างเพื่อให้งานก่อสร้างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Messner and others, 2003) เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ 1) เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ถูกจำลองโดยใช้การแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ (Desktop VR) ซึ่งอาจทำให้ความเสมือนจริงของเหตุการณ์มีขีดจำกัด 2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้มข้น (Immersive VR) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก โดยผู้ใช้สามารถมีความรู้สึกเสมือนสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมจริงโดยอาศัยอุปกรณ์แสดงผลเช่น Head Mounted Display (HMD) หรืออุปกรณ์อื่น (Messner and others, 2003) ซึ่งจากงานวิจัยของ Kasik (2002) ได้แบ่งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงผลของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้มข้นไว้ทั้งหมด 14 ชนิดแสดงในภาคผนวก ก.

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีที่ทำให้การจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีชื่อย่อว่า CAVE ซึ่งย่อมาจาก Cave Automatic Virtual Environment ซึ่งเป็นอุปกรณ์แสดงผลเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพราะอุปกรณ์ CAVE สามารถให้ผู้ใช้งานได้เห็นสภาพแวดล้อมเป็นสามมิติที่มีขนาดใหญ่เท่าของจริงได้ (อัตราส่วน 1:1) ซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกเสมือนได้อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นจริงและรับรู้ถึงความรู้สึกจริง (Messner and others, 2003)

ดังนั้นจากความสามารถของเทคโนโลยีดังกล่าวและความต้องการศึกษาความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยและอันตรายในงานก่อสร้าง ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือน (CAVE) เพื่อฝึกอบรมให้แรงงานมีความตระหนักในเรื่องอันตรายจากงานก่อสร้าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการฝึกอบรมด้วยวิธีการใช้ภาพวาดและการจำลองสถานการณ์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเรียกว่าวีดีโอเอนิเมชั่น ซึ่งผลจากการวัดดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการฝึกอบรมในด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเสริมสร้างความตระหนักด้วยภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
2. เพื่อศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้และข้อจำกัดของเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของงานก่อสร้างอาคารสูง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้มีการกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ทำการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเสริมสร้างความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างด้วยการใช้รูปวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือน ในงานวิจัยนี้คือ Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) ซึ่งตั้งอยู่ที่ ห้องปฏิบัติการระบบผลิตเสมือนจริง ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มจำนวน 30 คนเพื่อเป็นกรณีศึกษาเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบวิธีการดำเนินวิจัยออกเป็น 13 ขั้นตอน โดยสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนได้ ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้แบ่งหัวข้อที่ทำการศึกษาเป็นดังนี้
   - งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนัก
   - งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างและอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง
   - งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
2. ศึกษาค้นคว้าเอกสารเพื่อคัดเลือกสถานการณ์ที่คาดว่าอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุในงานอาคารสูงและศึกษาโดยการปรึกษาวิศวกรโครงการงานก่อสร้างอาคารสูงหรือเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยจำนวน 3 โครงการ เพื่อทำการคัดเลือกและเรียงลำดับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในงานก่อสร้างตามความถี่และความรุนแรงจากมากที่สุดไปยังน้อยที่สุดโดยนำสถานการณ์ที่วิศวกรโครงการและเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยมีความคิดเห็นที่ไปในทิศทางเดียวกัน สำหรับใช้เป็นตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้

3. ศึกษาขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดขอบเขตและรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ในขั้นต้นบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
4. พัฒนาและสร้างงานกราฟิกเพื่อจำลองสถานการณ์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและทำการเก็บรายละเอียดภาพและองค์ประกอบของภาพจากสถานที่ก่อสร้างจริงเพื่อนำมาใช้ประกอบการจำลองสถานการณ์ให้เสมือนจริง
5. พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้สำหรับวัดและเสริมสร้างความตระหนักด้วยวิธีการใช้ภาพวาดและวีดีโอเอนิเมชั่น
6. นำแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาทำการแปลงข้อมูลเพื่อสร้างเป็นสภาพแวดล้อมเสมือนจริงบนเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE)
7. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของแรงงานสำหรับใช้ในการศึกษาจำนวน 30 คนด้วยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง
8. ทำการศึกษาพร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจวัดความตระหนักของแรงงานไทยที่มีต่อความปลอดภัยหรืออันตรายในขอบเขตของสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ด้วยวิธีการที่แตกต่าง
9. นำกลุ่มตัวอย่างมาทำการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างด้วยวิธีการใช้ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่นและการจำลองสถานการณ์บนเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
10. นำกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบ มาทำการตรวจวัดด้วยแบบสัมภาษณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้ทราบถึงระดับความตระหนักของแรงงานที่มีต่อการฝึกอบรมด้วยวิธีดังกล่าว
11. ทำการตรวจสอบผลการทดลอง (Validate) โดยใช้คนงานกลุ่มเดียวกันทำการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องมือฝึกอบรมทั้งสามชนิดเพื่อเปรียบเทียบผลความตระหนักในด้านความปลอดภัย
12. สรุปผลและเปรียบเทียบถึงวิธีการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงพร้อมทั้งเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสำหรับการอบรมด้านความปลอดภัย
13. ทำการสรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

1. ได้ทราบถึงวิธีการประยุกต์ใช้และข้อจำกัดของการนำเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) เพื่อฝึกอบรมแรงงานไทยให้เกิดความตระหนักในเรื่องของความปลอดภัยในงานก่อสร้าง
2. ได้ทราบถึงความแตกต่างของวิธีในการเสริมสร้างความตระหนักด้วยวิธีใช้ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
3. ได้ทราบถึงแนวทางการนำเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนจริงไปใช้สำหรับการฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันการศึกษาด้านการนำเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง มักพบว่ามีการนำไปใช้ในขั้นตอนของการออกแบบการก่อสร้าง การจัดวางผังงานก่อสร้าง หรือใช้ในการอธิบายขั้นตอนการก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษายังไม่พบว่ามีการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

ในการสร้างแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้น ผู้สร้างจำเป็นต้องมีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์พอสมควรอันได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการสร้างภาพกราฟิกสามมิติ และความรู้ทางด้านการเขียนภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวทำให้ปัจจุบันการศึกษาในเรื่องการนำแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างมีผู้ศึกษาไม่มากนัก ทั้งๆที่เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงอาจมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับการนำมาใช้ในการพัฒนาการดำเนินงานก่อสร้าง

การวิจัยนี้ ได้นำทฤษฎี แนวความคิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย และเป็นกรอบในการอ้างอิง โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มได้ดังนี้ กลุ่มแรก เป็นเรื่องของแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนัก กลุ่มที่สอง เป็นเรื่องของแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และอุบัติเหตุ ในงานก่อสร้าง กลุ่มที่สาม เป็นเรื่องของแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) กลุ่มที่สี่เป็นเรื่องของการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน และกลุ่มสุดท้ายเป็นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนัก

“Awareness” มีความหมายตรงกับคำในภาษาไทยว่า “ความตระหนัก” (ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชา ปรัชญา 2 มี.ค. 2545) แปลว่า ความรู้ชัดแจ้ง,ความรู้ประจักษ์ชัด (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542)

ประภาพรรณ สุวรรณ (2526) ได้ให้ความหมายของความตระหนักว่า หมายถึงการที่บุคคลฉุกคิดได้หรือการเกิดขึ้นในความรู้สึกว่ามีสิ่งหนึ่งสิ่งใด เหตุการณ์หนึ่ง หรือสถานที่หนึ่งซึ่งการรู้สึกว่ามีหรือการได้ฉุกคิดถึงสิ่งหนึ่งเป็นความรู้สึกที่เกิดในสภาวะของจิตใจ แต่ไม่ได้หมายความว่าบุคคลนั้นสามารถจำได้ หรือระลึกได้ถึงลักษณะบางอย่างของสิ่งนั้น

ลดาวัลย์ พอใจ (2536) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง สภาวะของจิตใจที่เกี่ยวกับความรู้สึก (Feeling) ความคิด (Idea) และความปรารถนาที่บุคคลมีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง ด้วยการพูด การเขียน หรือวิธีการอื่น โดยอาศัยระยะเวลาหรือประสบการณ์หรือสภาพแวดล้อมในชุมชน หรือสิ่งเร้าภายนอก เป็นปัจจัยที่ทำให้บุคคลมีความตระหนักขึ้น หรือความตระหนักก็คือ ความสำนึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั่นเอง

พัชรา ระบบกิจการดี (2545) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง ความสำนึกความรู้สึกนึกคิดของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง โดยมีเหตุการณ์ สภาพแวดล้อมในสังคมหรือสิ่งเร้าภายนอกเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความตระหนัก

ไพลิน ศศิธนากรแก้ว (2537) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง ความสำนึก ซึ่งเป็นสภาวะทางจิตที่เกี่ยวกับความรู้สึก ความคิด และความปรารถนา ต่างเกิดจากการรับรู้ และความสำนึก เป็นสภาวะที่บุคคลได้รับรู้มาก่อน

บานชื่น บุญประเสริฐ (2534) กล่าวว่า ความตระหนัก หมายถึง การแสดงออกของการรับรู้ การคิดได้ รู้สึกสำนึก เป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจและประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับตนเองได้เมื่อเผชิญกับเหตุการณ์หรือสภาพแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่ง

จากความหมายของความตระหนักที่นักวิชาการในแต่ละสาขาได้ให้ความหมายไว้ข้างต้น โดยให้ความหมายของความตระหนักตรงกับความหมายของความสำนึก ดังนั้นจึงสรุปความหมายของความตระหนักได้ว่า ความตระหนัก หมายถึง สภาวะทางจิตใจที่ทำให้เกิดการสำนึก การรู้สึกหรือระลึกขึ้นได้ถึงบางสิ่งบางอย่าง เมื่อมีสิ่งเร้าจากภายนอกหรือตกอยู่ในสภาวการณ์หนึ่ง

จากแนวความคิดของเบรกเลอร์ (อ้างถึงใน มธุกร กิตติวัชรพงศ์ 2548) สามารถสรุปได้ว่าความตระหนักเกิดจากทัศนคติที่มีต่อสิ่งเร้า อันได้แก่ บุคคล สถานการณ์ กลุ่มสังคมหรือสิ่งอื่น ที่โน้มเอียง หรือที่ตอบสนองในทางบวกหรือทางลบเป็นสิ่งเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ โดยองค์ประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดความตระหนักมีอยู่ด้วยกัน 3 ประการดังนี้

ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Component) เริ่มต้นจากระดับง่ายและมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

อารมณ์ความรู้สึก (Affective Component) เป็นความรู้สึกด้านทัศนคติ ค่านิยม ความตระหนักชอบหรือไม่ชอบ ดีหรือไม่ดี เป็นองค์ประกอบในการประเมินสิ่งเร้า

พฤติกรรม (Behavioral Component) เป็นการแสดงออกทั้งทางกาย วาจา กิริยา ท่าทางที่มีต่อสิ่งเร้า หรือแนวโน้มที่บุคคลอาจกระทำ

โดยภายในงานวิจัยนี้ได้กำหนดกรอบแนวความคิดของคำว่า “ความตระหนัก” สำหรับแบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์และภายในงานวิจัยนี้ ให้หมายถึงการที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความ

เข้าใจว่าสถานการณ์ใดที่อาจเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ มีความรู้ความเข้าใจว่าควรปฏิบัติตนอย่างไรให้พ้นจากภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และมีความรู้ความเข้าใจในการช่วยเหลือผู้อื่นให้พ้นจากภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

และจากการศึกษาเกี่ยวกับอันตรายในงานก่อสร้างพบว่าสาเหตุของการเกิดอันตรายจากงานก่อสร้างมีดังนี้ (อรุณ ชัยเสรี, 2536)

1. **อันตรายจากงานตอกเสาเข็ม**

งานตอกเสาเข็มเป็นงานที่พบได้ทั่วไปตามงานก่อสร้าง ซึ่งมีอันตรายที่อาจเกิดจากงานตอกเสาเข็มได้แก่

- การที่คนงานปีนไต่ไปตามโครงปั้นจั่นโดยไม่มีสิ่งอำนวยความปลอดภัย
- การที่คนงานใช้ใช้เสาเข็มเป็นเครื่องมือเพื่อขึ้นลงปั้นจั่นในขณะทำการตอกเสาเข็ม ซึ่งอาจทำให้มีโอกาสพลาดตกลงมาเสียชีวิตหรือบาดเจ็บได้

2. **การที่ปั้นจั่นหักหรือล้ม**

- มีสาเหตุเนื่องมาจากการติดตั้งไม่ดีพอ หรือการที่ใช้ปั้นจั่นเกินอายุการใช้งาน
- ลวดสลิงขาดก็นับได้ว่าพบเห็นบ่อย ในงานก่อสร้างเพราะเนื่องมาจากการเก็บลวดสลิงไม่ดี หรือการฝืนใช้งานลวดสลิงทั้งที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ซึ่งทำให้เสาเข็มร่วงหล่นมาทับผู้คนได้
- และอันตรายที่นอกเหนือจากข้างต้นได้แก่ ควัน เสียงรบกวน ความสั่นสะเทือน และการเคลื่อนตัวของดินซึ่งนับเป็นปัญหาในเรื่องของงานตอกเสาเข็มเช่นเดียวกัน

3. **อันตรายจากการทำรูเจาะรูขนาดใหญ่**

อันตรายจากการทำรูเราะรูขนาดใหญ่มักพบเห็นได้บ่อยในงานก่อสร้าง เช่นการขุดปล่องที่ลึกลงไปเชื่อมกับอุโมงค์ใต้ดินอื่น หรือในงานก่อสร้างอาคารก็คือ การทำเสาเข็มเจาะหล่อในที่ที่ใช้ระบบแห้ง (Dry Process) บางครั้งต้องส่งคนลงไปในรูเจาะ เพื่อขยายปลายเสาเข็มให้บานออก ซึ่งปัญหาที่พบเห็นบ่อยได้แก่การไม่ทำการปิดรูหรือทำที่กั้นให้มองเห็นได้ง่าย หรือการที่ไม่ทำที่ป้องกันการพังทลายของปากหลุม ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายกับคนงานที่ลงไปทำงานภายในหลุมได้

4. **อันตรายจากปั้นจั่นสำหรับยกของ**

อันตรายจากปั้นจั่นสำหรับยกของที่พบเห็นมากคือ ของที่ยกหล่นมาจากปั้นจั่นทั้งกระแทกถูกผู้คนจนบาดเจ็บ ทุพพลภาพ หรือถึงขั้นเสียชีวิต หรือแม้แต่หล่นลงมาไม่ถูกผู้คน แต่ส่งผลให้ทรัพย์สินเสียหายอยู่ดี ส่วนสาเหตุอื่นดังเช่น การประกอบติดตั้ง หรือรื้อถอนไม่ถูกต้อง ทำฐานไม่ได้ระดับและไม่แน่นหนา ขาดการบำรุงรักษา ทำงานโดยประมาท หรือการใช้ปั้นจั่นผิดวิธี เช่น ใช้ปั้นจั่นดึงทางข้างหรือใช้ลากของ ซึ่งปั้นจั่นถูกออกแบบมาเพื่อนใช้ดึงในแนวดิ่งเท่านั้น

5. **อันตรายจากรถขุดดิน**

รถแทรคเตอร์ และเครื่องจักรกลอื่น ส่วนใหญ่ลักษณะการเกิดอันตรายซึ่งคล้ายกับปั้นจั่น แต่ต่างกันตรงที่รถขุดดินไม่มีลวดสลิงแต่เป็นก้านที่ใช้ไฮดรอลิคส์ ดังนั้นอันตรายจึงมักจำเกิดกับผู้คนที่อยู่โดยรอบ เพราะเนื่องมาจากไม่ทราบว่าผู้ควบคุมเครื่องหมุนไปทางไหน นอกจากนี้ได้พบการเคลื่อนตัวของดินซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้อาคารข้างเคียงทรุดหรือพังได้เช่นกันหากไม่มีการป้องกันอย่างดี ส่วนเครื่องจักรกลอื่น เช่น ลิฟท์ชั่วคราว เนื่องจากบางแห่งมีเพียงลิฟท์ขนของเท่านั้น ไม่มีลิฟท์ชั่วคราวดังนั้นเมื่อคนงานมักง่ายใช้ลิฟท์ขนของสำหรับขึ้นลง ซึ่งทำให้เกิดอันตรายได้ง่ายเพราะเนื่องจากลิฟท์ขนของมักไม่มีอุปกรณ์ให้ความปลอดภัยที่เพียงพอ อีกทั้งประกาศกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยการใช้ลิฟท์ส่งของก็มีห้ามไว้ โดยผู้ใดฝ่าฝืนถือว่าผิดกฎหมายโดยตรง

6. **อันตรายจากนั่งร้านหรือค้ำยัน**

การที่นั่งร้านและค้ำยันพังลงมานั้น ส่วนใหญ่มักเกิดจากความประมาทหรือรู้ไม่เท่าถึงการณ์และมักเห็นเป็นเรื่องเล็กน้อยไม่สำคัญ เช่นการถอดค้ำยันโดยที่ยังไม่ถึงเวลาที่กำหนดให้ถอดออกเป็นต้น รวมไปถึงการที่คนงานดัดแปลงนั่งร้าน หรือค้ำยันด้วยตัวเอง เช่นการเอาเหล็กเสริมคอนกรีตมายึดแทนเดือยยึดนั่งร้านเป็นต้น

7. **อันตรายจากวัสดุตกใส่**

ในงานก่อสร้างทั่วไปสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำได้แก่ สิ่งของตกจากที่สูงเช่น ค้อน ตะปู อิฐ ไม้ เหล็ก หรือแม้กระทั่งถังใส่ปูน ซึ่งอาจเกิดจากความประมาท ความมักง่าย ความไม่รอบคอบ ของที่ตกลงมาล้วนเป็นอันตรายได้มากทั้งสิ้น แม้แต่ตะปูตัวเดียวหากตกลงมาจากที่สูงอาจทำให้เสียชีวิตได้เช่นกัน ซึ่งภายในบริเวณงานก่อสร้างควรต้องสวมหมวกแข็งป้องกันของตกใส่หัว แม้เป็นเรื่องที่ทำได้ง่ายดายแต่มักไม่ให้ความสนใจกันมากที่สุด

8. **อันตรายจากการตกจากที่สูง**

ในงานก่อสร้างอาคารมักมีคนตกจากที่สูง โดยสาเหตุส่วนใหญ่ก็มีตั้งแต่จากตัวบุคคลเอง ซึ่งก็คือความประมาท เช่นการปีนป่ายโครงปั้นจั่นตอกเสาเข็ม การเดินบนคานไม้ขนาดเล็ก การทำงานบนนั่งร้านโดยไม่มีเข็มขัดนิรภัยกันตกเป็นต้น และสาเหตุอื่นมาจากการไม่มีมาตรการป้องกันในด้านความปลอดภัยอย่างเพียงพอเช่น การที่ไม่มีไม้กั้นช่องปล่องลิฟท์ การใช้ไม้แผ่นขนาดบางวางปิดรูช่องเปิดไว้ซึ่งทำให้รับน้ำหนักได้ไม่เพียงพอ และการไม่มีราวกันตกในชั้นที่สูงเป็นต้น

9. **อันตรายจากไฟฟ้า**

ในงานก่อสร้างได้แบ่งอุบัติเหตุเกี่ยวกับไฟฟ้าไว้เป็น 3 สาเหตุคือ อุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟฟ้าแรงต่ำ สายไฟฟ้าแรงสูง โดยจุดที่มักเกิดอุบัติเหตุคือ สายไฟรั่วโดยเฉพาะในที่เปียกชื้น หรือการที่ใช้เครื่องเชื่อมเหล็กแล้วนำสายดินไปเกาะไว้กับเหล็กเสริม ทำให้ผู้ที่ไม่ทราบเผลอไปถูกเหล็กเสริมจนถูกไฟฟ้าช๊อตได้ ในส่วนของสายไฟฟ้าแรงต่ำคือ สายไฟฟ้าขนาดแรงดัน 220 โวลต์ซึ่งมักเกิดปัญหาในเรื่องของการต่อสายไฟฟ้าที่มักไม่ได้มาตรฐาน เช่นการควั่นสายไฟแล้วนำสายไฟอีกเส้นมาเกี่ยวไว้ ซึ่งอาจทำให้ไฟฟ้าลัดวงจร หรือเกิดไฟฟ้ารั่วขึ้นได้ โดยเฉพาะไฟฟ้าแรงสูงสามารถเกิดอันตรายได้ง่ายมาก โดยหากทำการก่อสร้างใกล้กับสายไฟฟ้าแรงสูงน้อยกว่า 3 เมตร ต้องแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นการไฟฟ้านครหลวงเพื่อหามาตรการป้องกันอันตราย

10. **อันตรายจากไฟไหม้**

ในงานก่อสร้างมักพบว่าไฟไหม้ส่วนหนึ่งเกิดมาจากไฟฟ้าลัดวงจร ดังเช่นการใช้แผงสวิทช์และสะพานไฟซึ่งทำจากไม้เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้น จากการต่อสายไฟฟ้าไม่ดี หรือการฟิวส์เกินขนาด ซึ่งมีผลทำให้เกิดไฟไหม้ขึ้นได้ ในส่วนอื่นเช่นการเชื่อมโลหะ หากมีวัสดุที่ติดไฟได้อยู่ใกล้ ก็อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้เช่นกัน ในส่วนของงานก่อสร้างที่มีการใช้เชื้อเพลิงหรือวัสดุไวไฟ ก็มักมีส่วนทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้เช่นกัน เช่นการที่คนงานสะเพร่าไปแอบสูบบุหรี่ใกล้บริเวณเก็บเชื้อเพลิงจนเป็นเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ เป็นต้น

11. **อันตรายจากการก่อสร้างผิดวิธีและหลักการ**

โดยทั่วไปมักเกิดขึ้นจากการรู้เท่าไม่ถึงการณ์หรือการขาดประสบการณ์ เช่นการต่อเติมอาคารโดยพลการ เพราะเข้าใจว่าของเดิมมีส่วนปลอดภัย (Safety Factor) เพียงพอเป็นต้น ในส่วนของโครงสร้าง 3 มิติเช่นโดม โครงสร้างแขวน หรือระบบคอนกรีตอัดแรง ส่วนใหญ่มักทำหน้าที่สมบูรณ์ต่อเมื่อได้ก่อสร้างอาคารส่วนนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว เช่นหลังคาเปลือกบาง ต้องเทคอนกรีต

ให้แล้วเสร็จทั้งหลังคาและรอให้คอนกรีตมีกำลังสูงพอทั้งหมดแล้วจึงถอดแบบหล่อได้ ถ้าถอดแบบหล่อขณะที่คอนกรีตบางส่วนยังไม่ได้เทหรือเทเสร็จใหม่ หลังคานั้นอาจพังลงมาได้ และอีกงานที่สำคัญมาก็คืองานรื้อถอนอาคาร เพราะว่าการรื้อถอนอาคารนั้น ส่วนใหญ่ผู้ที่รื้อมักไม่ทราบลักษณะของโครงสร้างที่แท้จริงของอาคารที่ตนกำลังรื้อ

12. อันตรายจากความประมาท

อาจกล่าวได้ว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่มักเกิดจากความประมาทและความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ทั้งสิ้น หรืออย่างน้อยความประมาทก็มีส่วนร่วมอยู่ด้วยแทบทุกครั้ง ดังนั้นตามปกติทุกบริษัทก่อสร้างควรมีกฎระเบียบสำหรับคนงานปฏิบัติเพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงาน บางครั้งด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์หรือกระทั่งการดื่มสุรา จนเป็นเหตุให้เกิดความประมาทเป็นต้น

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment)

1. เทคโนโลยีความจริงเสมือน หรือ Virtual Reality (VR)

คำนี้ถูกกำหนดขึ้นในปี ค.ศ. 1970 โดยไมรอน ครูเกอร์ (Myron Krueger) ให้หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกกับฮาร์ดแวร์พิเศษ ที่ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเหมือนเข้าไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมสามมิติที่ถูกสร้างด้วยคอมพิวเตอร์ให้ผู้ใช้ได้เห็นได้ยิน หรือรู้สึก ดังนั้น สิ่งที่ผู้ใช้รับรู้ผ่านอุปกรณ์ที่ป้อนต่อประสานสัมผัส จึงเป็น "ความจริงเสมือน (virtual reality - VR)" มีความหมายตรงกับคำในภาษาไทยว่า “ความเป็นจริงเสมือน” (ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ 11 มี.ค. 2545) ซึ่งเป็นการจำลองแบบของสภาพแวดล้อมจริง และจินตนาการที่แสดงออกมา โดยปกติแล้วมีฮาร์ดแวร์ที่ป้อนตรงต่อประสาทสัมผัสด้านการเห็น เป็นที่สวมศีรษะที่มีจอป้อนภาพ (Head-Mounted Display - HMD) ให้ตาทั้งสองได้เห็นภาพเป็นสามมิติจากจอขนาดเล็กที่ให้ภาพ โดย อาจเพิ่มให้มีการตอบสนองกับกับด้วยผู้ใช้ได้ด้วยภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงและการตอบกลับ เช่นเมื่อผู้ใช้เคลื่อนไหว ภาพได้ถูกสร้างให้รับกับความเคลื่อนไหวนั้น บางกรณีก็มีหูฟังแบบสเตอริโอให้ได้ยินเสียงรอบทิศทาง ดังนั้นเนื้อหาของภาพเคลื่อนไหวหรือการเคลื่อนที่ในบางทิศทางส่วนใหญ่ต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหว และการควบคุมการตอบสนองมีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งทำให้เพิ่มให้ดูเหมือนจริงมากขึ้น โดยอาจมีถุงมือรับข้อมูล (data glove) หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้ผู้ใช้โต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมจำลองที่ตนเข้าไปอยู่

ซึ่งในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ 1) เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ถูกจำลองโดยใช้การแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ (Desktop VR) ซึ่งอาจทำให้ความเสมือนจริงของเหตุการณ์มีขีดจำกัด 2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้มข้น (Immersive VR) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

อาจสรุปได้ว่า ความจริงเสมือน หรือ Virtual Reality นั้นหมายถึงเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมจริงหรือจินตนาการ โดยแสดงผลออกมาเป็นภาพนิ่งหรืออาจเพิ่มให้มีการตอบสนองกับกับด้วยผู้ใช้ได้ด้วยภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงและการตอบกลับ เช่นเมื่อผู้ใช้เคลื่อนไหว ภาพก็ได้ถูกสร้างให้รับกับความเคลื่อนไหวนั้น เป็นต้น (Spelz, 2001)

โดย Zeltzer (1992) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญสามประการของ Virtual Reality ว่าต้องประกอบไปด้วย 3 ลักษณะดังนี้

1) PRESENCE : มีการสร้างเป็นโมเดลในลักษณะสามมิติภายใน virtual space ในเครื่องคอมพิวเตอร์
2) INTERACTION : มีการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้และเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ real time
3) AUTONOMY : มีความเป็นอิสระในการดำเนินการใดๆ ภายใน virtual space

2. เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงหรือ Virtual Environment (VE)

สภาพแวดล้อมเสมือนจริงหรือ Virtual Environment นั้นคือสภาพแวดล้อมที่ถูกจำลองขึ้นโดยคอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์โปรแกรม โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริงให้สอดรับกับประสาทสัมผัสในการรับรู้ของมนุษย์ทั้งห้าชนิด อันได้แก่การมองเห็น การได้ยินเสียง การสัมผัส การได้กลิ่น และการรับรู้รสชาติ เพื่อเป็นการลวงให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกว่าสภาพแวดล้อมที่ตัวเองได้รับรู้อยู่นั้นใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยอาจมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ เพื่อประมวลผลและแสดงออกให้สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ (Dam, et al., 2000) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้น อาจถูกแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่คือ

1) Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)

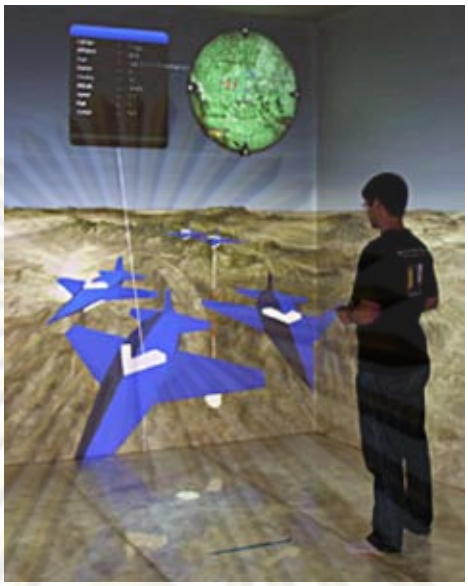
CAVE ย่อมาจากคำว่า Cave Automatic Virtual Environment คือเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) โดยการใช้กล้องโปรเจคเตอร์ฉายภาพลงไปยัง

ผนังหลายด้าน ตั้งแต่ 3 ด้าน 4 ด้าน 5 ด้าน หรือ 6 ด้าน เปรียบเสมือนกับห้องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่มีภาพฉายตามผนังทั้ง 3 ด้าน 4 ด้าน 5 ด้าน หรือ 6 ด้าน

CAVE อันแรกถูกพัฒนาขึ้นโดยห้องปฏิบัติการ Eletronic Visualization ของมหาลัยอิลินอย ที่เมืองชิคาโก และได้นำมาประกาศและเผยแพร่เป็นครั้งแรกในปี 1992 ที่ SIGGRAPH โดยมี Thomas A. DeFanti, Daniel J. Sandin และ Carolina Cruz-Neira เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้น หลังจากนั้นจึงถูกนำมาพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยและค้นคว้าในวงความรู้ในด้านต่างๆและได้ถูกจดทะเบียนเป็นเครื่องหมายทางการค้าของ มหาวิทยาลัยอิลินอย

CAVE โดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 10’ x 10’ x 9’ โดยวางอยู่ในห้องขนาดใหญ่ประมาณ 35’ x 25’ x 13’ โดยตลอดเวลาที่ใช้ CAVE ข้างนอกต้องไม่เปิดไฟ โดยผนังของและพื้นของ CAVE ได้ทำเป็น projection screen แล้ว Projector ความละเอียดสูงแสดงภาพบน projection screen ในแต่ละด้านดังแสดงในรูปที่ 2.1 และผู้ใช้งานต้องเข้าไปอยู่ใน CAVE โดยสวมแว่นตาพิเศษสำหรับในการมองเห็นภาพเป็น 3มิติ ด้วยแว่นตาอันนี้ทำให้เห็นวัตถุลอยอยู่บนอากาศได้ และสามารถเดินไปเดินมาภายใน CAVE ได้และสามารถมองวัตถุที่เสมือนจริงได้ โดยการเดินดูโดยรอบ เนื่องมาจาก กรอบของ CAVE ทำมาจากเหล็กกล้าที่ไม่มีผลต่อสนามแม่เหล็กเพราะมีผลต่อ electromagnetic sensor ดังนั้นเวลาผู้คนเคลื่อนที่ใน CAVE การเคลื่อนที่ถูก electromagnetic sensor ตรวจจับไว้ แล้วนำไปปรับปรุงภาพทำให้สมจริงมากขึ้น และในทำนองเดียวกัน ไม่ใช่เฉพาะแค่ภาพ แต่เสียงก็ทำงานในลักษณะเดียวกัน (Wikimedia Foundation, Inc, 2007)

รูปที่ 2.1 ภาพจำลองเครื่องมือ CAVE แบบ 4 ด้าน



รูปที่ 2.2 ภาพจริงแสดงถึงรายละเอียดภายใน CAVE

ภาพเสมือนจริงถูกสร้างขึ้นโดยโปรเจคเตอร์ที่ตั้งอยู่นอก CAVE แล้วควบคุมโดยการเคลื่อนที่ของคนใช้ภายใน CAVE ส่วน แว่นตาพิเศษ (Stereoscopic LCD shutter glasses) ได้ทำหน้าที่แสดงภาพให้เป็นสามมิติดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยคอมพิวเตอร์ได้แสดงภาพซ้อนกันเป็นคู่ โดยภาพชุดแรกสำหรับตาซ้ายและภาพชุดที่สองสำหรับตาขวา ด้วยคุณสมบัติพิเศษของแว่นตาทำให้แยกรูปภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาได้ เนื่องจากโปรเจคเตอร์อยู่ตำแหน่งนอก CAVE จึงใช้กระจกเพื่อช่วยลดระยะจากโปรเจคเตอร์ถึงจอภาพ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ของบริษัท SGI เพื่อควบคุมโปรเจคเตอร์ แต่ที่เป็นที่นิยมมักใช้กลุ่มคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PCs) เพื่อที่ควบคุมมากกว่าเพราะว่าเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและทำงานได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้กลุ่มคอมพิวเตอร์มักควบคุมได้ยากกว่าการใช้ SGI เพียงเครื่องเดียว

2) Head Mounted Display (HMD)

Head Mounted Display หรือเรียกชื่อย่อว่า HMD นั้นเป็นอุปกรณ์แสดงภาพสามมิติโดยอาศัยหลักการจากดวงตาของมนุษย์สามารถเห็นวัตถุมีความลึกได้เนื่องจากดวงตาทั้งสองข้างเมื่อมองไปยังวัตถุชนิดเดียวกันด้วยมุมมองศาที่แตกต่างกัน ดังนั้นด้วยหลักการนี้จึงนำมายังการสร้างอุปกรณ์แสดงภาพ 3 มิติโดยใช้หลักภาพที่แสดงยังดวงตาแต่ละข้างมีองศาที่แตกต่างกันเล็กน้อยจึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นภาพเป็น 3 มิติได้ โดยอุปกรณ์ HMD นี้นับได้ว่าเป็นอุปกรณ์แสดงภาพที่เก่าแก่ที่สุดนับตั้งแต่รุ่นแรกที่มีน้ำหนักมากซึ่งทำให้มีการปวดคอได้ จนพัฒนาขึ้นมา

โดยมีการใส่ไจโรสโคปเข้าไป ทำให้เมื่อเวลาผู้ใช้งานหมุนคอไปทางไหนภาพได้ถูกปรับเปลี่ยนให้หมุนตามไปด้วยซึ่งในรุ่นแรกยังมีการหน่วงจากการใช้งานประมาณครึ่งวินาที ทำให้ผู้ใช้รู้สึกมีอาการคลื่นไส้ แต่ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันได้พัฒนาจนมีการโต้ตอบข้อมูลในหลักมิลลิวินาทีซึ่งทำให้ผู้ใช้ลดอาการคลื่นไส้ไปได้มาก

2.4 การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

งานก่อสร้างในปัจจุบันนี้ได้มีมาตรการป้องกันอุบัติเหตุอยู่มากมายทั้งออกกฎข้อบังคับการฝึกอบรมหรือการใช้สื่อเพื่อช่วยเผยแพร่และลดอุบัติเหตุ โดยสามารถแบ่งลักษณะของสื่อได้เป็นดังนี้

1. ชนิดภาพถ่าย (Pictures) หรือรูปวาด (Drawing)

การใช้ภาพถ่ายสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในงานก่อสร้าง โดยทางเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยหรือวิศวกรเป็นผู้จัดทำเอกสาร โดยภาพถ่ายที่ได้อาจมาจากการถ่ายได้โดยบังเอิญขณะเกิดอุบัติเหตุ หรือภาพหลังจากการเกิดอุบัติเหตุแล้ว หรือภาพของสภาพแวดล้อมเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ โดยอาจมีการจัดทำเป็นคู่มือหรือเอกสารพร้อมคำอธิบาย วิธีการป้องกัน วิธีการแก้ไขพร้อมรูปภาพ แล้วจึงนำไปประกาศไว้ที่บอร์ดในงานก่อสร้างหรือตามจุดในงานก่อสร้างที่คาดว่ากลุ่มเป้าหมายสามารถพบเห็นได้โดยง่ายดังแสดงในรูปที่ 2.3 ถึง 2.5

รูปที่ 2.3 ภาพถ่ายแสดงลักษณะการจัดวางวัสดุที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ

รูปที่ 2.4 ภาพถ่ายแสดงอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเนื่องจากรถบรรทุกติดสายไฟฟ้า

รูปที่ 2.5 ภาพวาดแสดงอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเนื่องจากใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชำรุด

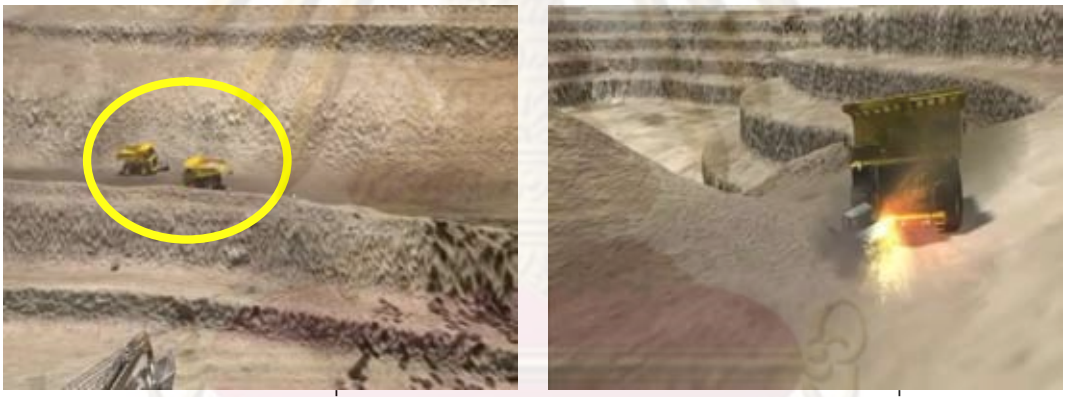
ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ เนื่องจากเป็นภาพนิ่งและคำบรรยายประกอบทำให้คนงานซึ่งอาจไม่มีความรู้หรือความใส่ใจในการอ่าน ทำให้มีคนงานบางส่วนไม่เข้าใจหรือไม่ใส่ใจถึงลักษณะและสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุอย่างชัดเจน ประกอบกับการหาภาพถ่ายขณะเกิดอุบัติเหตุจริงนั้นเป็นการหาได้ยากเนื่องจากอุบัติเหตุคือเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อน และในส่วนของภาพวาดนั้นไม่สามารถให้รายละเอียดที่เสมือนจริงได้ซึ่งอาจทำให้ไม่ได้รับความใส่ใจเท่าที่ควร

2. **ชนิดใช้วีดีทัศน์** (Movies or Video Clips)

ในการใช้วีดีทัศน์นั้นมักพบเฉพาะในขั้นตอนการฝึกอบรมเท่านั้น โดยมีวิทยากรอธิบายพร้อมกับการบรรยายโดยใช้วีดีทัศน์เป็นสื่อ ซึ่งวีดีทัศน์นั้นมักเป็นภาพเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ถ่ายได้โดยความบังเอิญ ดังนั้นจึงไม่อาจให้วีดีทัศน์ในการเสริมสร้างความตระหนักหรือฝึกอบรมได้ในทุกสถานการณ์

3. **ชนิดการใช้การจำลองภาพเคลื่อนไหว** (Animations)

ในการจำลองภาพเคลื่อนไหวเป็นการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์ต่างๆจากประสบการณ์ ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยในการฝึกอบรมได้ดี และสามารถบ่งบอกสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ โดยมีข้อจำกัดคือเป็นการมองผ่านหน้าจอสองมิติเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้ตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรมไม่ได้รู้สึกเสมือนว่าได้อยู่ในเหตุการณ์นั้นจริง ซึ่งอาจทำให้ไม่เกิดความตระหนักเท่าที่ควรดังแสดงในรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 การจำลองอุบัติเหตุรถชนโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่น

รูปที่ 2.7 การจำลองวัสดุตกใส่ทำให้เกิดอุบัติเหตุโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่น

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาได้แบ่งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนัก การฝึกอบรม และความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

นภาพร มัทย์พงษ์ถาวร (2543) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การรับรู้ความเสี่ยง และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือ ช่างปูน ช่างไม้ และกรรมกรของบริษัทรับเหมาก่อสร้างแห่งเดียว จำนวน 300 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามโดยแบ่งเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่1 เกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ตอนที่2 เกี่ยวกับการรับรู้ความเสี่ยงในการทำงาน ตอนที่3 เกี่ยวกับด้านพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งผลของการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยการรับรู้ความเสี่ยงโดยรวมอยู่ในระดับ “น้อย” ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานอยู่ในระดับ “ดี” การรับรู้ความเสี่ยงของคนงานเพศชายและเพศหญิงไม่แตกต่างกัน การรับรู้ความเสี่ยงของคนงานที่อายุมากมีการรับรู้ความเสี่ยงดีกว่าคนงานอายุน้อย การรับรู้ความเสี่ยงของคนงานที่มีการศึกษาสูงและต่ำไม่แตกต่างกัน การรับรู้ความเสี่ยงของช่างปูนน้อยกว่าช่างไม้และกรรมกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การรับรู้ความเสี่ยงของคนงานที่มีประสบการณ์ทำงานมากและประสบการณ์ทำงานน้อยไม่แตกต่างกัน ในส่วนของพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างมีลักษณะส่วนบุคคลแตกต่างกันพบว่า คนงานชายและหญิงมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานไม่แตกต่างกัน คนงานอายุมากและอายุน้อยมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานไม่แตกต่างกัน คนงานที่มีระดับการศึกษาสูงและต่ำมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานแตกต่างกัน และคนงานที่มีประสบการณ์ทำงานมากมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานดีกว่าคนงานที่มีประสบการณ์ทำงานน้อย

Waddick (2002) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มความปลอดภัยของคนงานในรัฐ New South Wales โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) รับทราบว่าคนงานมีการรับรู้เรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างเป็นอย่างไรและ 2) วิธีการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัย โดยจากการวิจัยพบกว่าวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพที่สุดในการฝึกอบรมคือการฟังบรรยาย และวิธีที่ดีคือการใช้สื่อเข้ามาช่วยไม่ว่าเป็นโทรทัศน์หรือภาพยนตร์มาช่วยในการนำเสนอก็ตาม โดยจากงานวิจัยของ Finucane and others (2000) กล่าวว่าหากผู้คนมีความตระหนักและรู้ว่าเหตุการณ์เสี่ยงใดทำให้เกิดอันตราย ก็มัก

หลีกเลี่ยงหรือปฏิบัติตัวให้ปลอดภัยที่สุด และแรงงานมีความตระหนักในเรื่องของความปลอดภัยมากขึ้นตามอายุ ประสบการณ์ในการทำงาน ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย และจากงานวิจัยของ Koesmargono (1998) พบว่าการทำให้แรงงานได้เรียนรู้สภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดอันตรายด้วยตัวเองอาจทำให้ตัวแรงงานเข้าใจความเสี่ยงนั่นได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยขึ้น

2. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในขั้นตอนการออกแบบการก่อสร้าง

Kahkonen (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาใช้ในขั้นการออกแบบการก่อสร้างโดยใช้โมเดลสามมิติ เริ่มจาการนำแบบก่อสร้างมาจำลองเป็นตึกเสมือนจริงพร้อมกับการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงด้วยในโครงการก่อสร้างนั้น โดยข้อดีของวิธีการใช้ความจริงเสมือนในการออกแบบพบว่าทำให้เห็นเป็นรูปร่างได้ชัดเจนกว่าวิธีธรรมดาประกอบกับสามารถนำไปใช้ในการนำเสนอได้ด้วย โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือการนำเสนอความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบงานก่อสร้างและนำเสนอซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมสำหรับในกรณีศึกษาในครั้งนี้ โดยกระบวนการในการวิจัยนี้ได้มีการสร้างภาพ เสียง ความรู้สึก ให้เสมือนจริงมากที่สุด และสามารถตอบสนองต่อปฏิกิริยาของผู้ใช้งานได้อีกด้วย โดยในงานวิจัยได้ใช้เครื่องมือ EVE ซึ่งเป็นเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ซึ่งในงานวิจัยได้จำลองหอประชุม HUT ซึ่งภาพหลังจากสร้างเสร็จแล้วได้ตั้งชื่อว่าเมลินฮอล (Mellin Hall) โดยเป็นหอประชุมที่มีความจุได้ 600 คนโดยในการจำลองได้มีการสร้างแสงและเงาให้เสมือนจริง อีกทั้งยังได้ใช้หลักกลศาสตร์ของไหลในการจำลองเครื่องปรับอากาศ พร้อมกับใช้หลักสนามแม่เหล็กในการจำลองแสงไฟ โดยในงานวิจัยนี้ได้สรุปไว้ว่าการนำระบบความจริงเสมือนมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบงานก่อสร้างนั้นไม่เหมาะสมเพราะว่าในขั้นตอนการออกแบบยังไม่มีแม่แบบที่ชัดเจนพอ และในขณะเดียวกันสถาปนิกก็ยังออกแบบไม่สมบูรณ์ซึ่งทำให้การจำลองออกมายังไม่สมจริงนัก เช่นขาดรายละเอียดบางอย่างทำให้อ่านแบบยังไม่ชัดเจนประกอบกับเวลาที่ต้องใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นใช้เวลาในการสร้างนาน ซึ่งทำให้เป็นการใช้เวลาไม่คุ้มค่าพอ แต่เหมาะสมสำหรับผู้ออกแบบเพื่อใช้ในการนำเสนอให้กับผู้มีอำนาจในการตัดสินใจขั้นสุดท้าย เพราะได้เห็นภาพจริง เสียงจริง และความรู้สึกเสมือนจริง

Cowden, Bowman, and Thabet (2003) ในงานวิจัยนี้เป็นนำเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้มข้น (Immersive Virtual Environments) มาใช้ในงานก่อสร้างขั้นตอนของการออกแบบ เนื่องจากการใช้ระบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่แสดงผลบนหน้าจอ

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลยังมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดที่มองเห็นยังไม่สมจริง ทำให้ผู้ใช้งานไม่เกิดความรู้สึกในด้านของขนาดที่ไม่สมจริง โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการนำระบบสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้มข้นมาช่วยในขั้นตอนการออกแบบการก่อสร้างบ้าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในงานวิจัยนี้คือ CAVE โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า DIVERSE ในการพัฒนาโปรแกรม ทำให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์แสดงผลได้หลายอย่างเช่น อุปกรณ์จอภาพชนิดสวมศีรษะ (Head-Mounted Display, HMD) โดยเริ่มจากการสร้างวัตถุที่เป็นส่วนประกอบของบ้าน โดยแยกวัตถุแต่ละชิ้นออกจากกัน แต่ว่าได้มีการกำหนดความปฏิสัมพันธ์ของวัตถุแต่ละชนิดเข้าด้วยกันไว้ เช่น หน้าต่างสามารถวางอยู่ในกำแพงได้ โคมไฟต้องยึดติดไว้กับฝ้าเพดานเป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เป็นลูกค้าสามารถเห็นภาพบ้านที่ออกแบบ โดยอยู่ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่มีขนาดเสมือนจริง ทำให้ลูกค้าสามารถปรับเปลี่ยนให้ตรงตามที่ต้องการได้ ก่อนทำการก่อสร้างซึ่งทำให้เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างได้มาก โดยลูกค้าสามารถใช้เครื่องมือ Wanda (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการบังคับเมื่อผู้ใช้อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยสามารถทำการแสดงหรือซ่อน ชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการแสดงได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน และสามารถเปลี่ยนมุมมองได้อิสระ เช่น สามารถมองด้วยมุมมองข้างบนได้ และในขณะเดียวกันหากลูกค้าต้องการเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนสิ่งใดสามารถทำได้ง่ายด้วยตัวเอง

Spelz (2001) ได้ทำการวิจัยโดยการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในงานก่อสร้างโดยกล่าวว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมีความเหมาะสมในการนำมาใช้กับงานในส่วนของขั้นตอนการออกแบบ ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย เมื่อออกแบบแล้วมีความผิดพลาดเกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยไม่เปลืองวัสดุจริง ในปัจจุบันนี้มีโปรแกรมช่วยออกแบบจำนวนมากทั้ง 3D-CAD หรือ CAD ชนิดอื่น โดยในการสร้างโมเดลที่มีรูปแบบง่าย อาจใช้โปรแกรม CAD เพียงโปรแกรมเดียว แต่หากมีโมเดลที่มีรูปแบบสลับซับซ้อน อาจไม่มีโปรแกรม CAD ที่เหมาะสมอย่างสมบูรณ์ต้องใช้โปรแกรม CAD หลายชนิดร่วมกันสร้างขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้สร้างวัตถุขึ้นจากโปรแกรม 3D-CAD ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของแต่ละชิ้นส่วนมีพื้นผิวได้ชนิดเดียวเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างชิ้นส่วนเป็นจำนวนมากเพื่อให้ได้วัตถุที่มีหลายพื้นผิวโดยพื้นผิวอาจได้มาจากภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูปทั่วไป แต่ทว่าต้องถูกแปลงให้เป็นไฟล์ .VTX ก่อนเพื่อให้เข้ากับระบบได้ เมื่อได้วัตถุใน 3D-CAD แล้วสามารถนำออกมาใช้งานกับระบบความจริงเสมือนได้โดยผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า dVISE โดยจากวัตถุที่ถูกสร้างขึ้นใน 3D-CAD หลังถูกแปลงเป็นไฟล์ .VDI แล้วสามารถใช้โปรแกรม dVISE ช่วยให้วัตถุสามารเคลื่อนที่และหมุนรอบแกนได้ทั้ง 6 ทิศทางพร้อมทั้งสามารถใช้ฟังก์ชั่นเสริมทั้งแสงและเงาได้ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มผู้คนจำลองจาก

โปรแกรมเพื่อให้ได้ระบบความจริงเสมือนที่สมจริงที่สุด โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบห้องทดลองบนตึกใหม่ โดยต้องการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถวางแผนและตัดสินใจง่ายขึ้น

3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในการเรียนการสอน

Messner and others (2003) ได้ทำการศึกษา การนำเทคนิคความเป็นจริงเสมือนเพื่อใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาบริหารการก่อสร้าง โดยการใช้ 4D CAD (3D CAD รวมกับเวลา) โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อคือเพิ่มคุณค่าของการเรียนรู้ด้วยการพัฒนาระบบความเป็นจริงเสมือนมาใช้กับขั้นตอนกระบวนการก่อสร้างและ เพื่อเพิ่มคุณค่าและความเข้าในในการศึกษาการก่อสร้างด้วยการใช้ระบบความเป็นจริงเสมือนเข้มข้น (Immersive Virtual Reality) โดยในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนของห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเพนสเตท ซึ่งมีคุณลักษณะคล้ายกับ CAVE ต่างกันที่ใช้ผนัง 4 ด้านในการฉายภาพซึ่งทำให้ได้เห็นภาพ 360 องศา โดยในการวิจัยได้ใช้นักศึกษาจำนวน 25 รายซึ่งเรียนอยู่ปีที่ 5 ของหลักสูตรผู้บริหารโครงการ โดยใช้แบบสอบถามก่อนและหลังการเรียนการสอนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความรู้ความเข้าใจ โดยจากผลที่ได้พบว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าในมากขึ้นในเรื่องของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจาก 52 เปอร์เซ็นเป็น 84 เปอร์เซ็นและการติดตั้งผนังและหน้าต่างจาก 28 เปอร์เซ็นเป็น 92 เปอร์เซ็นและเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่สอง ได้ทำการจำลองห้อง 12306 ในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังปรมาณูในรัฐเวสติงเฮ้าส์ เพื่อทำการศึกษาถึงรายละเอียดท่อต่อที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนในการก่อสร้าง โดยหลังจากการเรียนการสอนด้วยวิธีใหม่พบว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการก่อสร้างมากขึ้นและไม่เป็นอันตรายต่อนักศึกษาเนื่องมาจากหากพานักศึกษาไปเห็นสถานที่จริงอาจทำให้เกิดอันตรายจากรังสีได้ โดยมีข้อจำกัดของการนำเครื่องมือนี้มาใช้คือ อุปกรณ์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทั้ง CAVE และอุปกรณ์ที่คล้าย CAVE ได้ให้ภาพจำลองที่มีรายละเอียดสูงมากแต่ทว่าได้มีราคาที่สูงซึ่งเป็นข้อจำกัดเช่นเดียวกัน และข้อจำกัดอีกอย่างคือการที่ห้องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นมีพื้นที่เล็กทำให้ไม่สามารถเข้าไปใช้ร่วมกันได้มากนัก

Sampaio and Henriques (2006) ได้ทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในงานวิศวกรรมโยธา โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างโมเดลซึ่งแสดงถึงโครงสร้างของกำแพง โดยแบ่งออกเป็นโครงสร้างเหล็กรวมไปถึงการก่ออิฐและติดตั้งประตูหน้าต่าง และนำโมเดลที่ได้ใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อสอนนักศึกษาถึงขั้นตอนการก่อสร้างกำแพง ซึ่งใช้โปรแกรม AutoCAD

ในการสร้างแบบโครงสร้างและใช้โปรแกรม EON Reality System ในการแปลงไฟล์จาก AutoCAD มาเป็นระบบความจริงเสมือน โดยวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือเพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถึงขั้นตอนของการก่อสร้างกำแพงและได้เห็นถึงมิติความหนาและรายละเอียดเสมือนจริงโดยใช้การจำลองระบบ (Simulation)

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในการวิเคราะห์งานก่อสร้าง

Lipman (2003) ได้ทำการศึกษาเพื่อนำระบบ CIMsteel Integration Standards มาแปลงเป็นไฟล์ VRML ซึ่งย่อมาจาก Virtual Reality Modeling Language แล้วแสดงผลผ่านระบบความจริงเสมือนเข้มข้น (Immersive Virtual Reality) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ CAVE เป็นเครื่องมือในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงผ่านทางโปแกรม DIVERSE ที่ใช้ในการควบคุมและระบบ CIMsteel Integration Standards เป็นระบบเพื่อนำโครงร่างเหล็กในงานก่อสร้างมาจำลองเป็นโมเดลเพื่อทำการศึกษาถึงรายละเอียด เช่น รอยเชื่อม การยึดติดสกรู โครงร่างระบบเหล็ก เป็นต้น และพบว่าในระหว่างขั้นตอนการแปลงไฟล์เป็น VRML นั้นได้มีการสูญเสียข้อมูลบางส่วน เช่น พื้นผิวถูกเปลี่ยนให้เป็นสีทั่วไป

2.6 สรุปท้ายบท

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาใช้ในงานก่อสร้างในส่วนของขั้นตอนของการออกแบบงานก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับจากงานวิจัยของ Waddick P. (2002) ซึ่งได้สรุปเอาไว้ว่าการฝึกอบรมแรงงานด้วยวิธีการใช้สื่อช่วยในการฝึกอบรมทำให้แรงงานมีความตระหนักมากกว่าวิธีการฝึกอบรมด้วยวิธีอื่น และการใช้การจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ทั่วไปนั้น อาจไม่ทำให้ผู้อบรมเกิดความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยมากนัก

จากข้อจำกัดของงานวิจัยข้างต้น จึงต้องทำการศึกษาเพื่อนำเสนอเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้มข้น (Immersive Virtual Environment) มาประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมแรงงานเพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างความตระหนักให้กับแรงงานไทย โดยมุ่งเน้นทำการศึกษาในหลายประเด็น เช่น การศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ การพัฒนาโมเดลสามมิติ จนถึงขั้นตอนการนำแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมจริง และทำการเปรียบเทียบกับวิธีฝึกอบรมแบบต่างๆ พร้อมทั้งเสนอ

ข้อจำกัดและแนวทางในการแก้ไขข้อจำกัดจากการใช้แบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือเป็นต้น

โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง โดยเปรียบเทียบกับการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักด้วยวิธีใช้รูปภาพหรือภาพวาด และการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

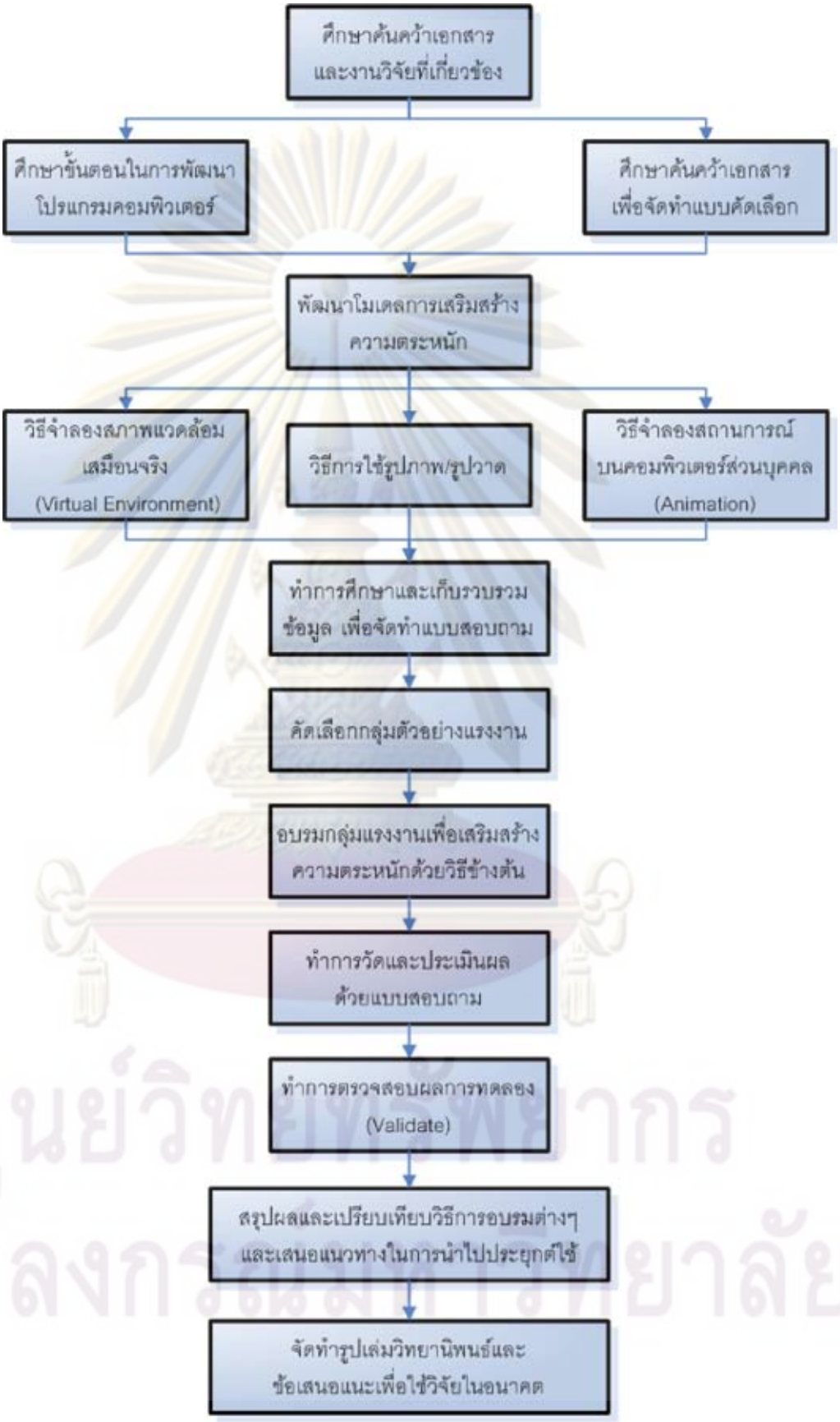
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการนำแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อประยุกต์ใช้ในงานฝึกอบรมด้านความปลอดภัย และทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรมด้วยภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่นและเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบเป็นกรณีศึกษา ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยออกเป็นดังภาพที่ 3.1 โดยได้แบ่งเป็นหัวข้อหลักดังนี้คือ 1) การคัดเลือกสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการฝึกอบรม 2) การพัฒนาแบบจำลองเพื่อฝึกอบรม 3) เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัย และ 4) กระบวนการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์

3.1 การคัดเลือกสถานการณ์ที่นำมาใช้เพื่อฝึกอบรม

จากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในอดีตตั้งแต่ปีพุทธศักราชที่ 2545-2551 ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง ตารางที่ ง.1 พบว่าอัตราความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด 3 อันดับแรกคือ วัตถุหรือสิ่งของตัด/บาด/ทิ่มแทง วัตถุหรือสิ่งของกระแทกหรือชน วัตถุหรือสิ่งของกระเด็นเข้าตา และเมื่อพิจารณาถึงสถิติการประสบอันตรายถึงขั้นตายหรือทุพพลภาพ ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง ตารางที่ ง.2 จะพบว่าอัตราความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด 3 อันดับแรกคือ อุบัติเหตุจากยานพาหนะ ไฟฟ้าช๊อต ตกจากที่สูง

โดยในการออกแบบสถานการณ์ที่ใช้ในการวิจัย ได้พิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดสามส่วนด้วยกันคือ ความถี่ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง ความรุนแรงของอุบัติเหตุ และความเป็นไปได้ในการพัฒนาโมเดลเพื่อจำลองสถานการณ์ด้วยเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง หลังจากนั้นจึงได้ทำการเข้าไปในโครงการก่อสร้าง เพื่อศึกษาถึงสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และทำการสอบถามกับเจ้าหน้าที่ควบคุมความปลอดภัยของโครงการหรือวิศวกรของโครงการจำนวน 3 แห่ง

จากการพิจารณาตามหลักการข้างต้นพบว่าสถานการณ์ที่สามารถนำมาใช้เพื่อฝึกอบรมคือ 1) สถานการณ์คนเดินข้ามระหว่างตึกโดยใช้แผ่นไม้กระดานวางพาดเพื่อข้ามซึ่งใช้เป็นตัวแทนของการเกิดอุบัติเหตุจากการตกจากที่สูง 2) สถานการณ์คนเดินอยู่ในโครงการก่อสร้างแล้วถูกเครนยกของเฉียดหน้าผ่านไปซึ่งใช้เป็นตัวแทนของการเกิดอุบัติเหตุจากการถูกวัตถุกระแทกหรือชน และ 3) สถานการณ์คนเดินลอดนั่งร้านในขณะที่มีผู้ทำงานอยู่บนนั่งร้านซึ่งใช้เป็นตัวแทนของการเกิดอุบัติเหตุจากวัตถุหรือสิ่งของพังทลายหรือหล่นทับ



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อฝึกอบรมในงานวิจัย

ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อฝึกอบรมเพิ่มความตระหนักให้กับแรงงานในด้านความปลอดภัยในการทำงาน แบ่งแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบได้เป็น 3 วิธี คือ การฝึกอบรมด้วยภาพวาด การฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น และการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยรายละเอียดได้แสดงไว้ในบทที่ 4

3.3 เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าแรงงานก่อสร้างส่วนใหญ่มีปัญหาในด้านการสื่อสาร ทำให้การศึกษาด้วยการใช้แบบสอบถามให้แรงงานตอบนั้นอาจเกิดปัญหาในการไม่เข้าใจในข้อคำถาม ซึ่งอาจทำให้ผลงานวิจัยผิดพลาด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์ในการใช้เพื่อวัดระดับความรู้และความตระหนักของแรงงานซึ่งเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากจำนวนของประชากรซึ่งคือกลุ่มแรงงานไทย ทั้งชายและหญิง ไม่จำกัดอายุ และอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้นมีจำนวนมาก ประกอบกับข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือที่สามารถทดสอบได้เพียงครั้งละ 1 คน ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับเวลาจึงไม่อาจใช้การคำนวนเพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นตัวแทนของประชากรได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาจำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยโดยแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มสำหรับฝึกอบรมด้วยรูปภาพ 10 คน
2. กลุ่มสำหรับฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น 10 คน
3. กลุ่มสำหรับฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง 10 คน

วิธีคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบโควต้า (Quota nonrandom method) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้มาจากโครงการก่อสร้างที่แตกต่างกันจำนวน 3 แห่ง โดยโครงการแต่ละแห่งได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คนเพื่อนำมาฝึกอบรมด้วยวิธีข้างต้น

3.3.2 การจัดทำแบบสัมภาษณ์และการสัมภาษณ์รวบรวมข้อมูล

จากกรอบแนวคิดของ “ความตระหนัก” ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเอกสารเพื่อสร้างข้อคำถามที่ใช้ในการจำแนกและตรวจวัดระดับความตระหนักของแรงงานซึ่ง

แสดงไว้ในภาคผนวก จ โดยแบ่งออกเป็น การวัดความรู้ความเข้าใจว่าสถานการณ์ใดที่อาจเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ข้อคำถามที่ 4, 5, 6 ในชุดที่ 1 และ ข้อ 3, 4, 8 ในชุดที่ 2 และ ข้อ 4, 5, 6, 9 ในชุดที่ 3 ในส่วนของการวัดความรู้ความเข้าใจว่าควรปฏิบัติตนอย่างไรให้พ้นจากภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ข้อคำถามที่ 7, 8 ในชุดที่ 1 และข้อ 5, 6, 7 ในชุดที่ 2 และข้อ 7, 10 ในชุดที่ 3 ในส่วนของการวัดความรู้ความเข้าใจในการช่วยเหลือผู้อื่นให้พ้นจากภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ข้อคำถามที่ 9 ในชุดที่ 1 และข้อ 8 ในชุดที่ 3 และนำแบบสอบถามนั้น ทำการทดสอบขั้นต้นกับแรงงานจำนวน 30 คน (ซึ่งเป็นแรงงานคนละกลุ่มกับกลุ่มตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.4.1) ด้วยการให้แรงงานอ่านและฟังข้อคำถามตามแบบสอบถามซึ่งการอ่านให้แรงงานฟังนั้นเป็นการลดความผิดพลาดจากการอ่านแล้วไม่เข้าใจไปได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งเมื่อแรงงานตอบแบบสอบถามดังกล่าวแล้วเสร็จ จึงให้แรงงานกลุ่มแรกจำนวน 15 คน ดูรูปภาพพร้อมคำอธิบายแล้วจึงทำการสัมภาษณ์ถึงความเข้าใจของแรงงาน หลังจากนั้นจึงให้แรงงานตอบแบบสอบถามเดิมอีกครั้งเพื่อทดสอบว่าแรงงานมีความตระหนักเพิ่มขึ้นหรือไม่ แล้วจึงให้แรงงานกลุ่มที่สองจำนวน 15 คน ดูวีดีโอเอนิเมชั่นแล้วจึงทำการสัมภาษณ์ถึงความเข้าใจของแรงงาน หลังจากนั้นจึงให้แรงงานตอบแบบสอบถามเดิมอีกครั้งเพื่อทดสอบว่าแรงงานมีความตระหนักเพิ่มขึ้นหรือไม่ เมื่อแรงงานทั้งหมดได้ทำการตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์แล้วเสร็จ จึงได้ทำการสัมภาษณ์ในเรื่องข้อคำถามแต่ละข้อเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของแรงงานในแต่ละข้อคำถามพร้อมทั้งรับฟังข้อเสียของแต่ละข้อคำถามเพิ่มนำมาปรับปรุงแบบสอบถามในครั้งต่อไป

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลจากการสัมภาษณ์แบบสอบถามพบว่า ในแบบสัมภาษณ์กรณีศึกษาที่หนึ่ง แรงงานส่วนใหญ่ไม่เข้าใจคำถามข้อที่สามโดยจากผลการทดสอบพบว่าค่าคะแนนของแรงงานบางคนก่อนฝึกอบรมมีค่ามากกว่าคะแนนหลังการฝึกอบรม ซึ่งจากการสอบถามพบว่าแรงงานเข้าใจคำถามผิดจากคำถามที่ว่า “คุณคิดว่าการเดินข้ามระหว่างตึกโดยใช้ไม้แบบวางพาดเพื่อข้ามนั้นเสี่ยงที่อาจเกิดอุบัติเหตุได้” แต่แรงงานกลับคิดว่าเป็นการถามว่า “คุณกล้าเสี่ยงที่จะเดินข้ามระหว่างตึกโดยใช้ไม้แบบวางพาดหรือไม่” ซึ่งทำให้คำตอบที่ได้นั้นกลับเป็นผลตรงกันข้าม ในส่วนผลการสัมภาษณ์กรณีศึกษาที่สอง พบว่าแรงงานส่วนใหญ่จะไม่เข้าใจคำถามข้อที่สามและข้อที่สี่ โดยจากผลการทดสอบพบว่าค่าคะแนนของแรงงานบางคนก่อนฝึกอบรมมีค่ามากกว่าคะแนนหลังการฝึกอบรม ซึ่งจากการสอบถามพบว่าแรงงานเข้าใจคำถามผิดจากคำถามที่ว่า “คุณคิดว่าการที่ไม่ระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลานั้นเสี่ยงที่อาจเกิดอุบัติเหตุได้” แต่แรงงานกลับคิดว่าเป็นการถามว่า “คุณกล้าเสี่ยงที่จะไม่ระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลาหรือไม่” และคำถามข้อที่สี่ “คุณคิดว่าการไม่ระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลานั้นเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุก็จริงแต่ยังพอรับได้” แรงงานกลับไม่เข้าใจคำถามนี้แล้วตอบครั้งแรกกับครั้งที่สองแตกต่างกันเหมือนไม่

เข้าใจคำถาม เพราะคะแนนที่ได้ก่อนการฝึกอบรมกลับมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับคะแนนหลังการฝึกอบรม และในส่วนผลการสัมภาษณ์กรณีศึกษาที่สาม พบว่าแรงงานส่วนใหญ่จะไม่เข้าใจคำถามข้อที่สี่โดยจากผลการทดสอบพบว่าค่าคะแนนของแรงงานบางคนก่อนฝึกอบรมมีค่ามากกว่าคะแนนหลังการฝึกอบรม ซึ่งจากการสอบถามพบว่าแรงงานเข้าใจคำถามผิดจากคำถามที่ว่า “คุณคิดว่าการเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนเสี่ยงต่ออุบัติเหตุก็จริง แต่ก็ยังพอรับได้” แต่แรงงานกลับคิดว่าเป็นการถามว่า “คุณกล้าเสี่ยงที่จะเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนหรือไม่” ซึ่งทำให้คำตอบที่ได้นั้นกลับเป็นผลตรงกันข้าม

จากการที่ได้ทำการสังเกตุการตอบคำถามของแรงงานพบว่าแรงงานส่วนใหญ่ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของระดับความคิดเห็นได้อย่างชัดเจน ในบางข้อคำถามแรงงานมักตอบได้เพียง “ใช่/ไม่ใช่” หรือ “ได้/ไม่ได้” เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์และแก้ไขแบบสอบถามจนได้เป็นแบบสอบถามดังภาคผนวก ก. โดยแบ่งออกเป็นชุดคำถามทั้งหมด 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ชื่อ เพศ อายุ ประสบการณ์ทำงานก่อสร้างทั้งหมด และประสบการณ์ก่อสร้างอาคารสูง

ตอนที่ 2 แบบสัมภาษณ์เพื่อใช้จำแนกกลุ่มตัวอย่างตามประสบการณ์ที่คาดว่ามีผลต่อความตระหนักในเรื่องของความปลอดภัย ได้แก่ข้อ 1,2,3 ในชุดที่1 ข้อ 1,2 ในชุดที่2 และข้อ 1,2,3 ในชุดที่3

ตอนที่ 3 แบบสัมภาษณ์เพื่อตรวจวัดระดับความตระหนักและการรับรู้ความเสี่ยงในการทำงาน แบ่งเป็นจำนวน 14 ข้อในชุดที่1 จำนวน 6 ข้อในชุดที่2 และจำนวน 6 ข้อในชุดที่3

เกณฑ์การให้คะแนน เป็นการให้คะแนนโดยเรียงลำดับตามความตระหนักหรือความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบ่งเป็น

ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุด	4 คะแนน
ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุน้อย	3 คะแนน
ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุมาก	2 คะแนน
และความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด	1 คะแนน

ตอนที่ 4 แบบสัมภาษณ์เพื่อตรวจวัดความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการฝึกอบรม แบ่งเป็นจำนวน 2 ข้อในชุดที่ 1,2 และ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 กระบวนการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์

ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์รวบรวม ข้อมูลการฝึกอบรมแรงงานทั้ง 3 วิธีที่มีคุณสมบัติลักษณะตามที่ต้องการ จึงทำการลงรหัสข้อมูลแล้วนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามสถิติดังต่อไปนี้

3.4.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

1. ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลและรายงานข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง
2. ค่ามัธยฐาน (Median) ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มตัวแปร อายุ ระดับประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานอาคารสูง
3. การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้ในการนำเสนอคะแนนการรับรู้ความเสี่ยง และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานเพื่อแปลความหมายข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความตระหนักจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือแต่ละประเภท

1. ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลต่างๆ ว่าแจกแจงเป็นปกติหรือไม่ด้วยการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk
2. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ กำหนดดังสมมติฐานนี้

   $H_0 : \overline{\mu}_{post} \leq \overline{\mu}_{pre}$

   $H_1 : \overline{\mu}_{post} > \overline{\mu}_{pre}$

โดยใช้การทดสอบ t-test for dependent samples ซึ่งเป็นการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมเป็นคู่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง Paired-sample T-test ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_{post}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมและค่า $\overline{\mu}_{pre}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการฝึกอบรม โดยจะยอมรับ H_1 ต่อเมื่อค่า P.Value (Sig.2-tailed)/2 มีค่ามากกว่า 0.05 และค่า t-Value เป็นบวก

3. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความความตระหนักก่อนการฝึกอบรมของแต่ละกลุ่มตัวอย่างกำหนดดังสมมติฐานนี้

H_0 : $\overline{\mu}_i \leq \overline{\mu}_j$

H_1 : $\overline{\mu}_i > \overline{\mu}_j$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples ซึ่งเป็นการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมเป็นคู่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_i$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธี i และค่า $\overline{\mu}_j$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธี j โดยจะยอมรับ H_1 ต่อเมื่อค่า P.Value (Sig.2-tailed)/2 มีค่ามากกว่า 0.05 และค่า t-Value เป็นบวก

4. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ กำหนดดังสมมติฐานนี้

H_0 : $\overline{\mu}_i \leq \overline{\mu}_j$

H_1 : $\overline{\mu}_i > \overline{\mu}_j$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples ซึ่งเป็นการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมเป็นคู่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_i$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธี i และค่า $\overline{\mu}_j$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธี j โดยจะยอมรับ H_1 ต่อเมื่อค่า P.Value (Sig.2-tailed)/2 มีค่ามากกว่า 0.05 และค่า t-Value เป็นบวก

5. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของแต่ละวิธีการฝึกอบรมด้วยการแบ่งระดับเกณฑ์ความตระหนัก

การวิเคราะห์คะแนนแบ่งตามเกณฑ์ตามแบบสอบถามซึ่งมีระดับของคำตอบ 4 ระดับ โดยสามารถคำนวนได้จากสูตร

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้นที่แบ่ง}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นจากข้อคำถามที่นำมาคิดเป็นคะแนนความตระหนักทั้งหมด 28 ข้อ ซึ่งมีคะแนนสูงสุดคือ 112 คะแนน และคะแนนต่ำสุดคือ 30 คะแนน ดังนั้นความกว้างของอันตรภาคชั้นคือ 20.5 ซึ่งสามารถแปลผลได้ดังนี้

ช่วงคะแนน			**การแปลผล**
30.0	-	50.5	ความตระหนักน้อยมาก
50.6	-	71.0	ความตระหนักน้อย
71.1	-	91.5	ความตระหนักปานกลาง
91.6	-	112.0	ความตระหนักสูง

3.4.3 การทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานบนอาคารสูง

ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนัก กระทำได้โดยทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมจำแนกตามปัจจัยต่างๆ ทั้งเพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานอาคารสูง หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างหลังจากได้รับการฝึกอบรมจำแนกตามปัจจัยข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม โดยมีการทดสอบสมมติฐานดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐานว่า เพศชายมีคะแนนความตระหนักแตกต่างกับเพศหญิง

   H_0 : $\overline{\mu}_{male} = \overline{\mu}_{female}$

   H_1 : $\overline{\mu}_{male} \neq \overline{\mu}_{female}$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples เพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมระหว่างเพศชายและเพศหญิง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_{male}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับเพศชาย และค่า $\overline{\mu}_{female}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับเพศหญิง

หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมระหว่างเพศชายและเพศหญิงโดยใช้วิธีเหมือนข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทดสอบปัจจัยของ “เพศ” ที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม

2. การทดสอบสมมติฐานว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี) มีคะแนนความตระหนักแตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป) หลังจากได้รับการฝึกอบรม

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุออกเป็น 2 กลุ่มเนื่องจากการศึกษางานวิจัยของ ชูชีพ ร่มไทร (2524) “ได้ทำการศึกษาทางระบาดวิทยาของอุบัติเหตุที่เกิดในสถานประกอบการ เพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ โดยพบว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมักจะพบมากในวัยหนุ่ม (20-29 ปี) และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น” ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มเพื่อทดสอบสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \overline{\mu}_{low} = \overline{\mu}_{high}$

$H_1 : \overline{\mu}_{low} \neq \overline{\mu}_{high}$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples เพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_{low}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อย และค่า $\overline{\mu}_{high}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมาก

หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากโดยใช้วิธีเหมือนข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทดสอบปัจจัยของ “อายุ” ที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม

3. การทดสอบสมมติฐานว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อย จะมีคะแนนความตระหนักเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก หลังจากได้รับการฝึกอบรม

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุออกเป็น 2 กลุ่มเนื่องจากการศึกษางานวิจัยของ นภาพร มัทย์พงษ์ถาวร (2543) “ได้ทำการศึกษาการรับรู้ความเสี่ยงและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าคนงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 3 ปีมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานดีกว่า คนงานที่มีประสบการณ์น้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กว่า 3 ปี” ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มเพื่อทดสอบสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \overline{\mu}_{low} = \overline{\mu}_{high}$

$H_1 : \overline{\mu}_{low} \neq \overline{\mu}_{high}$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples เพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_{low}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงาน และค่า $\overline{\mu}_{high}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก

หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากโดยใช้วิธีเหมือนข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทดสอบปัจจัยของ “ประสบการณ์ในการทำงาน” ที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม

4. การทดสอบสมมติฐานว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการทำงานบนอาคารสูง จะมีคะแนนความตระหนักเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการทำงานบนอาคารสูง หลังจากได้รับการฝึกอบรม

$H_0 : \overline{\mu}_{low} = \overline{\mu}_{high}$

$H_1 : \overline{\mu}_{low} \neq \overline{\mu}_{high}$

โดยใช้การทดสอบ t-test for independent samples เพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยในการทำงานบนอาคารสูงและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากในการทำงานบนอาคารสูง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำสั่ง t-test for Equality of Means ในโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยที่ $\overline{\mu}_{low}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยในการทำงานบนอาคารสูง และค่า $\overline{\mu}_{high}$ คือค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากในการทำงานบนอาคารสูง

หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยในการทำงานบนอาคารสูงและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากในการทำงานบนอาคารสูงโดยใช้วิธีเหมือนข้างต้น แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทดสอบปัจจัยของ “ประสบการณ์ในการทำงานในการทำงานบนอาคารสูง” ที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม

3.5 **สรุปท้ายบท**

งานวิจัยมีวิธีการดำเนินงานเริ่มต้นจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารเพื่อคัดเลือกสถานการณ์ที่คาดว่าอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์เพื่อฝึกอบรม ทำการศึกษาขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดขอบเขตและรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ในขั้นต้นบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแล้วจึงทำการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้สำหรับวัดความตระหนักด้วยวิธีการใช้ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่นและเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE) จากนั้นจึงทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของแรงงานสำหรับใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนต่อไปคือทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์ แล้วจึงนำกลุ่มตัวอย่างมาทำการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างด้วยเครื่องมือแต่ละประเภทแล้วทำการตรวจวัดด้วยแบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ แล้วจึงทำการตรวจสอบผลการทดลองซ้ำ (Validate) โดยใช้คนงานกลุ่มเดียวกันทำการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องมือฝึกอบรมทั้งสามชนิด

ขั้นตอนสุดท้ายคือทำการสรุปผลและเปรียบเทียบถึงวิธีการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง และทำการสรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

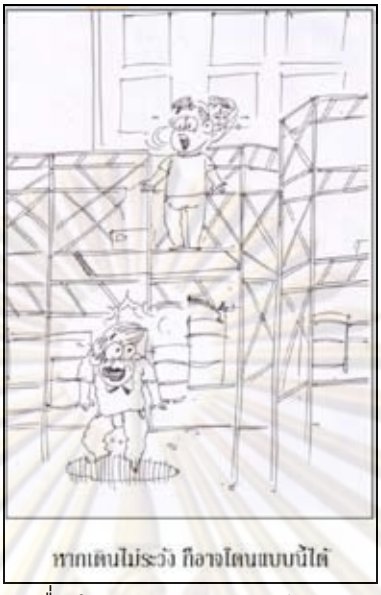
ในการพัฒนาวิธีการฝึกอบรมที่นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ การฝึกอบรมด้วยภาพวาด การฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น และการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาเครื่องมืออบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้ภาพวาด

ในการสร้างเครื่องมือเพื่อฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้ภาพวาด ดังโครงการกำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรมโดยกำหนดเป็นสถานการณ์ที่อาจทำให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุในงานก่อสร้างและทำการวาดรูปสถานการณ์ดังกล่าวดังแสดงในภาพที่ 4.1 ถึง 4.3

ภาพที่ 4.1 ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.2 ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่

ภาพที่ 4.3 ภาพวาดเพื่อจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูง

4.2 **การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่น**

การสร้างเครื่องมือเพื่อฝึกอบรมโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่นนั้น มีวิธีที่สามารถกระทำได้หลากหลายวิธี โดยวิธีที่ผู้วิจัยเลือกใช้มีลำดับขั้นตอนการทำดังนี้

1. สร้างโมเดลกราฟิกเพื่อจำลองสถานการณ์ด้านความปลอดภัยตามที่ได้กำหนดไว้ โดยขั้นตอนการสร้างโมเดลกราฟิกนั้นเหมือนกับการพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดย

ใช้เครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบและเป็นการลดค่าความคลาดเคลื่อนจากความสมจริงระหว่างเครื่องมือโดยมีรายละเอียดดังหัวข้อที่ 4.3.2

2. พัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมโมเดลที่ได้สร้างไว้จากขั้นตอนแรก และทำการแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหว (Animation) โดยมีรายละเอียดในภาคผนวก ช

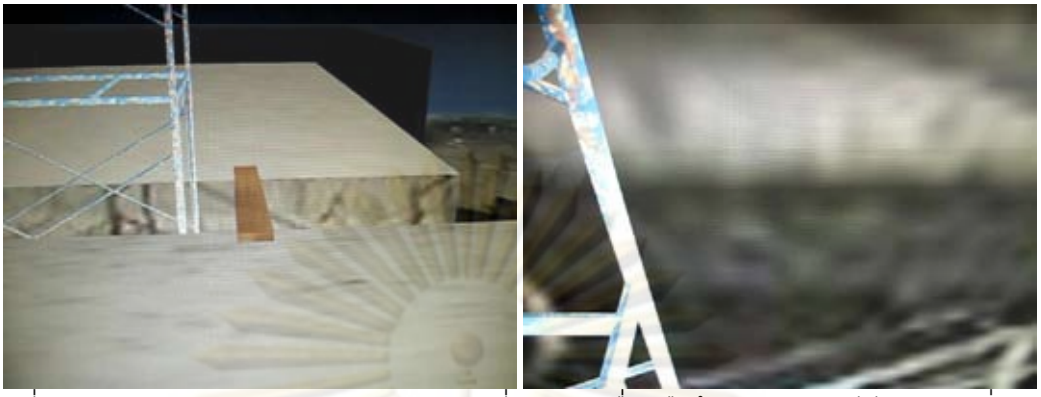
3. ทำการบันทึกสถานการณ์ด้วยกล้องวีดีโอ จากหน้าจอของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในขณะทำการเคลื่อนที่ในแบบจำลองเสมือนจริงบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

โดยได้ทำการบันทึกรูปจากกล้องวีดีโอมาเป็นรูปภาพเพื่อแสดงให้เห็นดังแสดงในภาพที่ 4.4 ถึง 4.12 หลังจากนั้นจึงนำไปใช้เพื่อฝึกอบรมดังภาพที่ 4.13

ภาพที่ 4.4 ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น

ภาพที่ 4.5 ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.6 ภาพจำลองสถานการณ์การตกจากที่สูงจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)

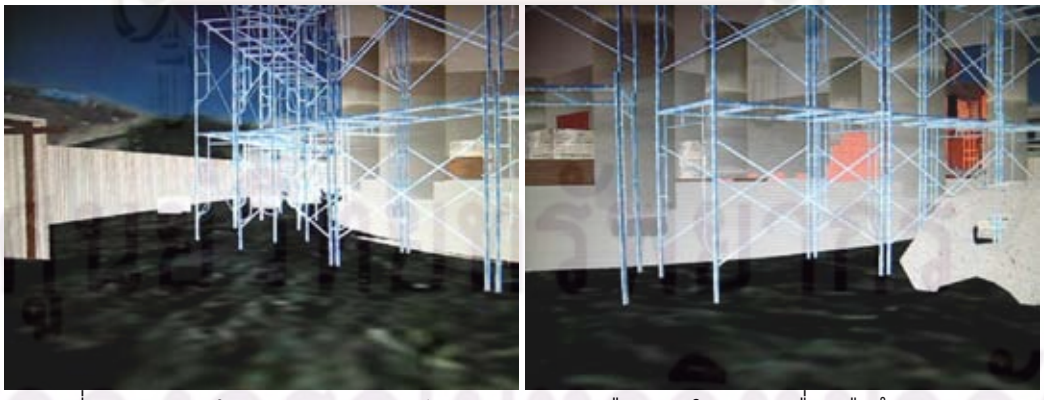
ภาพที่ 4.7 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น

ภาพที่ 4.8 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)

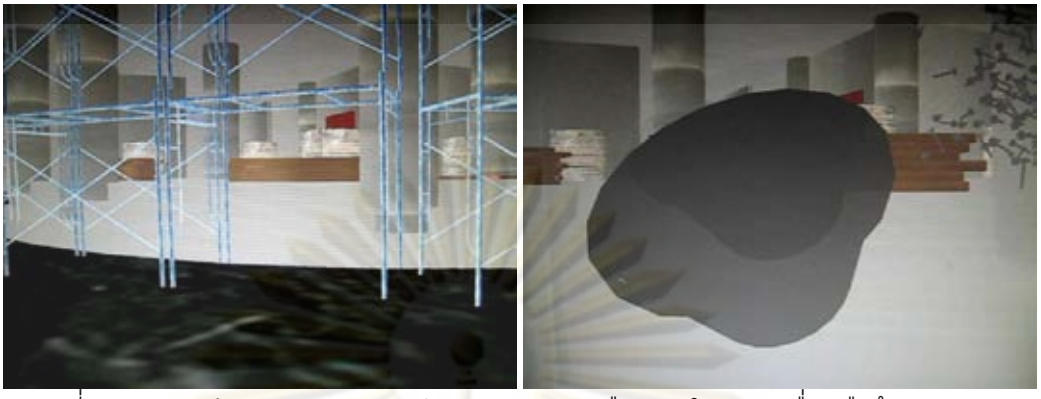
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.9 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชนจากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)

ภาพที่ 4.10 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น



ภาพที่ 4.11 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)



ภาพที่ 4.12 ภาพจำลองสถานการณ์การถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่จากเครื่องมือฝึกอบรมชนิดวีดีโอเอนิเมชั่น (ต่อ)

ภาพที่ 4.13 ภาพแรงงานขณะทำการฝึกอบรมด้วยวิดีโอเอนิเมชั่น

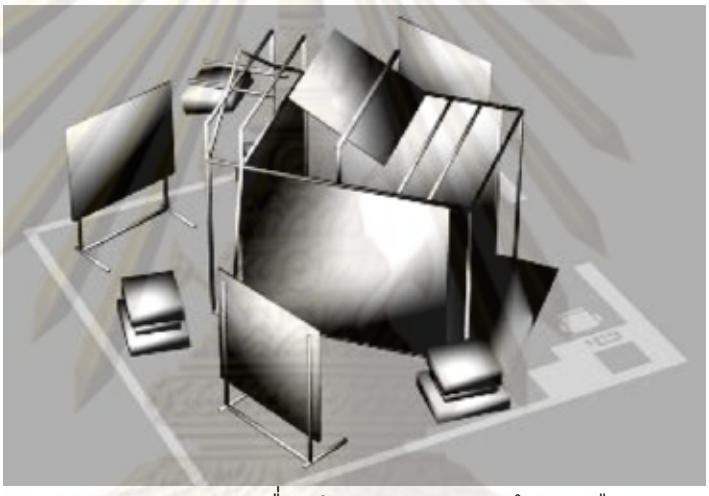
4.3 การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อฝึกอบรมแรงงานก่อสร้างในด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีรายละเอียดของการพัฒนาดังต่อไปนี้

4.3.1 ศึกษาเครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสำหรับการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยสำหรับงานวิจัยนี้เรียกว่า Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) ซึ่งได้กล่าวถึง

รายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 2 โดย CAVE ที่ใช้ภายในงานวิจัยนี้เป็นแบบที่มีหน้าจอแสดงผล 4 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านล่าง ซึ่งได้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับควบคุมทั้งหมด 5 เครื่อง โดยคอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง ทำหน้าที่ควบคุมจอภาพและโปรเจคเตอร์ในแต่ละด้านของหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 4.14 ส่วนคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 5 มีชื่อว่า Trackd ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณจากการเคลื่อนที่ภายในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยผ่านอุปกรณ์ที่เป็น Interface ซึ่งภายในห้องปฏิบัติการในงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์ที่เป็นอินเตอร์เฟสคือ Wanda ซึ่งคุณสมบัติของ Wanda นั้นทำหน้าที่เสมือนเป็นเมาส์ (Mouse) ในคอมพิวเตอร์ทั่วไป กล่าวคือสามารถใช้เป็นตัวชี้ (Pointer) และเคลื่อนย้ายวัตถุในโลกสภาพแวดล้อมเสมือนได้



รูปที่ 4.14 ส่วนประกอบของเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE)

4.3.2 การพัฒนาแบบจำลองกราฟิกเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ในการสร้างแบบจำลองสามมิติหรือกราฟิกเพื่อนำไปใช้ในการสร้างหรือจำลองสถานการณ์เสมือนจริงนั้นสามารถใช้ซอฟแวร์สร้างโมเดลสามมิติทั่วไปเช่น “3D Studio Max” “Maya” “Strata” “Solid Works” หรือ “Auto CAD” เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ซอฟแวร์สร้างโมเดลสามมิติที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไปคือ “3D Studio Max” เวอร์ชั่น 9 โดยขั้นตอนและรายละเอียดของซอฟแวร์สามารถดูได้ในภาคผนวก ฉ

4.3.3 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

การสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นเป็นงานด้าน Multimedia ชนิดหนึ่งซึ่งโดยพื้นฐานแล้วการพัฒนาภาพกราฟิกสามารถใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปสร้างขึ้นได้ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

ที่สร้างขึ้นต้องใช้ชุดคำสั่งพื้นฐานในการควบคุม ซึ่งเมื่อแบ่งตามภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. **กลุ่มที่ใช้ภาษา C/C++ เป็นพื้นฐาน**

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) DirectX

เป็นชุดคำสั่งที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้อำนวยความสะดวกให้เป็นชุดคำสั่งที่ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเรียกใช้ความสามารถด้านฮาร์ดแวร์ของระบบได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งภาพ เสียง การควบคุม หรืองานด้าน multimedia ซึ่งองค์ประกอบของ DirectX แบ่งออกตามประเภทของการใช้งานหลักได้เป็นสองส่วนคือ 1) DirectX Runtime Library เป็นส่วนประกอบของ DirectX ที่ทำให้เราสามารถเล่นเกมหรือโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นจากชุดคำสั่งของ DirectX ได้ ซึ่งถูกติดตั้งลงในระบบปฏิบัติการ Windows โดยอัตโนมัติ และ 2) DirectX SDK (DirectX Software Development Kit) เป็นชุดคำสั่งที่ออกแบบมาใช้ร่วมกับโปรแกรมแปลภาษาหลายภาษา เช่น C/C++, Visual Basic, Delphi หรือ Borland เพื่อให้พัฒนาโปรแกรมสำหรับปรแกรมทางด้าน multimedia โดยมีข้อดีคือสามารถเข้าถึงระบบฮาร์ดแวร์ได้โดยตรงไม่ต้องผ่านทางระบบปฏิบัติการทำให้มีความเร็วสูงกว่าเกมส์หรือโปรแกรมทางด้าน multimedia ที่ต้องควบคุมฮาร์ดแวร์ผ่านระบบปฏิบัติการ และข้อดีด้านอื่นคือโปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถแสดงผลได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบฮาร์ดแวร์แตกต่างกันได้โดยไม่เกิดปัญหา (แต่ฮาร์ดแวร์เหล่านั้นต้องสนับสนุน DirectX SDK ด้วยเช่นกัน และผลลัพธ์ที่ได้ในเครื่องหนึ่งอาจไม่เหมือนกับอีกเครื่องหนึ่งทุกประการ) ซึ่งองค์ประกอบของ DirectX SDK ประกอบไปด้วยปัจจุบันนี้มีส่วนประกอบหลักคือ

- Direct3D ประกอบด้วยคำสั่งทางด้านการประมวลผลภาพ 3 มิติออกสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์
- DirectDraw ประกอบด้วยคำสั่งทางด้านการประมวลผลภาพ 2 มิติออกสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์
- DirectSound ประกอบด้วยคำสั่งทางด้านการประมวลผลเสียง
- Direct Play ประกอบด้วยคำสั่งทางด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย Network

นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นอีกเป็นจำนวนมากซึ่งขึ้นต้นด้วยคำว่า Direct ทั้งสิ้นเช่น DirectSetup, DirectShow และ DirectMusic แต่ส่วนใหญ่ที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 4 ชนิด และถ้ามองในส่วนของงานกราฟิกปัจจุบันเป็นการใช้งาน Direct3D เป็นส่วนใหญ่เพราะ DirectDraw ใช้งาน

ได้เพียงสองมิติ แต่ในปัจจุบันนิยมใช้ Direct3D สำหรับการพัฒนาเกมส์ที่ใช้บน Windows และ Xbox เป็นจำนวนมาก (นิรุธ อำนวยศิลป์ 2545 & Wikimedia Foundation, Inc, 2007)

2) OpenGL (open graphics library)

เป็นชุดคำสั่งที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Silicon Graphics (SGI) ซึ่งหลักการทำงานคล้ายกับ Direct3D โดยรองรับระบบปฏิบัติการได้ทุกระบบทั้ง Microsoft Windows, Linux, Mac OS X, PlayStation 3, Nintendo GameCube, Wii ซึ่งแทบนับได้ว่านอกจาก Xbox และ Windows แล้ว ส่วนใหญ่งานด้านกราฟิกใช้ OpenGL เป็นหลัก และในส่วนของขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมนั้น OpenGL ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับ โครงสร้างภาษา C เท่านั้น โดยทั่วไปงานของ OpenGL พบได้ในงาน CAD, Virtual Reality, งานจำลองการขับเครื่องบิน เป็นต้นซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานที่เน้นการทำงานไปในส่วนของงานกราฟิกชั้นสูงโดยเฉพาะ ทั้งนี้เนื่องมาจากบริษัทผลิตกราฟิกขนาดใหญ่อย่างเช่น Softimage|3D, Alias PowerAnimator ต่างเลือกใช้ OpenGL เป็นชุดคำสั่งในการพัฒนากราฟิก ทำให้ผลงานในด้านกราฟิกของ OpenGL อยู่ในตลาดมากกว่า Direct3D (Martz 2006, & Wikimedia Foundation, Inc, 2007)

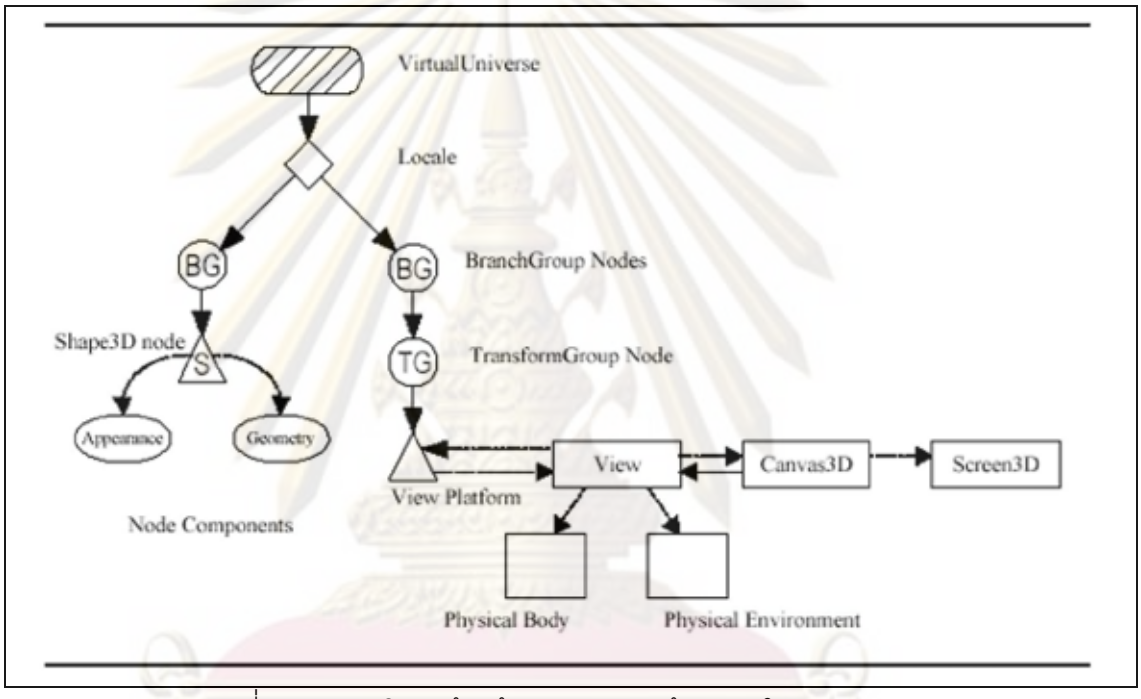
2. กลุ่มที่ใช้ภาษา Java เป็นพื้นฐาน

Java คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เขียนโปรแกรม โดยมีการเขียนโปรแกรมในลักษณะเป็นแบบ Object Oriented Programming (OOP) คือสามมารถพัฒนาและออกแบบโปรแกรมในทำนองเดียวกับสภาพความเป็นจริงรอบตัวเราได้ง่าย กล่าวคือในสภาพความเป็นจริงแล้ว สิ่งที่อยู่รอบตัวเราล้วนแต่มีสภาพเป็น class (คือกลุ่มรวมของวัตถุ) และ object (คือตัวอย่างของ class) ทั้งสิ้น เช่น class ของรถยนต์ มี object เช่น Benz ของนาย ก เป็นต้น ซึ่งทำให้เราสามารถจำลองสิ่งเหล่านี้ลงสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ง่าย ดังนั้นโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นนี้ประกอบด้วยกลุ่มของ object ที่ได้จากคลาสที่มีหน้าที่เฉพาะและเป็นอิสระต่อกัน (ชวิศนัช อิงชาติเจริญ, 2545) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) Java3D

เป็นชุดคำสั่งสำหรับการทำงานร่วมกับภาษา Java โดยทำงานอยู่เหนือทั้ง OpenGL และ Direct3D โดย Java3D เป็นส่วนที่นำมาใช้แสดงผลทางด้านกราฟิกและมีปฏิสัมพันธ์ แบบ 3 มิติ ซึ่ง Java3D นี้เป็นส่วนที่เพิ่มเติมมาจาก Java 2 SDK โดยทำให้สามารถสร้างและจัดการกับวัตถุ 3 มิติ ซึ่งวัตถุเหล่านี้ได้ถูกใส่ไว้ในภาพโครงสร้างข้อมูลดังภาพที่4.15 และมีการจัดเรียงวัตถุในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ โดยระบุส่วนประกอบของจักรวาลเสมือน (virtual universe) อย่างสมบูรณ์ และวิธีการในการประมวลผล โดยในรูปได้แสดงตัวอย่าง ซึ่งเส้นทึบแสดงความสัมพันธ์

และเส้นประแสดงการอ้างอิงไปยังวัตถุอื่น เห็นได้ว่ารูปแบบโครงสร้างได้เริ่มต้นที่จักรวาลเสมือน (Virtual Universe) โดยมี Locale มาต่อด้วย (อาจมีได้หลาย Locale) ซึ่งตัว Locale นี้เป็นรากฐานให้กับโครงสร้างย่อย ของทั้งโครงสร้างทั้งหมดและ Branch Group node (BG) เป็นฐานรากให้กับ subgraph (branch graph) โดยที่ node มี child node ได้หลายตัว แต่มี parent node ได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น ซึ่ง node ต้องเป็น instance ของ Java 3D class (Wikimedia Foundation, Inc, 2007)



รูปที่ 4.15 ภาพโครงสร้างข้อมูลของการสร้างวัตถุใน JAVA3D

2) JOGL (Java OpenGL)

เป็นชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นโดย Game Technology Group at Sun Microsystems โดยเป็นชุดคำสั่งที่ทำให้สามารถใช้งาน OpenGL โดยใช้โครงสร้างภาษา Java ได้โดยตรงซึ่ง JOGL มีรูปแบบคำสั่งการใช้งานเทียบเท่ากับ OpenGL ที่ทำงานกับภาษา C/C++ โดยหากต้องการนำโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้น OpenGL ที่ใช้โครงสร้างภาษา C มาใช้งานกับ JOGL ต้องใช้ชุดคำสั่ง Java Native Interface (JNI) สำหรับเรียกใช้งานใน JOGL ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ JOGL พบว่าภาษาที่ใช้เขียนน้อยกว่าภาษา C แต่เขียนยากกว่า Java3D เนื่องจาก Java3D เป็นชุดคำสั่งที่สูงกว่า เพราะต้องทำงานบน OpenGL หรือ Direct3D แต่ JOGL เป็นชุดคำสั่งที่ต่ำกว่า เพราะสามารถทำงานผ่าน OpenGL ได้โดยตรง (Wikimedia Foundation, Inc, 2007)

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ชุดคำสั่ง OpenGL ซึ่งใช้ภาษา C++ เป็นพื้นฐานเนื่องจากโมเดลที่ต้องการใช้ในงานวิจัยเน้นในเรื่องของกราฟิกเป็นหลัก และเพื่อให้ง่ายต่อการนำมาประยุกต์ใช้กับชุดคำสั่งแสดงผลของเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่เรียกว่า CAVE Library ซึ่งรองรับการใช้งานจากภาษา C++ โดยขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมและคำอธิบายแสดงในภาคผนวก ช และผลจากการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องจำลองสถานการณ์จริงได้ทำการทดสอบโดยให้ผู้ใช้แรงงานจริงเข้าอยู่ในเครื่องจำลองดังแสดงในรูปที่4.16 ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าเสมือนจริง

รูปที่ 4.16 ภาพแรงงานขณะทำการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (CAVE)

4.4 สรุปท้ายบท

การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยนั้นแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทการฝึกอบรมจำแนกตามเครื่องมือที่ใช้ได้ดังนี้

1. การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้ภาพวาด ภายหลังจากการกำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรมแล้วจึงทำการวาดรูปสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อใช้ในการฝึกอบรม

2. การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้วีดีโอเอนิเมชั่น โดยสามารถกระทำได้ดังนี้คือ สร้างโมเดลกราฟิกเพื่อจำลองสถานการณ์ด้านความปลอดภัยซึ่งใช้โปรแกรม “3D Studio Max” และทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมโมเดลโดยใช้โปรแกรม “C++

Programming Language” หลังจากนั้นจึงทำการแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหวและทำการบันทึกสถานการณ์ด้วยกล้องวีดีโอจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3. การพัฒนาเครื่องมือฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงโดยการสร้างโมเดลกราฟิกเพื่อจำลองสถานการณ์ด้านความปลอดภัยซึ่งใช้โปรแกรม “3D Studio Max” และทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมโมเดลและแสดงผลที่ได้สร้างไว้เพื่อให้สามารถแสดงบนเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้ โดยใช้โปรแกรม “C++ Programming Language”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวัดความตระหนักด้านความปลอดภัย

ในการวัดความตระหนักด้านความปลอดภัยของการก่อสร้างโดยใช้เครื่องมือประเภทต่างๆคือ ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถดำเนินการโดยมีขั้นตอนต่างๆดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง 2) การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความตระหนักจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือแต่ละประเภท 3) การทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานบนอาคารสูง 4) สรุปผลการทดลอง

5.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

จากตารางที่ 5.1 สามารถอธิบายข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 30 คนได้ดังนี้

1) <u>เพศ</u> :

คนงานชายมีจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.3 และคนงานหญิงมีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7

2) <u>อายุ</u> :

คนงานที่มีอายุไม่เกิน 29 ปี (อายุน้อย) มีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.3 และคนงานที่มีอายุเกินกว่า 29 ปี (อายุมาก) มีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.7

3) <u>ประสบการณ์การทำงานก่อสร้าง</u> :

คนงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างไม่เกิน 3 ปี (ประสบการณ์น้อย) มีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 และคนงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างเกินกว่า 3 ปี (ประสบการณ์มาก) มีจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70

4) <u>ประสบการณ์การทำงานก่อสร้างอาคารสูง</u> :

คนงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงไม่เกิน 3 ปี (ประสบการณ์น้อย) มีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.3 และคนงานที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างเกินกว่า 3 ปี (ประสบการณ์มาก) มีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.7

ตารางที่ 5.1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล

ลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	22	73.3%
หญิง	8	26.7%
รวม	30	100.0%
อายุ		
ไม่เกิน 29 ปี (อายุน้อย)	13	43.3%
เกินกว่า 29 ปี (อายุมาก)	17	56.7%
รวม	30	100.0%
ประสบการณ์การทำงานก่อสร้าง		
ไม่เกิน 3 ปี (ประสบการณ์การทำงานน้อย)	9	30.0%
เกินกว่า 3 ปี (ประสบการณ์การทำงานมาก)	21	70.0%
รวม	30	100.0%
ประสบการณ์การทำงานก่อสร้างอาคารสูง		
ไม่เกิน 3 ปี (ประสบการณ์การทำงานน้อย)	13	43.3%
เกินกว่า 3 ปี (ประสบการณ์การทำงานมาก)	17	56.7%
รวม	30	100.0%

5.2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความตระหนักจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือแต่ละประเภท

ในเบื้องต้นก่อนการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี t-test for dependent samples ควรมีการทดสอบเพื่อให้ได้ลักษณะของการแจกแจง โดยผลจากการทดสอบได้ดังตารางที่ 5.2

โดยจากค่าที่ได้พบว่าค่า P-Value ของทั้งหมดมีค่ามากกว่า 0.05 แปลว่ามีการแจงแจงใกล้เคียงกับโค้งปกติ ดังนั้นจึงสามารถนำมาทดสอบสมมติฐานด้วย t-test ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ผลจากการทดสอบการแจกแจงของคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือแต่ละประเภท

การทดสอบการแจกแจงของคะแนนความตระหนัก			
	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่าง ๆ	ค่า P-Value ของการทดสอบการแจกแจงในแต่ละวิธีการทดสอบ	
		Kolmogorov-Smirnov[a]	Shapiro-Wilk
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ภาพวาด	0.200*	0.399
	วีดีโอเอนิเมชั่น	0.200*	0.838
	ระบบสภาพแวดล้อมเสมือนจริง	0.200*	0.933
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ภาพวาด	0.200*	0.419
	วีดีโอเอนิเมชั่น	0.200*	0.776
	ระบบสภาพแวดล้อมเสมือนจริง	0.055	0.213

5.2.1 ผลการทดสอบการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยภาพวาด

ตารางที่ 5.3 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยภาพวาด

	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	จำนวน (คน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	80.90	10	15.066
คะแนนหลังจากการฝึกอบรม	88.70	10	10.924

ผลการเปรียบเทียบด้วยวิธี Paired Samples Test				
	ผลต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนัก (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)	t	P-Value (2-tailed)
ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังการฝึกอบรม	-7.800	6.828	-3.612	0.006

จากตางรางที่ 5.3 ผลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมคือ 80.90 ในขณะที่หลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีภาพวาดมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักคือ 88.70 ซึ่งจากผลการทดสอบด้วยวิธี paired samples t-test พบว่าได้ค่า P-Value สองทางเป็น 0.006 ดังนั้นค่า P-Value ทางเดียวคือ 0.003 ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.05 จึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับสมมติฐาน H_1 ที่ว่า คะแนนก่อนการฝึกอบรมมีค่าน้อยกว่าคะแนนหลังจากการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่าการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยภาพวาดนั้นสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.2 ผลการทดสอบการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น

ตารางที่ 5.4 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น

	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	**จำนวน (คน)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	83.20	10	10.174
คะแนนหลังจากการฝึกอบรม	90.90	10	7.520

ผลการเปรียบเทียบด้วยวิธี Paired Samples Test				
	ผลต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนัก (คะแนน)	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**	t	P-Value (2-tailed)
ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังการฝึกอบรม	-7.700	4.877	-4.992	0.001

จากตารางที่ 5.4 ผลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมคือ 83.20 ในขณะที่หลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักคือ 90.90 ซึ่งจากผลการทดสอบด้วยวิธี paired samples t-test พบว่าได้ค่า P-Value สองทางเป็น 0.001 ดังนั้นค่า P-Value ทางเดียวคือ 0.0005 ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.05 จึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับสมมติฐาน H_1 ที่ว่า คะแนนก่อนการฝึกอบรมมีค่าน้อยกว่าคะแนนหลังจากการ

ฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่าการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นนั้นสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.3 ผลการทดสอบการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	**จำนวน (คน)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	85.60	10	10.752
คะแนนหลังจากการฝึกอบรม	94.80	10	7.786

ผลการเปรียบเทียบด้วยวิธี Paired Samples Test				
	ผลต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนัก (คะแนน)	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**	t	P-Value (2-tailed)
ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังการฝึกอบรม	-9.200	6.356	-4.577	0.001

จากตารางที่ 5.5 ผลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมคือ 85.60 ในขณะที่หลังจากการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความตระหนักคือ 94.80 ซึ่งจากผลการทดสอบด้วยวิธี paired samples t-test พบว่าได้ค่า P-Value สองทางเป็น 0.001 ดังนั้นค่า P-Value ทางเดียวคือ 0.0005 ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.05 จึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับสมมติฐาน H_1 ที่ว่า คะแนนก่อนการฝึกอบรมมีค่าน้อยกว่าคะแนนหลังจากการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่าการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.4 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยภาพวาดและการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น

ตารางที่ 5.6 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยภาพวาดกับวีดีโอเอนิเมชั่น ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ภาพวาด	10	80.90	15.066
	วีดีโอเอนิเมชั่น	10	83.20	10.174
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ภาพวาด	10	88.70	10.924
	วีดีโอเอนิเมชั่น	10	90.90	7.520

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.217	0.694
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.694
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.148	0.606
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.607

จากตารางที่ 5.6 พบว่าค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 80.90 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 83.20 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.217 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.694 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.347 ซึ่งมีค่ามากกว่า

0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 88.70 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 90.90 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.148 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.606 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.303 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งก่อนการนำมาฝึกอบรมด้วยภาพวาดและกลุ่มตัวอย่างที่สองก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นนั้นมีคะแนนความตระหนักไม่แตกต่างกัน และเมื่อกลุ่มตัวอย่างทั้งสองผ่านการฝึกอบรมแล้ว พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้มีคะแนนความตระหนักเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและกลุ่มตัวอย่างที่สอง พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมไม่แตกต่างกัน

5.2.5 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยภาพวาดและการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

จากตารางที่ 5.7 พบว่าค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 80.90 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 85.60 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.245 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.432 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.216 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.7 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยภาพวาดกับเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	**จำนวน (คน)**	**ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ภาพวาด	10	80.90	15.066
	เครื่องจำลอง-สภาพแวดล้อมเสมือนจริง	10	85.60	10.752
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ภาพวาด	10	88.70	10.924
	เครื่องจำลอง-สภาพแวดล้อมเสมือนจริง	10	94.80	7.786

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.245	0.432
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.434
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.211	0.168
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.169

และคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 88.70 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 94.80 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.211 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.168 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.084 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งก่อนการนำมาฝึกอบรมด้วยภาพวาดและกลุ่มตัวอย่างที่สองก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นมีคะแนนความตระหนักไม่แตกต่างกัน และเมื่อกลุ่มตัวอย่างทั้งสองผ่านการฝึกอบรมแล้ว พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้มีคะแนนความตระหนักเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและกลุ่มตัวอย่างที่สอง พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมไม่แตกต่างกัน

5.2.6 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นและการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 5.8 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นกับเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	วีดีโอเอนิเมชั่น	10	83.20	10.174
	เครื่องจำลอง-สภาพแวดล้อมเสมือนจริง	10	85.60	10.752
คะแนนหลังการฝึกอบรม	วีดีโอเอนิเมชั่น	10	90.90	7.520
	เครื่องจำลอง-สภาพแวดล้อมเสมือนจริง	10	94.80	7.786

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	1.000	0.614
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.614
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.738	0.269
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.270

จากตารางที่ 5.8 พบว่าค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 83.20 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 85.60 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 1.000 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.614 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.307 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีค่าเป็น 90.90 เมื่อเทียบกับค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีค่าเป็น 94.80 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.738 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองวิธีด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.269 ซึ่งคิดเป็นค่า P-Value ทางเดียวเท่ากับ 0.135 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งก่อนการนำมาฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นและกลุ่มตัวอย่างที่สองก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงนั้นมีคะแนนความตระหนักไม่แตกต่างกัน และเมื่อกลุ่มตัวอย่างทั้งสองผ่านการฝึกอบรมแล้ว พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้มีคะแนนความตระหนักเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและกลุ่มตัวอย่างที่สอง พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.7 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของแต่ละวิธีการฝึกอบรมด้วยการแบ่งระดับเกณฑ์ความตระหนัก

ตารางที่ 5.9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักด้วยการแบ่งระดับเกณฑ์ความตระหนัก

	ระดับของค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักจำแนกตามประเภทของกลุ่มตัวอย่างซึ่งถูกอบรมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน		
	กลุ่มที่ถูกอบรมด้วยภาพวาด	กลุ่มที่ถูกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น	กลุ่มที่ถูกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	**ปานกลาง** (80.9)	**ปานกลาง** (83.2)	**ปานกลาง** (85.6)
คะแนนหลังจากการฝึกอบรม	**ปานกลาง** (88.7)	**ปานกลาง** (90.9)	**สูง** (94.8)

จากการแบ่งระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการฝึกอบรมและหลังจากการฝึกอบรมด้วยวิธีที่แตกต่างกันนั้น พบว่ากลุ่มตัวอย่างก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยวิธีภาพวาดนั้นมีระดับคะแนนความตระหนักในขั้นปานกลาง เช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยวิธีวีดีโอเอนิเมชั่นและกลุ่มตัวอย่างก่อนนำมาฝึกอบรมด้วยวิธีเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และภายหลังจากการที่กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีที่แตกต่างกันพบว่า ระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยภาพวาดอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดิมถึงแม้ว่ามีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นก็ตาม เช่นเดียวกับระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วบวิธีวีดีโอเอนิเมชั่นซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดิมแม้ว่ามีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีระดับคะแนนความตระหนักอยู่ในระดับสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 การทดสอบสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานบนอาคารสูง

5.3.1 ผลการวิเคราะห์ความตระหนักจากการฝึกอบรมระหว่างเพศชายและเพศหญิง

ตารางที่ 5.10 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างเพศชายและเพศหญิง

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ชาย	22	82.91	12.998
	หญิง	8	84.13	9.015
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ชาย	22	91.41	9.241
	หญิง	8	91.63	8.667

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.140	0.810
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.777
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.970	0.955
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.954

จากตารางที่ 5.10 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ มีเพศชายจำนวน 22 คน ซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยเท่ากับ 82.91 คะแนน เมื่อเทียบกับเพศหญิงซึ่งมีจำนวน 8 คน ซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยเท่ากับ 84.13 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.140 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ

0.810 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมของเพศชายและหญิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาถึงคะแนนความตระหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่ากลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นเพศชายมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ91.41 คะแนน เมื่อเทียบกับเพศหญิงซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 91.63 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.970 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.955 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมของเพศชายและหญิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ความตระหนักจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่อายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี) และกลุ่มตัวอย่างที่อายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป)

จากตารางที่ 5.11 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ เมื่อทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามอายุเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยกว่า 29 ปีเรียกว่ากลุ่มอายุน้อย และกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุตั้งแต่ 29 ปีขึ้นไปเรียกว่ากลุ่มอายุมาก ซึ่งจากข้อมูลพบว่ามีกลุ่มอายุน้อยจำนวน 14 คน ซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 84.00 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มอายุมากซึ่งมีจำนวน 16 คน โดยมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 82.56 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.183 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.748 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมของกลุ่มอายุน้อยและกลุ่มอายุมากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาถึงคะแนนความตระหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่ากลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มอายุน้อยมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ93.71 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มอายุมากซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักหลัง

การฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 89.50 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.611 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.203 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มอายุน้อยและกลุ่มอายุมากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.11 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่อายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี) และกลุ่มตัวอย่างที่อายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป)

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	**จำนวน (คน)**	**ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กลุ่มอายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี)	14	84.00	14.315
	กลุ่มอายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป)	16	82.56	9.818
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กลุ่มอายุน้อย (น้อยกว่า 29 ปี)	14	93.71	9.093
	กลุ่มอายุมาก (อายุ 29 ปีขึ้นไป)	16	89.50	8.610

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.183	0.748
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.755
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.611	0.203
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.205

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.3 ผลการวิเคราะห์ความตระหนักจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก

ตารางที่ 5.12 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกอบรม ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาก

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ประสบการณ์การทำงานน้อย	10	85.10	12.530
	ประสบการณ์การทำงานมาก	20	82.30	11.833
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ประสบการณ์การทำงานน้อย	10	94.90	8.103
	ประสบการณ์การทำงานมาก	20	89.75	9.037

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.844	0.554
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.564
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.644	0.140
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.130

จากตารางที่ 5.12 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ เมื่อทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามประสบการณ์ในการก่อสร้างเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างน้อยกว่า 3 ปีเรียกว่า กลุ่มประสบการณ์น้อย และกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไปเรียกว่ากลุ่มประสบการณ์มาก ซึ่งจากข้อมูลพบว่ามีกลุ่มประสบการณ์น้อยจำนวน 10 คน ซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 85.10 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มประสบการณ์มากซึ่งมีจำนวน 20 คน โดยมีค่าคะแนนความ

ตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 82.30 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.844 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.554 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมของกลุ่มประสบการณ์น้อยและกลุ่มประสบการณ์มากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาถึงคะแนนความตระหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่ากลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มประสบการณ์น้อยมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 94.90 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มประสบการณ์มากซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 89.75 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.644 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.140 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มประสบการณ์น้อยและกลุ่มประสบการณ์มากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.3.4 ผลการวิเคราะห์ความตระหนักจากการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูง

จากตารางที่ 5.13 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ เมื่อทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามประสบการณ์ในการก่อสร้างอาคารสูงเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างอาคารสูงน้อยกว่า 3 ปีเรียกว่า กลุ่มประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูง และกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างอาคารสูงตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไปเรียกว่ากลุ่มประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งจากข้อมูลพบว่ามีกลุ่มประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงจำนวน 22 คน ซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 82.91 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูงซึ่งมีจำนวน 8 คน โดยมีค่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมเท่ากับ 84.13 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่ง

จากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.140 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.810 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักก่อนการฝึกอบรมของกลุ่มประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงและกลุ่มประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5.13 ผลจากการเปรียบเทียบคะแนนความตระหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกอบรม ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูง

	ประเภทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ	**จำนวน (คน)**	**ค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่าง (คะแนน)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คะแนน)**
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	ประสบการณ์น้อยในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง	22	82.91	12.998
	ประสบการณ์มากในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง	8	84.13	9.015
คะแนนหลังการฝึกอบรม	ประสบการณ์น้อยในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง	22	91.41	9.241
	ประสบการณ์มากในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง	8	91.63	8.667

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
		P-Value (2-tailed)	P-Value (2-tailed)
คะแนนก่อนการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.140	0.810
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.777
คะแนนหลังการฝึกอบรม	กรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน	0.970	0.955
	กรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน		0.954

และเมื่อพิจารณาถึงคะแนนความตระหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างภายหลังจากได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่ากลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 91.41 คะแนน เมื่อเทียบกับกลุ่มประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูงซึ่งมีค่าคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมเฉลี่ยเท่ากับ 91.63 คะแนน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วย t-test จำเป็นต้องทราบผลการทดสอบค่าความแปรปรวนก่อน ซึ่งจากการทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.970 ซึ่งมากกว่า 0.05 แปลว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมทั้งสองด้วย t-test ได้ค่า P-Value สองทางเท่ากับ 0.955 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มประสบการณ์น้อยในการก่อสร้างอาคารสูงและกลุ่มประสบการณ์มากในการก่อสร้างอาคารสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.4 สรุปและอภิปรายผลการวัดความตระหนักด้านความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง

จากผลการวิเคราะห์การวัดความตระหนักด้านความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง โดยทำการทดสอบสมมติฐานทางการวิจัย ปรากฏผลดังนี้

สมมติฐานที่ 1 การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยวิธีต่าง ๆสามารถเพิ่มคะแนนความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้อย่างมีนัยสำคัญ

ผลจากการวิจัยพบว่า คะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีภาพวาด มีค่าเป็น 80.90 ซึ่งหลังจากได้รับการฝึกอบรมแล้วกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความตระหนักมีค่าเป็น 88.70 ในขณะที่ คะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีวีดีโอเอนิเมชั่น มีค่าเป็น 83.20 ซึ่งหลังจากได้รับการฝึกอบรมแล้วกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความตระหนักมีค่าเป็น 90.90 และคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึกอบรมด้วยวิธีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีค่าเป็น 85.60 ซึ่งหลังจากได้รับการฝึกอบรมแล้วกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความตระหนักมีค่าเป็น 94.80

ดังนั้น จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ การฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆทั้งสามวิธี สามารถเพิ่มคะแนนความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

สมมติฐานที่ 2 การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องมือแต่ละประเภทสามารถเพิ่มคะแนนความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้อย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือคะแนนความตระหนักหลังการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสามไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมีคะแนนสูงที่สุด คะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีคะแนนสูงรองลงมา และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีคะแนนน้อยที่สุด แต่ไม่ถึงกับมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้ารับการฝึกอบรมด้วยวิธีทั้งสามนั้นมีความแตกต่างกัน ประกอบกับลักษณะและประสบการณ์ของกลุ่มคนงานทั้งสามยังมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แต่ผลลัพธ์ที่ได้นอกเหนือจากค่าคะแนนความตระหนักที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มตัวอย่างหลังจากได้รับการฝึกอบรมแล้วคือ กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงทั้งหมดจำนวน 10 คน พบว่ามีจำนวน 2 คนซึ่งขณะที่ทำการฝึกอบรมในเรื่องการไม่ระมัดระวังอุบัติเหตุในโครงการก่อสร้าง ซึ่งเป็นการจำลองการถูกวัตถุกระแทกหรือพุ่งชน จากการสังเกตุพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองคนมีอาการตกใจ และภายหลังได้ทำการสัมภาษณ์พบว่าทั้งคู่รู้สึกเกิดความตระหนักขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งผลที่ได้จากเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในข้อนี้เป็นสิ่งที่พิเศษกว่าการฝึกอบรมอีกสองรูปแบบ ซึ่งไม่อาจวัดเป็นคะแนนได้

และจากการแบ่งระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างพบว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เป็นเพียงวิธีการฝึกอบรมเดียวที่สามารถเพิ่มระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างจากระดับปานกลางไปเป็นระดับสูงได้ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถเพิ่มคะแนนความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้มากกว่าวิธีการฝึกอบรมชนิดอื่น

สมมติฐานที่ 3 ลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักได้

1. กลุ่มตัวอย่างที่มีเพศแตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนัก

จากการทดสอบสมมติฐาน ปรากฏว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงมีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และภายหลังจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่าคะแนน

ความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงยังคงมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าเพศไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักเปลี่ยนแปลง

2. กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุแตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนัก

จากการทดสอบสมมติฐาน ปรากฏว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากมีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และภายหลังจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากยังคงมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าอายุไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักเปลี่ยนแปลง

3. กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานแตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนัก

จากการทดสอบสมมติฐาน ปรากฏว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากมีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และภายหลังจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานน้อยและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากยังคงมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าประสบการณ์ในการทำงานไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักเปลี่ยนแปลง

4. กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงแตกต่างกันอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนัก

จากการทดสอบสมมติฐาน ปรากฏว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงมีคะแนนความตระหนักเฉลี่ยก่อนการฝึกอบรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และภายหลังจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีต่างๆ พบว่าคะแนนความตระหนักเฉลี่ยหลังจากการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์น้อยในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงและกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์มากในการทำงานก่อสร้างอาคารสูงยังคงมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าประสบการณ์ในการทำงาน

ก่อสร้างอาคารสูงไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความตระหนักเปลี่ยนแปลง

5.5 การตรวจสอบผลการทดลอง (Validation)

การตรวจสอบผลการทดลองกระทำโดยการสุ่มคนงานก่อสร้างจำนวน 10 คน มาทำการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือฝึกอบรมทั้ง 3 ชนิดโดยเรียงลำดับจากการสุ่ม โดยหลังจากการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือฝึกอบรมทั้ง 3 ชนิดแล้วจึงทำการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามและทำการเรียงลำดับเครื่องมือฝึกอบรมทั้ง 3 ชนิด โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคือ “ให้คนงานพิจารณาว่าเครื่องมือฝึกอบรมชนิดไหนที่รู้สึกว่าหลังจากการฝึกอบรมแล้วมีความตระหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดเรียงตามลำดับไปยังน้อยที่สุด” โดยผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 5.14 ซึ่งพบว่าคนงานก่อสร้างจำนวน 8 คน จาก 10 คนกล่าวว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถเพิ่มความตระหนักในด้านความปลอดภัยได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5.14 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักหลังการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือแต่ละประเภท

ประเภทของเครื่องมือฝึกอบรม / ลำดับที่คนงาน	ภาพวาด	วีดีโอเอนิเมชั่น	เครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
1	น้อย	กลาง	มาก
2	น้อย	กลาง	มาก
3	กลาง	น้อย	มาก
4	มาก	น้อย	กลาง
5	กลาง	น้อย	มาก
6	น้อย	กลาง	มาก
7	น้อย	กลาง	มาก
8	น้อย	กลาง	มาก
9	น้อย	กลาง	มาก
10	มาก	น้อย	กลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการวัดความตระหนักด้านความปลอดภัยของการก่อสร้างโดยใช้เครื่องมือประเภทต่างๆคือ ภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่น และเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้การเลือกแบบโควต้า โดยได้กลุ่มตัวอย่างมาจากการสุ่มจากโครงการก่อสร้างจำนวน 3 แห่ง โครงการละ 10 คนรวมเป็นทั้งหมด 30 คนหลังจากนั้นได้นำกลุ่มตัวอย่างมาทำการตอบแบบสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลโดยแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือการทดสอบความตระหนักก่อนการฝึกอบรมและการทดสอบความตระหนักหลังจากการฝึกอบรม หลังจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ตามสมมติฐาน โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่มดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของความตระหนักจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยโดยใช้เครื่องมือแต่ละประเภท ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าเครื่องมือทั้ง 3 ประเภทสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับคนงานก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถเพิ่มความตระหนักได้มากกว่าเครื่องมือประเภทอื่น แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับวิธีการแบ่งคะแนนความตระหนักเฉลี่ยออกเป็นระดับขั้นกลับพบว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเป็นเพียงวิธีเดียวที่สามารถเพิ่มค่าระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างจากระดับปานกลางเป็นระดับสูงได้

2. การทดสอบสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่อาจมีผลต่อการฝึกอบรม โดยการทำการวิเคราะห์ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง พบว่าลักษณะของกลุ่มตัวอย่างไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจพูดได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดของการวิจัย

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการก่อสร้างมักมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเสมอ ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่คนงานก่อสร้างยังมีความตระหนักหรือความรู้ไม่เพียงพอหรือไม่ได้รับการฝึกอบรมที่ดีพอ ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้และข้อจำกัดของเทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของงานก่อสร้างอาคารสูง โดยได้ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนเป็นกรณีศึกษา และทำการเปรียบเทียบวิธีการเสริมสร้างความตระหนักด้วยวิธีใช้รูปภาพหรือภาพวาด การฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงพร้อมทั้งนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในการอบรมด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำเป็นแบบสัมภาษณ์เพื่อวัดระดับความตระหนักในด้านความปลอดภัยของแรงงาน และทำการพัฒนาโมเดลเพื่อฝึกอบรมแรงงานโดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ 1) การฝึกอบรมด้วยรูปภาพหรือภาพวาด 2) การฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่น 3) การฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

โดยสถานการณ์ที่นำมาใช้จำลองเพื่อศึกษานั้นคัดเลือกมาจากอัตราความถี่ของประเภทผู้บาดเจ็บ ความรุนแรงของสถานการณ์ และความเป็นไปได้ในการนำมาฝึกอบรม ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวได้แบ่งสถานการณ์ออกมาเป็น 3 สถานการณ์ดังนี้ 1) การจำลองสถานการณ์จากการตกจากที่สูง 2) การจำลองสถานการณ์จากการถูกวัตถุกระแทก หรือพุ่งชน 3) การจำลองสถานการณ์จากการถูกวัตถุตกหรือหล่นใส่

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้การเลือกแบบโควต้า โดยได้กลุ่มตัวอย่างมาจากการสุ่มจากโครงการก่อสร้างจำนวน 3 แห่ง โครงการละ 10 คนรวมเป็นทั้งหมด 30 คนโดยแบ่งเป็นเพศชาย 22 คนและเพศหญิง 8 คน ซึ่งหลังจากนั้นได้นำกลุ่มตัวอย่างมาทำการตอบแบบสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลโดยแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือ การทดสอบความตระหนักก่อนการฝึกอบรมและการทดสอบความตระหนักหลังจากการฝึกอบรม หลังจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยวิธีภาพวาด วีดีโอเอนิเมชั่นและเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง สามารถเพิ่มความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเครื่องมือแต่ละประเภทถึงแม้อาจสามารถเพิ่มความตระหนักให้กับกลุ่มตัวอย่างได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าคะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมีคะแนนสูงที่สุด คะแนนความตระหนักหลังจากการฝึกอบรมด้วยวีดีโอเอนิเมชั่นมีคะแนนสูงรองลงมา และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยภาพวาดมีคะแนนน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงวิธีการแบ่งคะแนนความตระหนักเฉลี่ยออกเป็นระดับขั้นกลับพบว่าการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเป็นเพียงวิธีเดียวที่สามารถเพิ่มค่าระดับคะแนนความตระหนักของกลุ่มตัวอย่างจากระดับปานกลางเป็นระดับสูงได้นอกจากนี้ในขณะที่ทำการฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงพบว่ามีแรงงานจำนวน 2 คนจากทั้งหมด 10 คนเกิดความตระหนักสูงและได้แสดงอาการตกใจในขณะที่ทำการฝึกอบรมและจากการสัมภาษณ์พบว่าแรงงานได้เกิดความตระหนักขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่อาจพบได้จากการฝึกอบรมด้วยวิธีภาพวาดหรือวีดีโอเอนิเมชั่น ซึ่งผลสรุปดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากการตรวจสอบผลการทดลอง (Validation) ซึ่งพบว่า ภายหลังจากการฝึกอบรมด้วยเครื่องมือทั้ง 3 ประเภท คนงานจำนวน 8 คนจาก 10 คนกล่าวว่า เครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสามารถเพิ่มความตระหนักได้ดีกว่าวิธีภาพวาดและวีดีโอเอนิเมชั่น

3. การวิเคราะห์ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง พบว่าลักษณะของกลุ่มตัวอย่างไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของการฝึกอบรมเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจพูดได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดี

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

เนื่องจากเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้มข้นหรือที่เรียกว่า Immersive Virtual Environment นั้น ได้มีความละเอียดและให้ความรู้สึกเสมือนจริงมากกว่าระบบจำลองสภาพแวดล้อมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของราคาของวัสดุยังคงมีราคาสูง แต่ทว่ามีแนวโน้มที่ราคาปรับตัวลงตามเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น

ดังเช่นระบบ CaveUT ซึ่งมีราคาโดยเฉลี่ยแล้วถูกกว่าระบบ CAVE มาก จึงเป็นไปได้ที่ในอนาคตระบบการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงอาจถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมงานก่อสร้าง เพราะมีประโยชน์มากตั้งแต่ขั้นตอนของการวิเคราะห์โครงสร้าง การออกแบบ การนำเสนอโครงการ รวมไปถึงงานด้านความปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันหลายบริษัทได้ให้ความสำคัญกับทรัพยากรบุคคลมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการป้องกันและเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับพนักงานทั้งวิศวกร แรงงาน หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

6.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันนี้เครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงยังคงมีราคาที่ค่อนข้างสูง และเพื่อให้การฝึกอบรมด้วยเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสมจริงที่สุด ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงได้รับการฝึกอบรมเพียงครั้งละ 1 คนเท่านั้นซึ่งเป็นการป้องกันในเรื่องของการที่กลุ่มตัวอย่างได้ทราบสถานการณ์การจำลองล่วงหน้าจากผู้อื่นอาจทำให้ค่าความตระหนักของการฝึกอบรมเปลี่ยนแปลงได้ประกอบกับการที่ต้องจ่ายค่าเสียเวลาให้กับกลุ่มแรงงานที่นำมาฝึกอบรมด้วยเครื่องนี้ ดังนั้นด้วยข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจึงทำให้งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมหรือเป็นตัวแทนของกลุ่มแรงงานไทยทั้งหมด ดังนั้นผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงเป็นเพียงผลของกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ไม่ถือว่าเป็นตัวแทนของกลุ่มแรงงานไทยทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชวิศนัช อิงชาติเจริญ. กุมภาพันธ์ 2545. เปิดหมดเปลือก การสร้างเกมฮิตด้วย Java. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ดอกหญ้า.

ชัยสิทธิ์ เฉลิมมีประเสริฐ. 2538. สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ธนพร.

ชูชีพ ร่มไทร. 2524. การศึกษาระบาดวิทยาของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการของจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

นภาพร มัทย์พงษ์ถาวร. 2543. การรับรู้ความเสี่ยง และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาจิตวิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นาถรพี ชัยมงคล, สุภาพร ทินประภา และ เกยูร ใยบัวกลิ่น. 2548. การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาชีพและการประกอบการที่อาจเกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน. วารสารวิจัยและฝึกอบรม เล่มที่ 9 (ก.ย. – ธ.ค. 2548):109-125.

นิรุธ อำนวยศิลป์. มกราคม 2545. เขียนเกมอย่างมืออาชีพด้วย Visual C++ และ DirectX ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส.

บานชื่น บุญประเสริฐ. 2534. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาสังคมศึกษาเพื่อพัฒนาความตระหนักเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้แก่นักเรียน ตามการรับรู้ของครูสังคมศึกษาในระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2526. การวัดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและพฤติกรรมอนามัย. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. 2542. กรุงเทพฯ : บริษัทนามมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์จำกัด.

พรพิมล เชวงศักดิ์โสภาคย์. 2549. ปัญหาด้านความปลอดภัยของคนงานรับเหมาช่วงค่าแรง. วารสารมฉก.วิชาการ ปีที่10 ฉบับที่ 19 (ก.ค. – ธ.ค. 2549): 80 – 89.

พัชรา ระบบกิจการดี. 2545. การเปิดรับรับข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาการทารุณกรรมสัตว์ ความรู้ ความตระหนัก และการสนับสนุนองค์กรเอกชนที่ช่วยเหลือและสงเคราะห์สัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการประชาสัมพันธ์ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพลิน ศศิธนากรแก้ว. 2537. การเปิดรับข่าวสารสิ่งแวดล้อมทางโทรทัศน์ ความรู้ ความตระหนัก และการมีส่วนร่วมรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประชาชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการประชาสัมพันธ์ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฟ้ารัตน์ สมแสน. 2536. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของคนงานก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาศิลปศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

มงคล ฉันท์ไพศาล. 2521. การศึกษาการใช้แบบจำลองเสมือนจริงในการเพิ่มความสามารถในการสื่อสารในช่วงการออกแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มธุกร กิตติวัชรพงศ์. 2548. ความตระหนักรู้ ทัศนคติและความต้องการ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครที่มีต่อโครงการรณรงค์เพื่อครอบครัว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการประชาสัมพันธ์ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถานแห่งประเทศไทย. ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://rirs3.royin.go.th/coinages/webcoinage.php [2550, พฤษภาคม 7]

ลดาวัลย์ พอใจ. 2536. การเปิดรับข่าวสาร ความรู้ ความตระหนัก และการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประชาชนในเขตอำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการประชาสัมพันธ์ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนุก! ออนไลน์. เรียกใช้เมื่อ 20 พฤษภาคม 2550. จาก สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 25 : http://guru.sanook.com/สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ_เล่มที่_25/

อรุณ ชัยเสรี. 2536. อันตรายจากการก่อสร้างและวิธีป้องกัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

ภาษาอังกฤษ

Cowden, J., Bowman, D. A., and Thabet, W. Y. 2003. Home Design in an Immersive Virtual Environment [Online]. Available from: http://people.cs.vt.edu/~bowman/papers/Cowden_CONVR2003.pdf [2007, June]

Dam, A. V., Forsberg, A. S., Laidlaw, D. H., LaViola, J. J., and Simpson, R. M. 2000. Immersive VR for Scientific Visualization: A Progress Report. Computer Graphics and Applications, IEEE.

Kahkonen, K. 2003. Utilizing virtual environments in construction projects. ITcon [Online]. Available from: http://www.it.con.org/2003/7 [2007, May]

Kasik, D. J., Troy, J. J., Amorosi, S. R., Murray, M. O., and Swamy, S. N. 2002. Evaluating graphics displays for complex 3D models. Graphics in Advance Computer-Aided Design [Online]. Available from: http://ieeexplore.ieee.org/iel5/38/21573/00999788.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=999788 [2007, June]

Koesmargono, 1998. An evaluation of the relationships between workers attitude towards safety and the incidence of injuries on high rise building projects, PhD dissertation, University of Technology Sydney.

Lipman, R. R. 2003. Immersive Virtual Reality for Steel Structures [Online]. Available from: http://cic.nist.gov/staff/CONVR2003_3D.pdf [2007, July]

Martz, P. 2006. OpenGL Distilled. First printing. Massachusetts: Addison Wesley.

Messner, J.I., Yerrapathruni, Sai C.M., Baratta, A.J., and Whisjer, V.E. 2003. Using Virtual Reality to Improve Construction Engineering Education [Online]. Available from: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.92.9741&rep=rep1&type=pdf [2007, June]

Sampaio, A. Z., and Henriques, P. G. 2006. Virtual Reality technology applied in Civil Engineering education [Online]. Available from: http://www.formatex.org/micte2006/pdf/1351-1355.pdf [2007, May]

Spelz, F. 2001. The Use of Virtual Reality in the Development Process of a Physical Prototyping Laboratory. Machine and Vehicle Design Chalmers University of Technology.

Waddick, P. 2002. Building Risk? Informing the management of O.H & S in the Construction Industry [Online]. Available from: http://www.une.edu.au/sat/werc/journal02.html [2007 December]

Wikimedia Foundation, Inc. Cave Automatic Virtual Environment [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Cave_Automatic_Virtual_Environment#General_characteristics_of_the_CAVE [2007 December]

Wikimedia Foundation, Inc. Direct3D [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Direct3D [2007 December]

Wikimedia Foundation, Inc. Java 3D [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Java3d [2007 November]

Wikimedia Foundation, Inc. Java OpenGL [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/JOGL [2007 December]

Wikimedia Foundation, Inc. OpenGL [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/OpenGL [2007 November]

Zelter, D. 1992. Autonomy, Interaction, and Presence, Presence, Vol. 1.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.
เทคโนโลยีความจริงเสมือน
(Virtual Reality Technology)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality Technology)

คำนี้ถูกกำหนดขึ้นในปี ค.ศ. 1970 โดยไมรอน ครูเกอร์ (Myron Krueger) ให้หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกกับฮาร์ดแวร์พิเศษ ที่ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเหมือนเข้าไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมสามมิติที่ถูกสร้างด้วยคอมพิวเตอร์ให้ผู้ใช้ได้เห็นได้ยิน หรือรู้สึก ดังนั้น สิ่งที่ผู้ใช้รับรู้ผ่านอุปกรณ์ที่ป้อนต่อประสานสัมผัส จึงเป็น "ความจริงเสมือน (virtual reality - VR)" (สนุก! ออนไลน์) มีความหมายตรงกับคำในภาษาไทยว่า “ความเป็นจริงเสมือน” (ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ 11 มี.ค. 2545) ซึ่งเป็นการจำลองแบบของสภาพแวดล้อมจริง และจินตนาการที่แสดงออกมา โดยปกติแล้วมีฮาร์ดแวร์ที่ป้อนตรงต่อประสาทสัมผัสด้านการเห็น เป็นที่สวมศีรษะที่มีจอป้อนภาพ (Head-Mounted Display - HMD) ให้ตาทั้งสองได้เห็นภาพเป็นสามมิติจากจอขนาดเล็กที่ให้ภาพ โดย อาจเพิ่มให้มีการตอบสนองกับกับด้วยผู้ใช้ได้ด้วยภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงและการตอบกลับ เช่นเมื่อผู้ใช้เคลื่อนไหว ภาพได้ถูกสร้างให้รับกับความเคลื่อนไหวนั้น บางกรณีก็มีหูฟังแบบสเตอริโอให้ได้ยินเสียงรอบทิศทาง ดังนั้นเนื้อหาของภาพเคลื่อนไหวหรือการเคลื่อนที่ในบางทิศทางหรืออื่นภาพเหล่านี้ส่วนใหญ่ต้องการติดตั้ง plug-in สำหรับ browser ส่วนภาพที่เปลี่ยนใหญ่ขึ้น และการควบคุมการตอบสนองมีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งทำให้เพิ่มให้ดูเหมือนจริงมากขึ้น ความพยายามที่ทันสมัยมากขึ้น เช่นวิธีการ wrap-around จอภาพ, อุปกรณ์ hoptics joystick ที่ให้รับรู้การแสดงภาพ และอาจมีถุงมือรับข้อมูล(data glove) หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้ผู้ใช้โต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมจำลองที่ตนเข้าไปอยู่

ซึ่งในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ 1) เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ถูกจำลองโดยใช้การแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ (Desktop VR) ซึ่งอาจทำให้ความเสมือนจริงของเหตุการณ์มีขีดจำกัด 2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้มข้น (Immersive VR) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment) ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก โดยผู้ใช้สามารถมีความรู้สึกเสมือนสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมจริงโดยอาศัยอุปกรณ์แสดงผลเช่น Head Mounted Display (HMD) หรืออุปกรณ์อื่น (Messner and others 2003) ซึ่งจากงานวิจัยของ Kasik (2002) ได้แบ่งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงผลของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้มข้นไว้ทั้งหมด 14 ชนิดดังตารางที่ ก-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 Summary of different displays and their characteristics.

Basic Geometric Shape	Configuration	3D Enhancement Techniques	Example(s)
Cube	Solid plastic	Intersecting lasers	3D technology labs
Cylindrical segment	Single curved screen	Increased field of view, stereo, spacial camera	Barco, IMAX Theater
Points in three-space	Not applicable	Holography	Dimensional Media
Rectangle	Flat screen (Note : sizes can range from extremely small to medium to large to huge)	Shading (flat, Gouraud, Phong, ray tracing, radiosity, and so on)	Screens for cell phones, personal digital assistant, notebooks, laptops, CRT monitors, liquid crystal displays (LCDs), plasma panels, and projectors
Rectangle	Flat screen	Panorama	Apple QuickTimeVR
Rectangle	Flat screen	Stereo	Shuttlered glasses (such as Stereographics' CrystalEyes), two projectors and glasses (Barco), interlaced images and polarized glasses (most workstation vendors), head-mounted displays, Fakespace System's ImmeresaDark

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 Summary of different displays and their characteristics. (ต่อ)

Basic Geometric Shape	Configuration	3D Enhancement Techniques	Example(s)
Rectangle	Flat screen	Autostereo	Wavelenght optical lens covering a plasma panel and depth partitioning software (Dynamic Digital Depth), lenticular lens (Stereographics), interlaced screen and interocular distance
Rectangle	Parallel flat screens	Cel animation techniques and autostereo	Deep Video Imaging and NeuroK
Rectangle surfaces	Multiple flat screens (generally three) that approximate a cylinder	Increased field of view	Panoram Technologies and Braco
Rectangle surfaces	Multiple flat screens configured in a rectangular solid (the viewer stands inside the solid)	Increased field of view, immersion, and stereo	CAVE (Fakespaces Systems)
Sphere	Not applicable	Projector and rotating mirror	Actuality Systems
Spherical segment	Single curved screen	145-degree field of view, special lens on projector and software	Elumens VisionStation and VisionDome

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 Summary of different displays and their characteristics. (ต่อ)

Basic Geometric Shape	Configuration	3D Enhancement Techniques	Example(s)
Truncated cone	Not applicable	Projector and mirror	Fraunhofer Center for Research in Computer Graphics
Truncated sphere	Single curved screen	360-degree field of view (panorama), user's head is surrounded by screen	Panoscope 360

ที่มา : Kasik 2002

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.
ประวัติความเป็นมาและคุณลักษณะของ CAVE
(Cave Automatic Virtual Environment)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

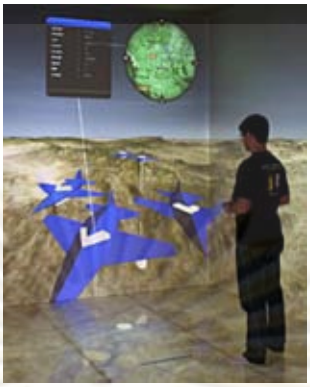
ประวัติความเป็นมาและคุณลักษณะของ CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)

1. **ลักษณะโดยทั่วไปของ** CAVE

CAVE โดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 10’ x 10’ x 9’ โดยวางอยู่ในห้องขนาดใหญ่ประมาณ 35’ x 25’ x 13’ โดยตลอดเวลาที่ใช้ CAVE ข้างนอกต้องไม่เปิดไฟ โดยผนังของและพื้นของ CAVE ได้ทำเป็น projection screen แล้ว Projector ความละเอียดสูงแสดงภาพบน projection screen ในแต่ละด้าน และผู้ใช้งานต้องเข้าไปอยู่ใน CAVE โดยสวมแว่นตาพิเศษสำหรับในการมองเห็นภาพเป็น 3มิติ ด้วยแว่นตาอันนี้ทำให้เห็นวัตถุลอยอยู่บนอากาศได้ และสามารถเดินไปเดินมาภายใน CAVE ได้ และสามารถมองวัตถุที่เสมือนจริงได้ โดยการเดินดูโดยรอบ เนื่องมาจาก กรอบของ CAVE ทำมาจากเหล็กกล้าที่ไม่มีผลต่อสนามแม่เหล็กเพราะมีผลต่อ electromagnetic sensor ดังนั้นเวลาผู้คนเคลื่อนที่ใน CAVE การเคลื่อนที่ถูก electromagnetic sensor ตรวจจับไว้แล้วนำไปปรับปรุงภาพทำให้สมจริงมากขึ้น และในทำนองเดียวกัน ไม่ใช่เฉพาะแค่ภาพ แต่เสียงก็ทำงานในลักษณะเดียวกัน (Wikimedia Foundation, Inc, 2007)

รูปที่ ข.1 ภาพจำลองเครื่องมือ CAVE แบบ 4 ด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.2 ภาพจริงแสดงถึงรายละเอียดภายใน CAVE

2. คุณลักษณะของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)

Hostname : trackd

Model : hp xw4300 workstation

CPU : Intel Pentium4 3.00 GHz (HT)

Memory : 512 MB

OS : WindowsXP Professional SP2

MAC Address : 00-16-35-A3-15-D2

IP Address : 192.168.1.10

GFX : NVIDIA QuadroNVS 285 (PCI Express x 16 / 128MB)

Driver version : 84.26

Addisional H/W : SYBA COM (RS-232C) prot extend board

Hostname : cave1

Model : hp workstation xw8200

CPU : Intel Xeon 3.40 GHz x 2

Memory : 1 GB (512 MB x 2)

OS : WindowsXP Professional SP2

MAC Address : 00-16-35-37-65-97

IP Address : 192.168.1.11

GFX : NVIDIA QuadroFX 4500 (PCI Express x 16 / 512MB) + Quadro G-Sync

Driver version : 84.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Hostname : cave2

Model : hp workstation xw8200

CPU : Intel Xeon 3.40 GHz x 2

Memory : 1 GB (512 MB x 2)

OS : WindowsXP Professional SP2

MAC Address : 00-16-35-37-45-EC

IP Address : 192.168.1.12

GFX : NVIDIA QuadroFX 4500 (PCI Express x 16 / 512MB) + Quadro G-Sync

Driver version : 84.26

Hostname : cave3

Model : hp workstation xw8200

CPU : Intel Xeon 3.40 GHz x 2

Memory : 1 GB (512 MB x 2)

OS : WindowsXP Professional SP2

MAC Address : 00-16-35-37-75-69

IP Address : 192.168.1.13

GFX : NVIDIA QuadroFX 4500 (PCI Express x 16 / 512MB) + Quadro G-Sync

Driver version : 84.26

Hostname : cave4

Model : hp workstation xw8200

CPU : Intel Xeon 3.40 GHz x 2

Memory : 1 GB (512 MB x 2)

OS : WindowsXP Professional SP2

MAC Address : 00-16-35-37-F4-20

IP Address : 192.168.1.14

GFX : NVIDIA QuadroFX 4500 (PCI Express x 16 / 512MB) + Quadro G-Sync

Driver version : 84.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ประวัติและความเป็นมาของ CAVE

CAVE อันแรกถูกพัฒนาขึ้นโดยห้องปฏิบัติการ Eletronic Visualization ของมหาลัยอิลินอย ที่เมืองชิคาโก และได้นำมาประกาศและเผยแพร่เป็นครั้งแรกในปี 1992 ที่ SIGGRAPH โดย CAVE ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อความท้าทายของ SIGGRAPH92 เพื่อที่แสดงความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างเครื่องมือที่แสดง visualization บน projection screen ขนาดใหญ่ โดย CAVE ได้ตอบสนองต่อความท้าทายนั้น และได้กลายมาเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สามของระบบ VR (หลังจาก googles 'n' gloves และ vehicle simulators) โดยมี Thomas A. DeFanti, Daniel J. Sandin และ Carolina Cruz-Neira เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้น หลังจากนั้นจึงถูกนำมาพัฒนาโดย NCSA เพื่อนำมาใช้ในการวิจัยและค้นคว้าใน วงความรู้ในด้าน VR และ scientific visualization CAVE ได้ถูกจดทะเบียนเป็นเครื่องหมายทางการค้าของ มหาวิทยาลัยอิลินอย โดยชื่อแรกที่ถูกจดทะเบียนคือ Pyramid Systems โดยผู้จดทะเบียนคือ Mechdyne Corporation ซึ่งเป็นบริษัทพ่อของ Fakespace Systems

ภาพเสมือนจริงถูกสร้างขึ้นโดยโปรเจคเตอร์ที่ตั้งอยู่นอก CAVE แล้วควบคุมโดยการเคลื่อนที่ของคนใช้ภายใน CAVE ส่วน แว่นตาพิเศษ (Stereoscopic LCD shutter glasses) ได้ทำหน้าที่แสดงภาพให้เป็นสามมิติ โดยคอมพิวเตอร์ได้แสดงภาพซ้อนกันเป็นคู่โดยภาพชุดแรกสำหรับตาซ้ายและภาพชุดที่สองสำหรับตาขวา ด้วยคุณสมบัติพิเศษของแว่นตา ทำให้แยกรูปภาพสำหรับตาซ้ายและตาขวาได้ เนื่องจากโปรเจคเตอร์อยู่ตำแหน่งนอก CAVE จึงใช้กระจกเพื่อช่วยลดระยะจากโปรเจคเตอร์ถึงจอภาพ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ของบริษัท SGI เพื่อควบคุมโปรเจคเตอร์ แต่ที่เป็นที่นิยมมักใช้กลุ่มคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PCs) เพื่อที่ควบคุมมากกว่าเพราะว่าเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและทำงานได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้กลุ่มคอมพิวเตอร์มักควบคุมได้ยากกว่าการใช้ SGI เพียงเครื่องเดียวเช่นกัน

4. ซอฟแวร์และไลบรารี่

ซอฟแวร์และไลบรารี่ที่ใช้ในการออกแบบ CAVE นั้นมีอยู่โดยทั่วไป โดยมีหลายเทคนิคในการสร้างฉากขึ้นมา OpenGL เหมาะกับงานจำลองสถานการณ์ขั้นต้น ขนาดฉากไม่ใหญ่นัก โดยมี 3 ระบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้คือ OpenSG OpenSceneGraph และ OpenGL Performer โดย OpenSG และ OpenSceneGraph เป็นซอฟแวร์ฟรีที่เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานได้ ส่วน OpenGL Performer เป็นซอฟแวร์เพื่อการค้าของบริษัท SGI (Silicon Graphics,Inc.)

VR Juggler คือโปรแกรม API ชุดพิเศษ ที่ออกแบบมาสำหรับการพัฒนา VR โดย VR Juggler ยอมให้โปรแกรมเมอร์ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานได้กับทุกเครื่องมือ

การแสดงผลของ VR และทุกเครื่องมือนำเข้าของ VR โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงรหัสหรือประมวลผลซ้ำ ดังนั้นโปรแกรม Juggler นี้จึงถูกใช้อย่างแพร่หลายมากกว่า 100 CAVE ทั่วโลก

CoVE คือโปรแกรมชุดพิเศษของบริษัท APIs ที่ออกแบบมาสำหรับการสร้าง VR Application ที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ CoVE ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ผู้ร่วมงานได้หลายคน ด้วยหน้าจอสองมิติ โดยมี หน้าต่าง รายการ หรือปุ่ม ในระบบ VR

CoVE ยังรองรับการใช้งานบนโปรแกรมประยุกต์ X11 ภายใต้สภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้อีกด้วย

Equalizer เป็นโปรแกรม Open Source ใช้สำหรับการจำลองโครงร่างงาน และการบริหารควบคุมทรัพยากร เช่นการผันแปรจาก สถานีท่อส่งน้ำ มาเป็นVR โดยโปรแกรมนี้มีระบบ API ช่วยในการปรับเปลี่ยน โปรแกรมประยุกต์ที่ควบคุมโดยทรัพยากรโดยคอมพิวเตอร์หลัก

Syzygy คือระบบปฏิบัติการที่มีตาข่ายอิสระใช้สำหรับ กลุ่มคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ในการสร้าง VR, การร่วมมือกันในระยะไกล, การประมวลผลของสื่ออันหลากหลาย ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Integrated Systems Laboratory ที่ Beckman Institute ของมหาวิทยาลัย Illinois ที่ Urbana-Champaign โดยสามารถใช้กับโปรแกรมประยุกต์ MacOS,Linux, Window, Irix, C++, OpenGL, และ Python (หรือโปรแกรมประยุกต์อื่นที่ใช้กันทั่วไป) เพื่อสำหรับใช้สำหรับพัฒนา VR

Avango คือโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับสร้าง VR Applications โดยภายในโปรแกรมมีกรอบพื้นที่เป็นชั้น ซึ่งสามารถตบแต่งพื้นหลัง และรายละเอียดได้ เหมือนกับโปรแกรม VRML และในแต่ละชั้นนั้นเมื่อใช้ร่วมกับโปรแกรม OpenGL Performer, input sensors, และ output actuators ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็น plugins โครงข่ายของแต่ละชั้นถูกจำลองหรือกระจายให้เสมือนจริงโดยอัตโนมัติด้วยระบบ multi-cast system

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.
อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

เนื่องจากเทคโนโลยี Virtual Environment ได้มีการพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในเชิงธุรกิจเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ Virtual Environment เป็นจำนวนมากผู้เขียนจึงขอนำเสนอเฉพาะอุปกรณ์ที่มีความน่าสนใจและเกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ในงานทางด้านการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนดังนี้ (Virtual Reality Development)

1. Head Mounted Display [HMD]

รูปที่ ค.1 เครื่องมือแสดงภาพจำลองชนิดสวมศีรษะ (Head Mounted Display)

เนื่องจากดวงตาของมนุษย์สามารถเห็นวัตถุมีความลึกได้เนื่องจากดวงตาทั้งสองข้างเมื่อมองไปยังวัตถุชนิดเดียวกันด้วยมุมมองศาที่แตกต่างกัน ดังนั้นด้วยหลักการนี้จึงนำมายังการสร้างอุปกรณ์แสดงภาพ 3 มิติโดยใช้หลักภาพที่แสดงยังดวงตาแต่ละข้างมีองศาที่แตกต่างกันเล็กน้อยจึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นภาพเป็น 3 มิติได้ โดยอุปกรณ์ HMD นี้นับได้ว่าเป็นอุปกรณ์แสดงภาพที่เก่าแก่ที่สุดนับตั้งแต่รุ่นแรกที่มีน้ำหนักมากซึ่งทำให้มีการปวดคอได้ จนพัฒนาขึ้นมาโดยมีการใส่ไจโรสโคปเข้าไป ทำให้เมื่อเวลาผู้ใช้งานหมุนคอไปทางไหนภาพได้ถูกปรับเปลี่ยนให้หมุนตามไปด้วยซึ่งในรุ่นแรกยังมีการหน่วงจากการใช้งานประมาณครึ่งวินาที ทำให้ผู้ใช้รู้สึกมีอาการคลื่นไส้ แต่ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันได้พัฒนาจนมีการโต้ตอบข้อมูลในหลักมิลลิวินาทีซึ่งทำให้ผู้ใช้ลดอาการคลื่นไส้ไปได้มาก

2. Powered Shoes

รองเท้านี้เมื่อเราเดินไม่ว่าการก้าวไปข้างหน้า หรือด้านข้าง ในโลกของ VR รู้สึกเสมือนว่าได้เดินด้วยตัวเองและรู้สึกว่าได้ก้าวเท้าออกไป แต่ด้วยมอเตอร์ที่ติดอยู่กับรองเท้า พบว่าที่จริงแล้วตัวเรายังอยู่ที่ตำแหน่งเดิมเริ่มต้น ไม่ได้ก้าวออกไปไหน เนื่องจากว่าผู้ใช้งานต้องเดินด้วยตัวเอง

ดังนั้นรองเท้านี้จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้เพื่อศึกษาหรือเพื่อการเก็บข้อมูลเมื่อมีข้อจำกัดในด้านการใช้พื้นที่ หรือใช้สำหรับการฝึกอบรมได้

รูปที่ ค.2 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงชนิด Powerd Shoes

3. String Walker

รูปที่ ค.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงชนิด String Walker

อุปกรณ์นี้ใช้สำหรับจำลองการเดินภายในโลก VR แต่แตกต่างกันกับ Power Shoes ตรงที่ว่า String Walker เป็นระบบใช้สลิง 8 เส้นติดไว้กับรอก ซึ่งทำหน้าที่คอยประมวลผลทั้งระยะและทิศทางที่เท้าเคลื่อนที่โดยคิดจากระยะของสลิงแต่ละเส้นที่หมุนผ่านรอกแต่ละตัวไป และในขณะเดียวกันตัวรอกได้ทำหน้าที่คอยดึงสลิงกลับมายังจุดเดิมโดยให้มีผลกระทบต่อผู้ใช้อย่างเหมาะสม

4. The VirtuSphere

เป็นเครื่องมือขนาดใหญ่ใช้สำหรับจำลองสภาพการเคลื่อนที่ทุกทิศทาง เป็นเหมือนลูกบอลขนาดใหญ่ วางอยู่บนวงล้อตรวจจับการเคลื่อนไหวทั้งหมด 26 ตัว ดังนั้นเมื่อผู้ใช้เคลื่อนตัวใน VirtuSphere น้ำหนักได้ถูกกดลงบนวงล้อตรวจจับการเคลื่อนไหว แล้วประมวลผลออกมาเป็นการ

เคลื่อนที่ในโลกเสมือนจริง โดยเครื่องมือนี้แตกต่างตรงที่ว่าสามารถเดินเร็วหรือวิ่งได้ ด้วยเครื่องมือวงล้อตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถตรวจจับน้ำหนักที่กดลงมาที่วงล้อได้ด้วย จึงสามารถรองรับการกระโดดภายในวงล้อนี้ได้ด้วย ซึ่งในโลกเสมือนจริงทำให้ผู้ใช้งานเห็นว่าเราได้ทำการกระโดด แต่หากในโลกความเป็นจริงเราหกล้มหน้าทิ่ม แต่ในโลกเสมือนจริงไม่ได้รอบรับเหตุการณ์นี้ไว้

รูปที่ ค.4 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงชนิด The VirtuSphere

เนื่องจากเครื่องมือนี้ต้องใช้พื้นที่มาก ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้งานร่วมกับ CUBE หรือ CAVE ได้ แต่สามารถใช้งานได้กับเครื่องมือแสดงภาพอย่าง HMD ได้ซึ่งเพียงพอแล้ว โดยทุกครั้งที่เคลื่อนที่ได้ถูกประมวลผลแล้วส่งไปยัง HMD ทันที เนื่องจากเครื่องมือนี้มีราคาค่อนข้างสูงมาก เมื่อเทียบกับผู้ใช้ที่เป็นผู้เล่นเกมโดยทั่วไป แต่หากมีปริมาณผู้ใช้มากก็อาจทำให้ราคาการผลิตต่ำลงได้ และในอนาคตหากมีการนำ CAVE และ VirtuSphere มารวมกันได้นับว่าเป็นเครื่องมือที่สมบูรณ์แบบมากที่สุด

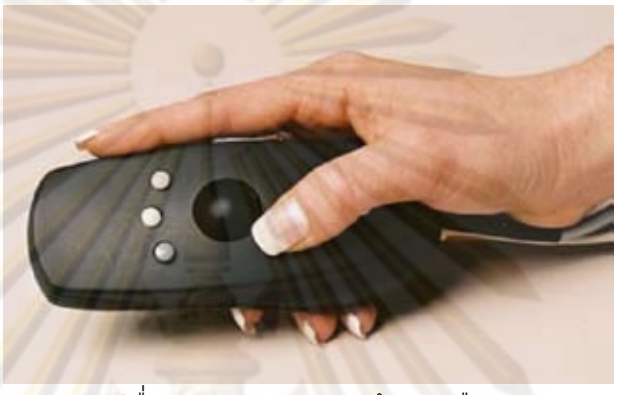
5. **Vocal Joystick**

รูปที่ ค.5 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงชนิด Vocal Joystick

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยวอชิงตัน ซึ่งสามารถใช้เสียงในการบังคับหรือควบคุมสภาพแวดล้อมเสมือนจริงหรือหน้าจอเวปไซต์ได้ แต่ทว่ายังอยู่ในขั้นพัฒนา เสียงที่ใช้ในการควมคุมเป็นเสียงที่ออกมาจากกล่องเสียง ยังไม่สามารถใช้เป็นคำพูดได้ แต่ต่อไปในอนาคตเชื่อว่าสามารถทำให้ใช้เป็นคำพูดได้อย่างแน่นอน

6. Wanda



รูปที่ ค.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงชนิด Wanda

อุปกรณ์นี้เอาไว้ใช้เสมือนเป็นเมาส์สามมิติ ซึ่งสร้างมาเพื่อใช้สำหรับ CAVE ทำหน้าที่เป็นตัวระบุตำแหน่งและมีปุ่มสำหรับควมคุมจำนวน 3 ปุ่ม โดยอุปกรณ์นี้ถูกสร้างขึ้นเมื่อปี 1992 หลังจากนั้นเพื่อพัฒนาคุณภาพให้เหมาะสมกับหลักการยศาสตร์จึงได้ปรับปรุงใหม่ในปี 1999

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.
ตารางแสดงการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานรวมทั้งหมดในของ 2545 – 2551

(ในกองทุน) หน่วย : ราย

ลักษณะการประสบอันตราย		ความร้ายแรง						
		รวมทั้งหมด						
		ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551
	รวม	**190,979**	**210,673**	**215,534**	**214,235**	**204,257**	**198,652**	**176,502**
1	วัตถุหรือสิ่งของตัด/บาด/ทิ่มแทง	46,561	52,249	53,198	51,834	49,655	47,385	41,502
2	วัตถุหรือสิ่งของกระแทกหรือชน	27,485	36,340	38,074	36,415	35,217	33,425	29,884
3	วัตถุหรือสิ่งของกระเด็นเข้าตา	32,539	35,987	37,215	36,107	33,664	32,649	29,518
4	วัตถุหรือสิ่งของพังทลายหรือหล่นทับ	31,763	28,318	27,970	28,737	27,265	26,285	22,506
5	วัตถุหรือสิ่งของหนีบหรือดึง	12,596	13,783	14,214	14,085	13,242	12,963	11,961
6	ตกจากที่สูง	6,368	7,923	8,976	9,299	9,362	9,540	8,874
7	หกล้ม ลื่นล้ม	4,858	5,265	5,905	6,523	6,140	6,423	6,591
8	อุบัติเหตุจากยานพาหนะ	6,088	6,729	6,082	6,249	6,045	6,448	5,691
9	โรคเนื่องจากการทำงาน	329	8,460	7,502	7,626	7,859	7,244	4,977
10	ผลจากความร้อนสูง/สัมผัสของร้อน	4,803	5,194	5,538	5,064	4,753	4,634	4,104
18	อันตรายจากแสง	3,435	4,290	4,463	4,685	4,305	4,044	3,402
9	ยกหรือเคลื่อนย้ายของหนัก	134	641	719	886	735	1,446	1,857
16	สัมผัสสิ่งมีพิษ สารเคมี	750	1,507	1,647	1,687	1,936	1,464	1,396
13	ไฟฟ้าช๊อต	1,427	1,543	1,457	1,369	1,392	1,461	1,337
20	ถูกสัตว์ทำร้าย	751	854	876	834	846	933	930
12	วัตถุหรือสิ่งของระเบิด	780	790	772	772	671	685	758
10	ประสบอันตรายจากท่าทางการทำงาน	47	287	353	603	516	949	671
19	ถูกทำร้ายร่างกาย	155	193	201	218	214	253	203
3	อาคารหรือสิ่งก่อสร้างพังทลาย	128	62	22	4	6	17	65
15	ผลจากความเย็นจัด/สัมผัสของเย็น	6	3	6	3	7	16	7
17	อันตรายจากรังสี	-	3	1	-	-	2	3
22	อื่นๆ	9,976	252	343	1,235	427	386	265

ที่มา : สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 การประสบอันตรายเนื่องจากการทำงาน เฉพาะการตายรวมกับทุพพลภาพ จำแนกตามลักษณะการประสบอันตราย ปี 2545-2551

(ในกองทุน) หน่วย : ราย

ลักษณะการประสบอันตราย		ความร้ายแรง						
		ตาย + ทุพพลภาพ						
		ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551
	รวม	664	804	884	1463	829	757	628
1	อุบัติเหตุจากยานพาหนะ	359	425	398	356	370	351	308
2	ไฟฟ้าช็อต	85	116	103	92	100	94	92
3	ตกจากที่สูง	74	106	121	109	123	109	88
4	วัตถุหรือสิ่งของพังทลายหรือหล่นทับ	55	60	54	75	53	56	32
5	วัตถุหรือสิ่งของกระแทกหรือชน	15	26	28	35	42	30	24
6	ถูกทำร้ายร่างกาย	11	10	15	17	19	34	15
7	วัตถุหรือสิ่งของหนีบหรือดึง	12	14	18	9	15	13	13
8	วัตถุหรือสิ่งของระเบิด	16	7	15	9	12	16	13
9	ผลจากความร้อนสูง/สัมผัสของร้อน	9	2	7	5	12	6	7
10	หกล้ม ลื่นล้ม	5	4	5	7	6	4	3
11	อาคารหรือสิ่งก่อสร้างพังทลาย	4	3	0	2	3	2	2
12	วัตถุหรือสิ่งของตัด/บาด/ทิ่มแทง	4	4	4	1	2	1	2
13	สัมผัสสิ่งมีพิษ สารเคมี	0	6	0	2	0	3	2
14	ถูกสัตว์ทำร้าย	0	0	1	0	0	0	1
15	วัตถุหรือสิ่งของกระเด็นเข้าตา	0	0	2	1	0	0	0
16	ยกหรือเคลื่อนย้ายของหนัก	0	0	1	0	0	0	0
17	ประสบอันตรายจากท่าทางการทำงาน	0	0	0	0	0	0	0
18	ผลจากความเย็นจัด/สัมผัสของเย็น	0	0	0	0	0	0	0
19	อันตรายจากรังสี	0	0	0	0	0	0	0
20	อันตรายจากแสง	0	0	0	0	0	0	0
21	โรคเนื่องจากการทำงาน	15	0	0	0	2	1	0
22	อื่นๆ	0	21	112	743	70	37	26

ที่มา : สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.
แบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสัมภาษณ์สำหรับกลุ่มตัวอย่าง
เรื่อง ผลการฝึกอบรมแรงงานในด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง ด้วยวิธีต่างๆ

ส่วนที่หนึ่ง ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์

ชื่อผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ .....

เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

อายุ ..... ปี

ประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างรวม ..... ปี

ประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างตึกสูง ..... ปี

ชุดที่ 1

ส่วนที่สอง ข้อมูลก่อนการฝึกอบรมแรงงาน

คำชี้แจง : ให้ใส่เครื่องหมาย ○ รอบตัวเลข เพื่อเลือกคำตอบที่ ตรงความจริงของท่านมากที่สุด

1 คุณเคยเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้ามหรือไม่

ก เคย ข ไม่เคย

2 ท่านเคยตกจากที่สูงหรือไม่

ก เคยตก ข เคยเกือบจะตก ค ไม่เคย

3 ท่านเคยได้ยิน, รับทราบ, เห็น เพื่อนหรือคนอื่นตกจากที่สูงจากการเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้ามหรือไม่

ก เคย ข ไม่เคย

4 ท่านรู้สึกว่าการเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม อันตรายหรือไม่

ก อันตราย ค ไม่อันตราย

ข แล้วแต่สภาพแวดล้อม

5 ท่านคิดว่าการเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากแค่ไหน

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง น้อยมาก

6 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะมีโอกาสเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้ามหรือไม่

ก อาจจะข้ามนะ ค คิดว่าน่าจะไม่ข้าม

ข แล้วแต่สถานการณ์ ง ยังไงก็ไม่ข้ามแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7 เมื่อท่านอยู่ชั้นสอง แล้วต้องการข้ามไปยังอีกฝั่งซึ่งอยู่ห่าง 2 เมตร ซึ่งถ้าท่านไม่ข้าม จะต้องเดินอ้อมลงไปชั้นแรกแล้วเดินไปอีกฝั่งแล้วค่อยขึ้นมาชั้นสองใหม่

7.1 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

7.2 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" จำนวน 2 แผ่นตีติดกัน ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

7.3 ถ้ามีเหล็กตัวซี กว้าง 20 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

7.4 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

7.5 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร พร้อมรั้วกันตก ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

8 เมื่อท่านอยู่ชั้นห้าซึ่งสูงกว่าพื้นถึง 20 เมตร แล้วต้องการข้ามไปยังอีกฝั่งซึ่งอยู่ห่าง 2 เมตร ซึ่งถ้าท่านไม่ข้ามจะต้องเดินอ้อมไปยังทางเชื่อมซึ่งอยู่ห่างออกไป 20 เมตร

8.1 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

8.2 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" จำนวน 2 แผ่นตีติดกัน ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

8.3 ถ้ามีเหล็กตัวซี กว้าง 20 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

8.4 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

8.5 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร พร้อมรั้วกันตก ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

9 ถ้าท่านเห็นเพื่อนของท่านกำลังจะเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม ท่านจะ

ก ตะโกนเตือนว่าอันตราย อย่าข้าม

ข ตะโกนเตือนว่าอันตรายว่าอย่าข้าม แล้วเอาไม้แบบโยนทิ้งไป

ค ตะโกนเตือนว่าอันตรายว่าอย่าข้าม แล้วไปแจ้งหัวหน้างานว่าจุดนี้อันตราย ให้ทำรั้วชั่วคราวกั้น

ง เฉยๆ ไม่ยุ่งเกี่ยว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่สาม ข้อมูลหลังการฝึกอบรมแรงงาน

หมายเหตุ ห้ามย้อนกลับไปดูหน้า 1,2 โดยเด็ดขาด การตอบครั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเหมือนเดิม สามารถเปลี่ยนคำตอบได้

1 ท่านรู้สึกว่าการเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม อันตรายหรือไม่

ก อันตราย ค ไม่อันตราย

ข แล้วแต่สภาพแวดล้อม

2 ท่านคิดว่าการเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากแค่ไหน

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง น้อยมาก

3 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะมีโอกาสเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้ามหรือไม่

ก อาจจะข้ามนะ ค คิดว่าน่าจะไม่ข้าม

ข แล้วแต่สถานการณ์ ง ยังไงก็ไม่ข้ามแน่นอน

4 เมื่อท่านอยู่ชั้นสอง แล้วต้องการข้ามไปยังอีกฝั่งซึ่งอยู่ห่าง 2 เมตร ซึ่งถ้าท่านไม่ข้ามจะต้องเดินอ้อมลงไปชั้นแรกแล้วเดินไปอีกฝั่งแล้วค่อยขึ้นมาชั้นสองใหม่

4.1 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

4.2 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" จำนวน 2 แผ่นตีติดกัน ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

4.3 ถ้ามีเหล็กตัวซี กว้าง 20 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

4.4 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

4.5 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร พร้อมรั้วกันตก ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 เมื่อท่านอยู่ชั้นห้าซึ่งสูงกว่าพื้นถึง 20 เมตร แล้วต้องการข้ามไปยังอีกฝั่งซึ่งอยู่ห่าง 2 เมตร ซึ่งถ้าท่านไม่ข้ามจะต้องเดินอ้อมไปยังทางเชื่อมซึ่งอยู่ห่างออกไป 20 เมตร

5.1 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

5.2 ถ้ามีไม้แบบหน้า 8" จำนวน 2 แผ่นตีติดกัน ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

5.3 ถ้ามีเหล็กตัวซี กว้าง 20 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

5.4 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

5.5 ถ้ามีแผ่นเหล็กกว้าง 50 เซนติเมตร พร้อมรั้วกันตก ท่านจะ

ก ข้าม ข ไม่ข้าม ค ไม่แน่ใจ

6 ถ้าท่านเห็นเพื่อนของท่านกำลังจะเดินข้ามระหว่างตึก, ช่องว่าง โดยใช้ไม้กระดาน, เหล็กเส้น วางพาดเพื่อข้าม ท่านจะ

ก ตะโกนเตือนว่าอันตราย อย่าข้าม

ข ตะโกนเตือนว่าอันตรายว่าอย่าข้าม แล้วเอาไม้แบบโยนทิ้งไป

ค ตะโกนเตือนว่าอันตรายว่าอย่าข้าม แล้วไปแจ้งหัวหน้างานว่าจุดนี้อันตราย ให้ทำรั้วชั่วคราวกั้น

ง เฉยๆ ไม่ยุ่งเกี่ยว

7 หลังจากเห็นรูปภาพแล้ว ท่านคิดว่าท่านมีความตระหนัก, มีความรู้, มีความระมัดระวังมากกว่าก่อนเห็นรูปภาพหรือไม่

ก ดีขึ้นมากๆ ค เท่าเดิม

ข ดีขึ้นนิดหน่อย

8 ท่านเข้าใจหรือไม่ว่ารูปภาพนี้ ต้องการสื่อถึงเรื่องอะไร

ก เข้าใจ ข ไม่แน่ใจ ค ไม่เข้าใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 2

ส่วนที่หนึ่ง ข้อมูลก่อนการฝึกอบรมแรงงาน

คำชี้แจง : ให้ใส่เครื่องหมาย ○ รอบตัวเลข เพื่อเลือกคำตอบที่ ตรงความจริงของท่านมากที่สุด

1 เมื่อท่านอยู่ในโครงการก่อสร้าง ท่านจะระมัดระวังอุบัติเหตุอยู่ตลอดเวลา หรือไม่

ก ใช่ ข ไม่ใช่

2 ท่านเคยเกิดอุบัติเหตุ จากเหตุการณ์ที่ไม่เคยคาดคิดมาก่อนหรือไม่

ก เคย อธิบายสั้นๆ.....

ข ไม่เคย

3 ท่านทราบหรือไม่ว่าการประมาท โดยไม่รู้จักระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลา นั้นอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

ก ทราบ ข ไม่ทราบ

4 ท่านคิดว่าการประมาท โดยไม่รู้จักระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลานั้น มีโอกาสทำให้เกิดอุบัติเหตุมากน้อยแค่ไหน

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง ไม่ทราบ

5 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลาหรือไม่

ก ใช่ ข ไม่ใช่

6 ถ้าท่านพบว่ามีทาวเวอร์เครน หรือรถเครนกำลังยกของอยู่ข้างบน ท่านจะทำอย่างไร

ก มองดูก่อนว่า ยกอะไร ปลอดภัยหรือไม่ ถ้าปลอดภัยก็ทำงานต่อ ถ้าไม่ปลอดภัยค่อยหลบ

ข แค่เห็นตั้งแต่ไกลๆ ก็หลบแล้ว

ค โอ้ย คนขับเครนเค้าก็คงดูเราอยู่นั่นแหละ ไม่มีอะไรเกิดขึ้นหรอก

ง มีของดี ไม่ต้องไปกลัวหรอก

7 เวลาท่านเดินออกจากกำแพงหรือตัวตึก ท่านจะระวังภัย ด้วยการเงยหน้าขึ้นมองด้านบน, ด้านข้างหรือไม่

ก ทำประจำ ค ไม่เคยทำเลย

ข ทำบางครั้ง

8 ท่านคิดว่า อุบัติเหตุเกิดจากดวง หรือความประมาท

ก ของแบบนี้ ดวงล้วนๆ

ข ก็ทั้งดวงและความประมาทนั่นแหละอย่างละครึ่งๆ

ค ความประมาทล้วนๆ ถ้าเราระมัดระวังตัวตลอดเวลาก็ไม่เกิดอุบัติเหตุแล้ว

ง ดวง 20% ความประมาท 80%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่สอง ข้อมูลหลังการฝึกอบรมแรงงาน

หมายเหตุ ห้ามย้อนกลับไปดูหน้า 5 โดยเด็ดขาด การตอบครั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเหมือนเดิม สามารถเปลี่ยนคำตอบได้

1 ท่านทราบหรือไม่ว่าการประมาท โดยไม่รู้จักระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลา นั้นอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

ก ทราบ ข ไม่ทราบ

2 ท่านคิดว่าการประมาท โดยไม่รู้จักระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลานั้น มีโอกาสทำให้เกิดอุบัติเหตุมากน้อยแค่ไหน

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง ไม่ทราบ

3 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะระมัดระวังอุบัติเหตุตลอดเวลาหรือไม่

ก ใช่ ข ไม่ใช่

4 ถ้าท่านพบว่ามีทาวเวอร์เครน หรือรถเครนกำลังยกของอยู่ข้างบน ท่านจะทำอย่างไร

ก มองดูก่อนว่า ยกอะไร ปลอดภัยหรือไม่ ถ้าปลอดภัยก็ทำงานต่อ ถ้าไม่ปลอดภัยค่อยหลบ

ข แค่เห็นตั้งแต่ไกลๆ ก็หลบแล้ว

ค โอ้ย คนขับเครนเค้าก็คงดูเราอยู่นั่นแหละ ไม่มีอะไรเกิดขึ้นหรอก

ง มีของดี ไม่ต้องไปกลัวหรอก

5 เวลาท่านเดินออกจากกำแพงหรือตัวตึก ท่านจะระวังภัย ด้วยการเงยหน้าขึ้นมองด้านบน, ด้านข้างหรือไม่

ก ทำประจำ ค ไม่เคยทำเลย

ข ทำบางครั้ง

6 ท่านคิดว่า อุบัติเหตุเกิดจากดวง หรือความประมาท

1 ของแบบนี้ ดวงล้วนๆ

2 ก็ทั้งดวงและความประมาทนั่นแหละอย่างละครึ่งๆ

3 ความประมาทล้วนๆ ถ้าเราระมัดระวังตัวตลอดเวลาก็ไม่เกิดอุบัติเหตุแล้ว

4 ดวง 20% ความประมาท 80%

7 หลังจากเห็นรูปภาพแล้ว ท่านคิดว่าท่านมีความตระหนัก, มีความรู้, มีความระมัดระวัง

ก ดีขึ้นมากๆ ค เท่าเดิม

ข ดีขึ้นนิดหน่อย

8 ท่านเข้าใจหรือไม่ว่ารูปภาพนี้ ต้องการสื่อถึงเรื่องอะไร

ก เข้าใจ ข ไม่แน่ใจ ค ไม่เข้าใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 3

ส่วนที่หนึ่ง ข้อมูลก่อนการฝึกอบรมแรงงาน

คำชี้แจง : ให้ใส่เครื่องหมาย ○ รอบตัวเลข เพื่อเลือกคำตอบที่ ตรงความจริงของท่านมากที่สุด

1 เมื่อท่านต้องการเดินไปข้างหน้า แต่มีนั่งร้านขวางไว้และมีคนทำงานอยู่ข้างบน ท่านเคย

ก เคย ข ไม่เคย

2 ท่านเคยถูกวัตถุตก, หล่นใส่หัว หรือเกือบจะโดน หรือไม่

ก เคยโดน ข เคยเกือบจะโดน ค ไม่เคย

3 ท่านเคยได้ยิน, รับทราบ, เห็น เพื่อนหรือคนอื่นเดินลอดนั่งร้านแล้วถูกวัตถุตกหล่นใส่หัว

ก เคย ข ไม่เคย

4 ท่านรู้สึกว่าการเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบน อันตรายหรือไม่

ก อันตราย ข ไม่อันตราย

5 ท่านคิดว่าการเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนนั้น มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากน้อยแค่

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง น้อยมาก

6 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะมีโอกาสเดินลอดนั่งร้าน ที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนหรือไม่

ก มีแน่นอน ค คิดว่าไม่มี

ข คิดว่ามี ง ไม่มีแน่นอน

7 ถ้าท่านต้องการเดินไปห้องข้างหน้า แต่มีนั่งร้านขวางไว้และมีคนทำงานอยู่ข้างบน ท่าน

ก เดินลอดไปเลย ไม่เห็นจะเป็นไร

ข ตะโกนบอกคนที่ทำงานให้หยุดก่อน แล้วค่อยลอดข้ามไป

ค เลี่ยงได้ขอเลี่ยงเดินอ้อมดีกว่า

8 ถ้าท่านเห็นเพื่อนร่วมงานของท่านเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ข้างบน ท่านเลือกที่จะ

ก ตะโกนเตือนเพื่อนว่าคราวหลังอย่างทำอีก

ข ไม่ต้องไปสนใจ ไม่ใช่ธุระ

ค ตะโกนเตือนคนข้างบนให้หยุดทำงานก่อน รอคนข้างล่างเดินผ่านไปก่อน

9 ท่านคิดว่าหมวกเซฟตี้ สามารถป้องกันอัตรายจากวัตถุตกใส่ได้หรือไม่

ก ได้ ข ไม่แน่ใจ ค ไม่ได้ ง ไม่เคยใส่

10 ถ้าไซต์งานของท่านมีหมวกเซฟตี้ให้สวมใส่ ท่านสวมใส่เมื่ออยู่ในไซต์งาน หรือไม่

ก ใส่ตลอดเวลา ค ไม่ใส่ เกะกะ

ข ใส่บ้าง ถอดบ้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่สอง ข้อมูลหลังการฝึกอบรมแรงงาน

หมายเหตุ ห้ามย้อนกลับไปดูหน้า 7 โดยเด็ดขาด การตอบครั้งนี้ไม่จำเป็นต้องเหมือนเดิม สามารถเปลี่ยนคำตอบได้

1 ท่านรู้สึกว่าการเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบน อันตรายหรือไม่

ก อันตราย ข ไม่อันตราย

2 ท่านคิดว่าการเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนนั้น มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากน้อยแค่ไหน

ก มาก ข กลางๆ ค น้อย ง น้อยมาก

3 หลังจากนี้ไปท่านคิดว่าท่านจะมีโอกาสเดินลอดนั่งร้าน ที่มีคนทำงานอยู่ด้านบนหรือไม่

ก มีแน่นอน ค คิดว่าไม่มี

ข คิดว่ามี ง ไม่มีแน่นอน

4 ถ้าท่านต้องการเดินไปห้องข้างหน้า แต่มีนั่งร้านขวางไว้และมีคนทำงานอยู่ข้างบน ท่านเลือกที่จะทำอย่างไร

ก เดินลอดไปเลย ไม่เห็นจะเป็นไร

ข ตะโกนบอกคนที่ทำงานให้หยุดก่อน แล้วค่อยลอดข้ามไป

ค เลี่ยงได้ขอเลี่ยงเดินอ้อมดีกว่า

5 ถ้าท่านเห็นเพื่อนร่วมงานของท่านเดินลอดนั่งร้านที่มีคนทำงานอยู่ข้างบน ท่านเลือกที่จะทำอย่างไร

ก ตะโกนเตือนเพื่อนว่าคราวหลังอย่างทำอีก

ข ไม่ต้องไปสนใจ ไม่ใช่ธุระ

ค ตะโกนเตือนคนข้างบนให้หยุดทำงานก่อน รอคนข้างล่างเดินผ่านไปก่อน

6 ท่านคิดว่าหมวกเซฟตี้ สามารถป้องกันอัตรายจากวัตถุตกใส่ได้หรือไม่

ก ได้ ข ไม่แน่ใจ ค ไม่ได้ ง ไม่เคยใส่

7 ถ้าไซต์งานของท่านมีหมวกเซฟตี้ให้สวมใส่ ท่านสวมใส่เมื่ออยู่ในไซต์งาน หรือไม่

ก ใส่ตลอดเวลา ค ไม่ใส่ เกะกะ

ข ใส่บ้าง ถอดบ้าง

8 หลังจากเห็นรูปภาพแล้ว ท่านคิดว่าท่านมีความตระหนัก, มีความรู้, มีความระมัดระวังมากกว่าก่อนเห็นรูปภาพหรือไม่

ก ดีขึ้นมากๆ ค เท่าเดิม

ข ดีขึ้นนิดหน่อย

9 ท่านเข้าใจหรือไม่ว่ารูปภาพนี้ ต้องการสื่อถึงเรื่องอะไร

ก เข้าใจ ข ไม่แน่ใจ ค ไม่เข้าใจ

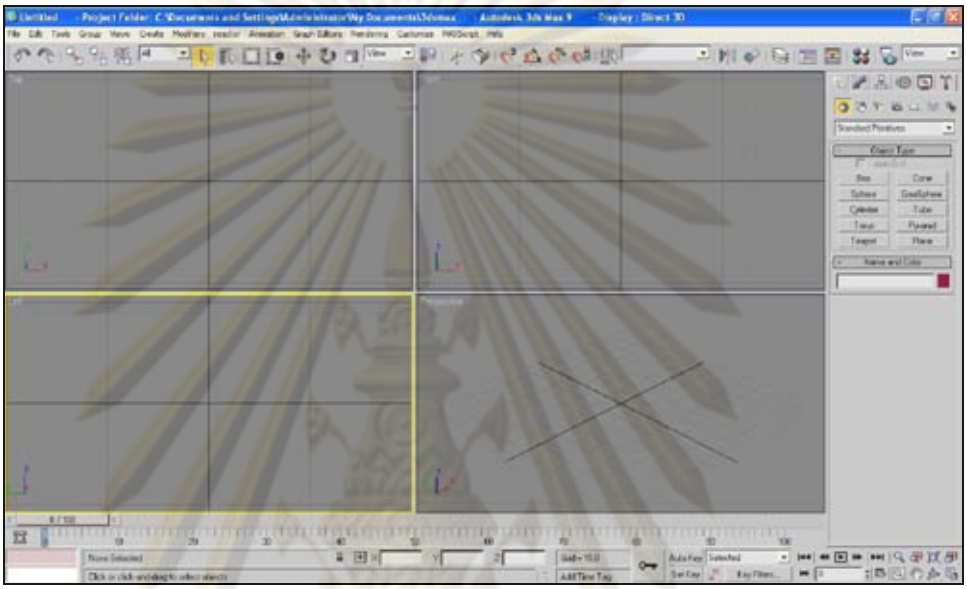
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.
ตัวอย่างขั้นตอนการสร้างโมเดลด้วย
โปรแกรม 3D Studio Max 9

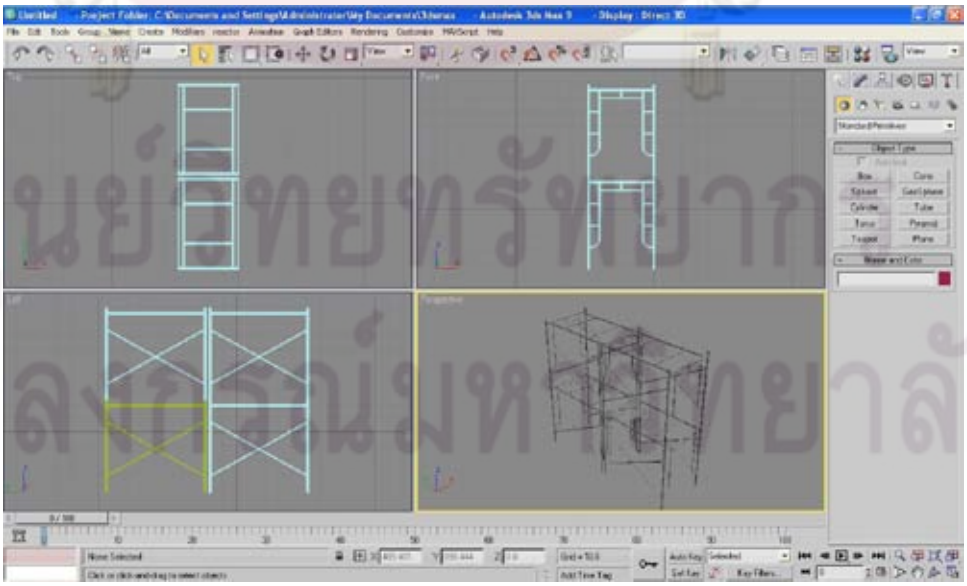
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดขั้นตอนการสร้างโมเดล

การสร้างโมเดลด้วยโปรแกรม 3D Studio Max 9 นั้น หลังจากได้ลงโปรแกรมแล้ว เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะพบกับหน้าจอดังนี้

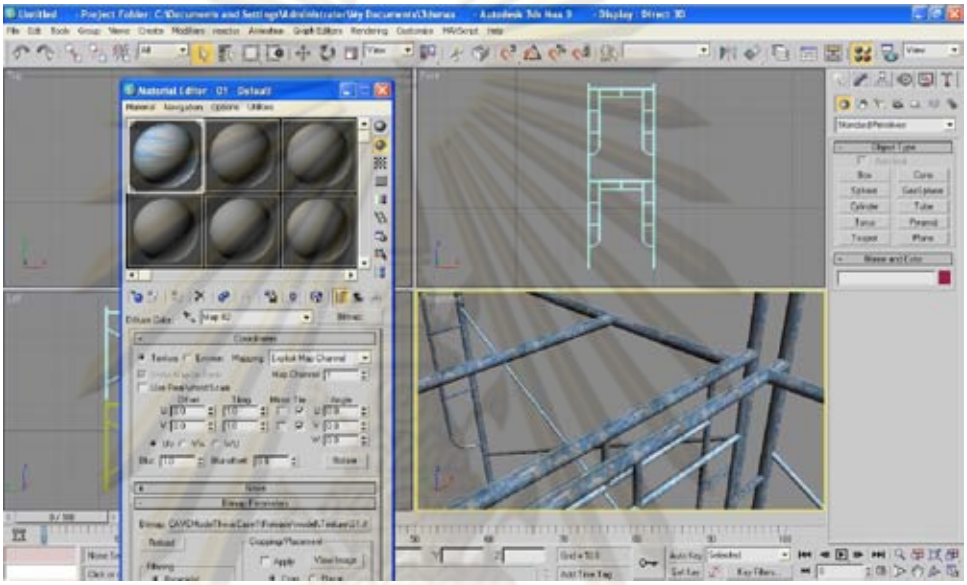


ขั้นตอนที่ 1 คือการขึ้นรูปโมเดลด้วยเครื่องมือต่างๆ จนได้ตามต้องการดังภาพ (สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือ เอกสาร หรือคู่มือการเรียนการสอนวิธีการใช้งานโปรแกรม 3D Studio Max ทั่วไป)

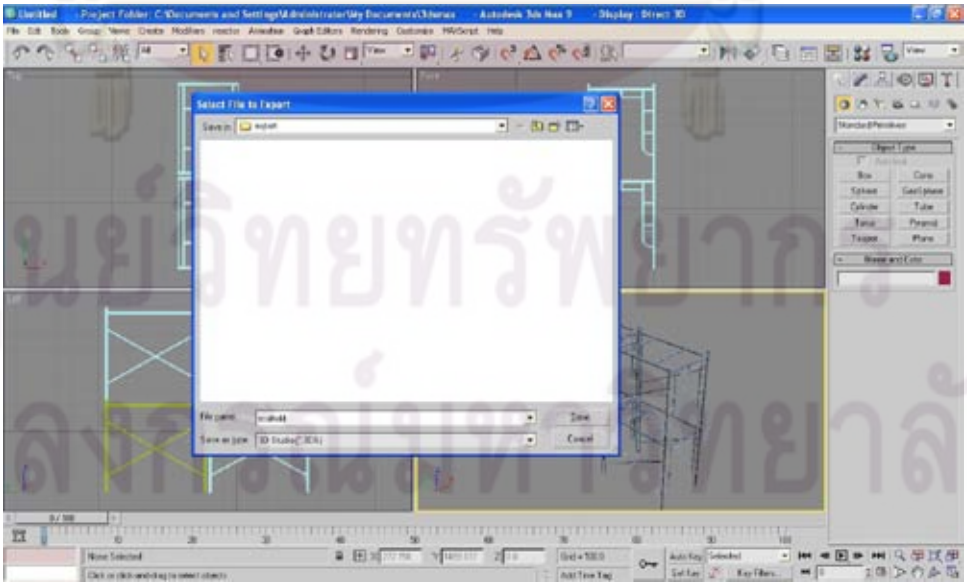


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 คือการทำรูปภาพมาติดเข้ากับตัวโมเดลดังภาพซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า Texture Mapping ซึ่งการใช้วิธีนี้แทนการสร้างพื้นผิวของโมเดลโดยตรงนั้นเป็นการลดเวลาการประมวลผลภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งนับได้ว่าเป็นวิธีที่พบเห็นมากในการสร้างสถานการณ์หรือโมเดลที่มีจำนวนมาก

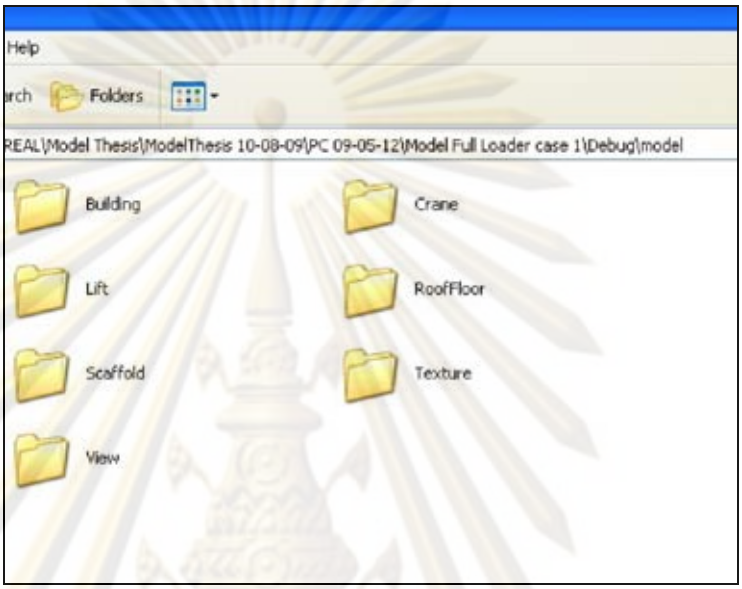


ขั้นตอนที่ 3 หลังจากทำการติดรูปภาพแล้วเสร็จ จึงทำการบันทึกแฟ้มงานตามปกติ และหลังจากนั้นต้องทำการนำออกข้อมูล (Export Data) ให้เป็นแฟ้มงานนามสกุล 3DS ดังภาพ

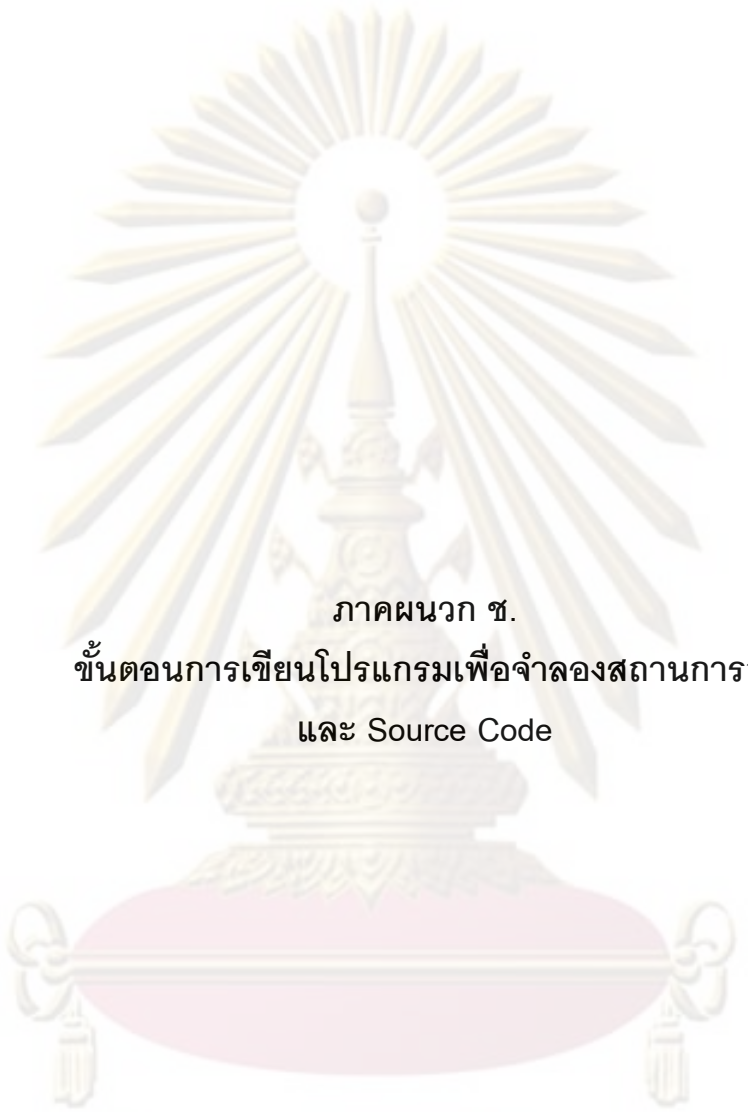


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนสุดท้าย เมื่อถึงเวลานำไปใช้ในการเขียนโปรแกรม ต้องบันทึกไฟล์งานทั้งหมดไว้ในโฟเดอร์ที่ชื่อว่า “model” เท่านั้น และในส่วนของภาพที่นำมาใช้แปะต้องบันทึกเก็บไว้ในโฟเดอร์ “model/texture” เท่านั้น ดังภาพ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

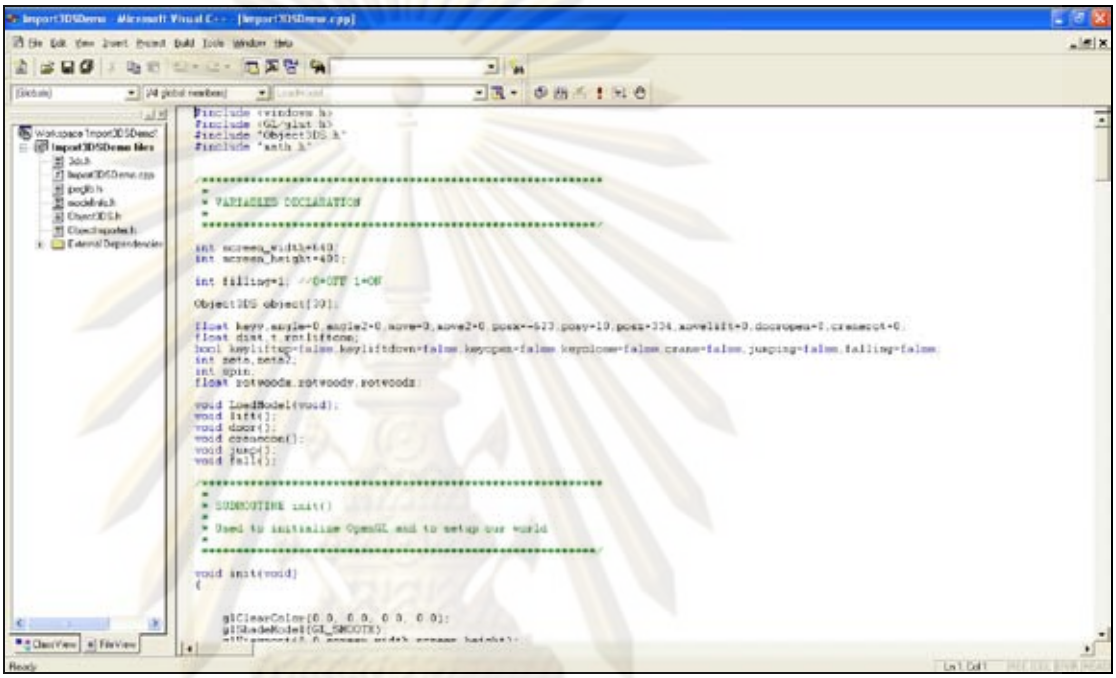


ภาคผนวก ช.
ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อจำลองสถานการณ์ และ Source Code

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **การอธิบายส่วนต่าง ๆของการเขียนโปรแกรมเพื่อจำลองสถานการณ์พบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล**

เมื่อเปิดโปรแกรมด้วย Microsoft Visual C++ ขึ้นมาจะพบกับหน้าจอดังภาพนี้



ใน Workspace ของชิ้นงานประกอบไปด้วยไฟล์ต่างๆ จำนวน 6 ไฟล์ดังนี้

1. 3ds.h
2. jpeglib.h
3. modelInfo.h
4. Object3DS.h
5. ObjectImporter.h
6. Import3DSDemo.cpp

ซึ่งไฟล์ที่ 1-5 นั้นเป็นไฟล์ประกอบที่มีไว้เพื่อเรียกใช้งานโดยไฟล์ที่ 6 โดยส่วนหลักของโปรแกรมจะอยู่ในส่วนของไฟล์ที่ 6 ดังนั้นขั้นต่อไปจะเป็นการอธิบายส่วนประกอบต่างๆของไฟล์ที่ชื่อว่า Import3DSDemo.cpp

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 1 คือการเรียกใช้งานไฟล์ต่างๆในโปรแกรม หรืออาจเรียกได้อีกชื่อว่า “Header” ซึ่งมีไว้เพื่อเรียกใช้งานไฟล์ “.h” ต่างๆเข้ามาใช้งานในโปรแกรม

```
#include <windows.h>
#include <GL/glut.h>
#include "Object3DS.h"
#include "math.h"
```

ส่วนที่ 2 เป็นการประกาศตัวแปรต่างๆที่ใช้ในโปรแกรมนี้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนหลักคือ การประกาศค่า “ตัวแปร” และการประกาศค่า “ฟังก์ชั่น”

```
/*************************************************************
 *
 * VARIABLES DECLARATION
 *
 *************************************************************/

int screen_width=640;
int screen_height=400;

int filling=1; //0=OFF 1=ON

Object3DS object[30];

float keyy,angle=0,angle2=0,move=0,move2=0,
posx=-623,posy=10,posz=334,movelift=0,dooropen=0,cranerot=0;

float dist,t,rotliftcon;

bool keyliftup=false,keyliftdown=false,keyopen=false,
keyclose=false,crane=false,jumping=false,falling=false;

int zeta,zeta2;
int spin;
float rotwoodx,rotwoody,rotwoodz;

void LoadModel(void);
void lift();
void door();
void cranecon();
void jump();
void fall();
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 3 เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของการแสดงผลให้กับโปรแกรม

```
/*************************************************************
 *
 * SUBROUTINE init()
 *
 * Used to initialize OpenGL and to setup our world
 *
 *************************************************************/

void init(void)
{


    glClearColor(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
    glShadeModel(GL_SMOOTH);
    glViewport(0,0,screen_width,screen_height);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluPerspective(45.0f,(GLfloat)screen_width/(GLfloat)screen_height,10.0f,10000.0f);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glPolygonMode (GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL);
    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    LoadModel();


}
```

ส่วนที่ 4 เป็นการกำหนดค่าเผื่อการปรับเปลี่ยนขนาดของหน้าจอ (ซึ่งปกติใช้เป็น Full Screen อยู่แล้วไม่จำเป็นต้องมีส่วนนี้ก็ได้)

```
/*************************************************************
 *
 * SUBROUTINE resize(int,int)
 *
 * This routine must be called everytime we resize our windov.
 *
 *************************************************************/

void resize (int width, int height)
{
    screen_width=width; // We obtain the new screen width values and store it
    screen_height=height; // Height value

    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    // We clear both the color and the depth buffer so to draw the next frame

    glViewport(0,0,screen_width,screen_height); // Viewport transformation

    glMatrixMode(GL_PROJECTION); // Projection transformation
    glLoadIdentity(); // We initialize the projection matrix as identity
    gluPerspective(45.0f,(GLfloat)screen_width/(GLfloat)screen_height,10.0f,10000.0f);

    glutPostRedisplay ();
    // This command redraw the scene (it calls the same routine of glutDisplayFunc)
}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 5 เป็นการกำหนดค่าของแป้นพิมพ์ว่ากดปุ่มอะไร ให้ทำงานอย่างไร ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองฟังก์ชั่นคือ ปุ่มกดที่เป็นตัวอักษร และปุ่มกดที่ไม่ใช่ตัวอักษรเช่นปุ่มลูกศรขึ้น เป็นต้น

```
/*************************************************************
 *
 * SUBROUTINE keyboard(unsigned char,int,int)
 *
 * Used to handle the keyboard input (ASCII Characters)
 *
 *************************************************************/

void keyboard (unsigned char key, int x, int y)
{

    switch (key)
    {
        case ' ' :
            jumping=true;
        break;
        case 'n' : case 'N' :
            falling=true;
        break;
        case 'z' : case 'Z' :
            keyliftup = !keyliftup;
        break;
        case 'x' : case 'X' :
            keyliftdown = !keyliftdown;
        break;
        case 'c' : case 'C' :
            keyopen = !keyopen;
        break;
        case 'v' : case 'V' :
            keyclose = !keyclose;
        break;
        case 'i' : case 'I' :
            keyy = keyy + 10.0;
        break;
        case 'k' : case 'K' :
            keyy = keyy - 10.0;
        break;
        case 'a' : case 'A' :
            move2 = move2 - 10.0;
        break;
        case 'd' : case 'D' :
            move2 = move2 + 10.0;
        break;
        case 'e' : case 'E' :
            spin = spin - 10.0;
        break;
        case 'r' : case 'R' :
            spin = spin + 10.0;
        break;
        case 'w' : case 'W' :
            zeta2 = zeta2 + 2.0;
        break;
        case 's' : case 'S' :
            zeta2 = zeta2 - 2.0;
        break;

    }
}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
/*************************************************************
 *
 * SUBROUTINE keyboard(int,int,int)
 *
 * Used to handle the keyboard input (not ASCII Characters)
 *
 *************************************************************/

void keyboard_s (int key, int x, int y)
{

    switch (key)
    {   case GLUT_KEY_HOME:
            keyy=0;
            zeta=0;
            zeta2=0;
            spin=0;
            move=0;
            posx=-632;
            posz=334;
            posy=10;
            movelift=0;
            dooropen=0;
        break;
        case GLUT_KEY_UP:
            move = move + 10.0;
        break;
        case GLUT_KEY_DOWN:
            move = move - 10.0;
        break;
        case GLUT_KEY_LEFT:
            zeta = zeta - 2.0;

        break;
        case GLUT_KEY_RIGHT:
            zeta = zeta + 2.0;

        break;
        case GLUT_KEY_END:
            exit(0);
        break;
    }
}
```

ส่วนที่ 6 ในฟังก์ชั่น control เป็นการนำค่าต่างๆมาคำนวนเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของภาพจากการรับค่าจากแป้นพิมพ์

```
void control (void) {
    if (spin >= 360) {spin=spin%360;}
    if (zeta >= 360) {zeta=zeta%360;}
    if (zeta2 >= 89) {zeta2=89;}
    if (zeta2 <= -89) {zeta2=-89;}
    angle=zeta*3.141592/180;
    angle2=zeta2*3.141592/180;
    posx = posx + move*sin(angle) + move2*cos(angle);
    posy = posy + keyy;
    posz = posz - move*cos(angle) + move2*sin(angle);;
    keyy=0;
    move=0;move2=0;
}
```

ส่วนที่ 7 เป็นฟังก์ชั่นของการโหลดโมเดลสามมิติที่ต้องการใช้ในการแสดงผลทั้งหมดมาเก็บไว้

```
void LoadModel(void) {

    object[1].Initialize("./model/RoofFloor/RoofFloor1.3DS");
    object[2].Initialize("./model/Building/Building1.3DS");
    object[3].Initialize("./model/Building/Building2.3DS");
    object[4].Initialize("./model/Lift/Lift.3DS");
    object[5].Initialize("./model/Lift/Base.3DS");
    object[6].Initialize("./model/Lift/Door.3DS");
    object[7].Initialize("./model/View/View.3DS");
    object[8].Initialize("./model/Scaffold/4sc.3DS");
    object[9].Initialize("./model/Lift/Doorcon.3DS");
    object[10].Initialize("./model/RoofFloor/wood.3DS");
    object[11].Initialize("./model/RoofFloor/wood1.3DS");
    object[12].Initialize("./model/RoofFloor/wood2.3DS");

    for(int i=0;i<=12;i++) {
        object[i].SetScalar(1);
        object[i].GetPoint();
    }


}
```

ส่วนที่ 8 เป็นการเขียนฟังก์ชั่นเพื่อทำการควบคุมการเคลื่อนไหวต่างๆ เช่นการกระโดด การตกลงจากตึก เป็นต้น

```
void jump()
{
    if(jumping) {
    t= t+0.1;
    dist = 50*t-9.81*t*t;
        if(dist<=0) {
        jumping=false;
        dist=0;
        t=0;
        }
    glutPostRedisplay();
    }
}

void fall()
{
    if(!falling) {
        glPushMatrix();
        glTranslatef(298,1013,-1145);
        object[12].Render();
        glPopMatrix();
    }
    else {
        t= t+0.02;
        posy = posy-5*t*t;
            if(posy<=10) {
            falling=false;
            posy=10;
            t=0;
        }
        zeta2 -= 1;
```

```
        if (zeta2<=-85) { zeta2=-85;}

        glPushMatrix();
        glTranslatef(0,t*t*(-5),0);
        glTranslatef(278,1013,-1145);
        glPushMatrix();
        glRotatef(rotwoodx,1,0,0);
        glRotatef(rotwoody,0,1,0);
        glRotatef(rotwoodz,0,0,1);
        object[13].Render();
        glPopMatrix();
        glPopMatrix();

        glPushMatrix();
        glTranslatef(0,t*t*(-5.2),0);
        glTranslatef(318,1013,-1145);
        glPushMatrix();
        glRotatef(1.5*rotwoodx,1,0,0);
        glRotatef(-1.2*rotwoody,0,1,0);
        glRotatef(1.1*rotwoodz,0,0,1);
        object[14].Render();
        glPopMatrix();
        glPopMatrix();
        rotwoodx+=3;
        rotwoody+=5;
        rotwoodz+=5;
        glutPostRedisplay();
    }
}
```

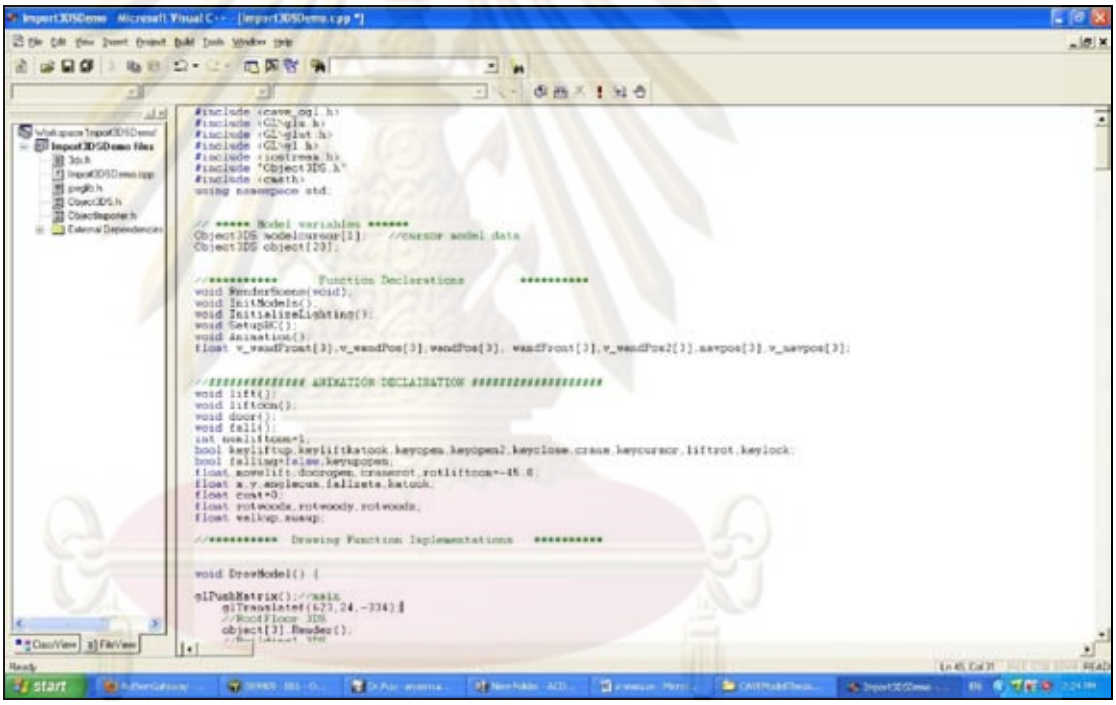
ส่วนที่ 9 เป็นฟังก์ชั่นของการแสดงผลของภาพที่ถูกโหลดมาเก็บไว้ พร้อมกับการเรียกใช้คำสั่งในการคำนวนการเคลื่อนไหวต่างๆ

```
void DrawModel() {

glPushMatrix();//main
    glTranslatef(623,24,-334);
    object[2].Render();
    //RoofFloor.3DS
    object[3].Render();
    //Building1.3DS
    object[4].Render();
    //Building2.3DS
    object[5].Render();
    //Base.3DS
    object[7].Render();
    //View.3DS
    object[9].Render();
    glPushMatrix();
        object[10].Render();
        for(int i=0;i<3;i++) {
        glTranslatef(0.0,134.0,0.0);
        object[10].Render(); }
    glPopMatrix();
    glPushMatrix();
    lift();
    glTranslatef(0.0,movelift,0.0);
    object[6].Render();//Lift.3DS
        glPushMatrix();
        door();
        glTranslatef(-44.937.21.969,0.0);
        glRotatef(dooropen,0.0,0.0,1.0);
        object[8].Render();//Door.3DS
        glPopMatrix();

        glPushMatrix();
        glTranslatef(-20.937.21.969,0.0);
        glRotated(rotliftcon,0.0,0.0,1.0);
        object[11].Render(); //Doorcon.3DS
        glPopMatrix();
    glPopMatrix();
```

```
    //Wood
glPopMatrix();//end main
glPopMatrix();
fall();
glPushMatrix();

}
```

2. **อธิบายส่วนต่าง ๆของการเขียนโปรแกรมเพื่อจำลองสถานการณ์บนเครื่องจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง**

เมื่อเปิดโปรแกรมด้วย Microsoft Visual C++ ขึ้นมาจะพบกับหน้าจอดังนี้



ใน Workspace ของชิ้นงานประกอบไปด้วยไฟล์ต่างๆ จำนวน 5 ไฟล์ดังนี้

1. 3ds.h
2. jpeglib.h
3. Object3DS.h
4. ObjectImporter.h
5. Import3DSDemo.cpp

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งไฟล์ที่ 1-4 นั้นเป็นไฟล์ประกอบที่มีไว้เพื่อเรียกใช้งานโดยไฟล์ที่ 5 โดยส่วนหลักของโปรแกรมจะอยู่ในส่วนของไฟล์ที่ 5 ดังนั้นขั้นต่อไปจะเป็นการอธิบายส่วนประกอบต่างๆของไฟล์ที่ชื่อว่า Import3DSDemo.cpp

ส่วนที่ 1 คือการเรียกใช้งานไฟล์ต่างๆในโปรแกรม

```
#include <cave_ogl.h>
#include <GL\glu.h>
#include <GL\glut.h>
#include <GL\gl.h>
#include <iostream.h>
#include "Object3DS.h"
#include <cmath>
using namespace std;
```

ส่วนที่ 2 เป็นการประกาศตัวแปรต่างๆที่ใช้ในโปรแกรมนี้

```
// ***** Model variables ******
Object3DS modelcursor[1];   //cursor model data
Object3DS object[20];

//**********      Function Declarations       **********
void RenderScene(void);
void InitModels();
void InitializeLighting();
void SetupRC();
void Animation();
float v_vandFront[3],v_vandPos[3],vandPos[3], vandFront[3],v_vandPos2[3],navpos[3],v_navpos[3];

//############## ANIMATION DECLAIRATION ###################
void lift();
void liftcon();
void door();
void fall();
int numliftcon=1;
bool keyliftup,keyliftkatook,keyopen,keyopen2,keyclose,crane,keycursor,liftrot,keylock;
bool falling=false,keyupopen;
float movelift,dooropen,cranerot,rotliftcon=-45.0;
float x,y,anglecum,fallzeta,katook;
float cumt=0;
float rotwoodx,rotwoody,rotwoodz;
float walkup,sumup;
```

ส่วนที่ 3 เมื่อเริ่มต้นรันโปรแกรม การเริ่มต้นทำงานจะเริ่มจากฟังก์ชั่นหลักก่อน ดังภาพ

```
//**********      MAIN     **********
int main(int argc,char **argv){
    CAVEConfigure(&argc,argv,NULL);
    CAVEInitApplication(init_gl,0);
    CAVEDisplay(draw,0);
    CAVEFrameFunction(frameUpdate,0);
    CAVEInit();
    while (!CAVEgetbutton(CAVE_ESCKEY)){
        CAVEUSleep(10);
    }
    CAVEExit();
    return 0;
}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 4 หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรม ตามฟังก์ชั่นดังภาพ

```
//********** cave function decaration ***********
void init_gl(void);
void draw(void);
void frameUpdate(void);
void navigate(void);

void init_gl(void) {
float Material[] = { 0.6f, 0.6f, 0.6f, 1 };
  glEnable(GL_LIGHT0);
  glMaterialfv(GL_FRONT_AND_BACK, GL_DIFFUSE, Material);
  InitModels();
  SetupRC();
  CAVEFar = 10000;
}


//**********  Initialization Functions  **********
void SetupRC(){
    glShadeModel(GL_SMOOTH);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);     // Hidden surface renoval
    glFrontFace(GL_CCW);         // Counter clock-wise polygons face out
    glEnable(GL_CULL_FACE);      // Do not calculate inside of objects
    InitializeLighting();
    glClearColor(0.3, 0.3, 0.3, 1.0); //redundant call for clarity
}


void InitModels() {
    object[3].Initialize("./model/RoofFloor/RoofFloor1.3DS");
    object[4].Initialize("./model/Building/Building1.3DS");
    object[5].Initialize("./model/Building/Building2.3DS");
    object[6].Initialize("./model/Lift/Lift.3DS");
    object[7].Initialize("./model/Lift/Base.3DS");
    object[8].Initialize("./model/Lift/Door.3DS");
    object[9].Initialize("./model/View/View.3DS");
    object[10].Initialize("./model/Scaffold/4sc.3DS");
    object[11].Initialize("./model/Lift/Doorcon.3DS");
    object[12].Initialize("./model/RoofFloor/wood.3DS");
    object[13].Initialize("./model/RoofFloor/wood1.3DS");
    object[14].Initialize("./model/RoofFloor/wood2.3DS");

    for(int i=3;i<=14;i++) {
        object[i].SetScalar(1);
        object[i].GetPoint();
    }

    modelcursor[0].Initialize("./model/cursor2.3DS");
    modelcursor[0].SetScalar(12);
    modelcursor[0].GetPoint();

}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
void frameUpdate(){
  if(CAVEMasterDisplay()){
      navigate();
  }
  CAVEDisplayBarrier();
}

void InitializeLighting() {
    // ***** Lighting Variables *****
    GLfloat specularColor[3] = {1.0f, 1.0f, 1.0f};
    GLfloat shine = 100.0f;
    GLfloat center_lightposition[] = {0.0, 0.0, 0.0, 1.0f};
    GLfloat extra_lightposition[] = {50.0, 50.0, 50.0, 1.0f};

    float ambience[4] = {0.3f, 0.3f, 0.3f, 1.0};
    float diffuse[4] = {0.9f, 0.9f, 0.9f, 1.0};
    glLightfv( GL_LIGHT0, GL_AMBIENT,  ambience );
    glLightfv( GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE,  diffuse );
    glLightfv( GL_LIGHT0, GL_POSITION, center_lightposition);
    glLightfv( GL_LIGHT1, GL_POSITION, extra_lightposition);
    glEnable(  GL_LIGHT0   );
    glEnable(  GL_LIGHT1   );
    glEnable(  GL_LIGHTING );
    glEnable(GL_COLOR_MATERIAL);
    glMaterialfv(GL_FRONT_AND_BACK, GL_SPECULAR, specularColor);
    glMaterialfv(GL_FRONT_AND_BACK, GL_SHININESS, &shine);
}
```

ส่วนที่ 5 หลังจากทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ฟังก์ชั่นหลักของโปรแกรมจะทำการเรียกใช้ฟังชั่นเพื่อควมคุมภาพหลังจากการเปิดแล้ว โดยฟังก์ชั่น navigate() มีหน้าที่ทำการติดต่อระหว่าง input device เช่นเครื่องระบุตำแหน่งของศรีษะผู้ใช้งาน หรือ wanda ที่มีไว้สำหรับควมคุม และ output device ซึ่งก็คือจอภาพนั่นเอง

```
void frameUpdate(){
  if(CAVEMasterDisplay()){
      navigate();
  }
  CAVEDisplayBarrier();
}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
void navigate(void){
    float jx,jy,dt,t,SPEED=30;
    static float prevtime =0;

    if(CAVEMasterDisplay()) {
        jx=CAVE_JOYSTICK_X;
        jy=CAVE_JOYSTICK_Y;
        t = (float)CAVEGetTime();
        dt = t - prevtime;

        prevtime = t;

        if (!keylock) {
        if (fabs(jy)>0.2) {
            CAVEGetVector(CAVE_WAND_FRONT,wandFront);
            CAVENavTranslate(wandFront[0]*jy*SPEED*dt,
                0.0,
                wandFront[2]*jy*SPEED*dt);
        }
        if (fabs(jx)>0.4) {
            CAVENavRot(-jx*30.0f*dt,'y');
        }
        }

        if(falling) {
        cumt=cumt+dt;
        CAVENavTranslate(0.0,cumt*cumt*(-60),0.0);
        }

        if(liftrot) {
            CAVENavRot(30.0f*dt,'y');
            anglecum=anglecum+30.0f*dt;
            if(anglecum>=180.0) {liftrot=false;}
        }

        if ((walkup > sumup) && (keyupopen)) {
            CAVENavTranslate(0.0,30*dt,0.0);
            sumup=sumup+30*dt;
        }
        if ((walkup < sumup) && (keyupopen)) {
            CAVENavTranslate(0.0,-30*dt,0.0);
            sumup=sumup-30*dt;
        }

    }

    ///************** Change Model Control*******
    if(CAVEButtonChange(1) == 1){
        keycursor=!keycursor;
    }
}//exit navigation
```

ส่วนที่ 6 เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อควมคุมการแสดงผล เช่นการแสดงผลของลูกศร การแสดงผลของวัตถุ การเรียกใช้งานคำสั่งควมคุมการเคลื่อนไหวของวัตถุ เป็นต้น

```
void DrawCursor() {
    //#################drav cursor############
    if(keycursor) {
        glPushMatrix();
        CAVEWandTransform();
        glRotated(90.0,-1.0,0.0,0.0);
        glRotated(-90.0,0.0,1.0,0.0);
        modelcursor[0].Render(); // no select show cursor
        glPopMatrix();
    }
}
```

```
void draw(void) {
    CAVEGetPosition(CAVE_WAND,wandPos);
    CAVEGetVector(CAVE_WAND_FRONT,wandFront);
    glClearColor(0., 0., 0., 0.);
    glClear(GL_DEPTH_BUFFER_BIT|GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glEnable(GL_LIGHTING);

    glPushMatrix();
    CAVEWandTransform();
    glPopMatrix();

    glPushMatrix();
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glPolygonMode(GL_BACK,GL_FILL);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    DrawCursor();
        CAVENavTransform();
        checkAuto();
        glPushMatrix();
            //glRotatef(fallzeta,0.0,1);
                glPushMatrix();
                DrawModel();
                glPopMatrix();
        glPopMatrix();
    glFlush();
    glPopMatrix();
    glDisable(GL_LIGHTING);
}

void DrawModel() {

glPushMatrix();//main
    glTranslatef(623.24,-334);
    //RoofFloor.3DS
    object[3].Render();
    //Building1.3DS
    object[4].Render();
    //Building2.3DS
    object[5].Render();
    //Base.3DS
    object[7].Render();
    //View.3DS
    object[9].Render();

    glPushMatrix();
        object[10].Render();
        for(int i=0;i<3;i++) {
        glTranslatef(0.0,134.0,0.0);
        object[10].Render(); }
    glPopMatrix();

    glPushMatrix();
    lift();
    glTranslatef(0.0,movelift,0.0);
    object[6].Render();//Lift.3DS
        glPushMatrix();
        door();
        glTranslatef(-44.937,21.969,0.0);
        glRotatef(dooropen,0.0,0.0,1.0);
        object[8].Render();//Door.3DS
        glPopMatrix();

        glPushMatrix();
        glTranslatef(-20.937,21.969,0.0);
        glRotated(rotliftcon,0.0,0.0,1.0);
        object[11].Render(); //Doorcon.3DS
        glPopMatrix();
    glPopMatrix();
glPopMatrix();//end main

glPushMatrix();
fall();
glPopMatrix();

}
```

ส่วนที่ 7 เป็นฟังก์ชั่นที่มีชื่อว่า checkAuto() ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นมาเพื่อทำการคำนวนและควบคุมตำแหน่งของผู้ใช้ เช่น เมื่อผู้ใช้เดินขึ้นบันได ฟังก์ชั่นนี้ก็จะทำหน้าที่แสดงผลภาพให้เสมือนกับผู้ใช้เดินขึ้นบันไดจริง หรือการที่ผู้ใช้เดินออกมานอกตัวตึก ฟังก์ชั่นนี้ก็จะทำหน้าที่เรียกฟังก์ชั่นที่ควบคุมการตก ซึ่งก็คือฟังก์ชั่น fall() และแสดงผลภาพเสมือนกับผู้ใช้ตกลงมาจากตึกจริง

```
void checkAuto() {
    CAVENavConvertCAVEToWorld(wandPos,v_wandPos);
    float x=v_wandPos[0];
    float y1,y2,y3,y4;

    ////////// Door open Control /////////////////
    if (v_wandPos[0]>=327 && v_wandPos[0]<=527) {
        if (v_wandPos[1]>=0 && v_wandPos[1]<=180) {
            if (v_wandPos[2]>=(-433) && v_wandPos[2]<=(-233)) {
                keyopen=true;
            }
        }
    }

    ////////// Lift Up Control /////////////////
    if (v_wandPos[0]>=(615) && v_wandPos[0]<=(675)) {
        if (v_wandPos[1]>=0 && v_wandPos[1]<=180) {
            if (v_wandPos[2]>=(-355) && v_wandPos[2]<=(-265)) {
                keylock=true;
                liftrot=true;
                keyliftup=true;
                keyclose=true;
            }
        }
    }

    ////////// Falling Control /////////////////
    if (v_wandPos[0]>=(295) && v_wandPos[0]<=(305)) {
        if (v_wandPos[1]>=950 && v_wandPos[1]<=1110) {
            if (v_wandPos[2]>=(-1225) && v_wandPos[2]<=(-1125)) {
                keylock=true;
                falling=true;
            }
        }
    }
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
void fall() {
    if(!falling) {
        glTranslatef(298,1013,-1145);
        object[12].Render();
    }

    else {
        glPushMatrix();
        glTranslatef(0,cumt*cumt*(-55),0);
        glTranslatef(278,1013,-1145);
        glPushMatrix();
        glRotatef(rotwoodx,1,0,0);
        glRotatef(rotwoody,0,1,0);
        glRotatef(rotwoodz,0,0,1);
        object[13].Render();
        glPopMatrix();
        glPopMatrix();

        glPushMatrix();
        glTranslatef(0,cumt*cumt*(-52),0);
        glTranslatef(318,1013,-1145);
        glPushMatrix();
        glRotatef(1.5*rotwoodx,1,0,0);
        glRotatef(-1.2*rotwoody,0,1,0);
        glRotatef(1.1*rotwoodz,0,0,1);
        object[14].Render();
        glPopMatrix();
        glPopMatrix();

        rotwoodx+=3;
        rotwoody+=5;
        rotwoodz+=5;
    }
}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปรีดิ์ณัฐ ภาณุมนต์วาที เกิดเมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ.2527 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพฯ ในปีการศึกษา พ.ศ.2548 และได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ.2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย