โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายใน

นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2925-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPUTER AIDED SOFTWARE FOR MEASURING THE DIMENSIONS FROM DIGITAL IMAGES IN INTERIOR ARCHITECTURAL SURVEY

Mr. Pamornthep Amornwanichkij

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2002
ISBN 974-17-2925-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายใน
โดย	นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ปรีชญา สิทธิพันธุ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ปรีชญา สิทธิพันธุ์)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ปิยานันต์ ประสารราชกิจ)

…… กรรมการ
(อาจารย์ สุรพล พฤกษ์ไพบูลย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ : โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายใน. (COMPUTER AIDED SOFTWARE FOR MEASURING THE DIMENSIONS FROM DIGITAL IMAGES IN INTERIOR ARCHITECTURAL SURVEY) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ , อ.ที่ปรึกษาร่วม: อาจารย์ ดร. ปรีชญา สิทธิพันธุ์ จำนวนหน้า 104 หน้า. ISBN 974-17-2925-1.

การวัดหาระยะต่างๆของห้องหรือสถานที่ที่จะทำการออกแบบนั้นถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญของสถาปนิกภายในเพราะว่าระยะต่างๆเป็นข้อมูลสำคัญในขบวนการออกแบบ วิธีการวัดหาระยะโดยทั่วไปเป็นการวัดหาระยะทางตรง คือการวัดโดยใช้ตลับเมตรซึ่งต้องใช้เวลามากถ้าในกรณีที่มีรายละเอียดที่จำเป็นต้องวัดมากและมักจะต้องใช้ผู้ทำการวัดตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปเพื่อสามารถทำการวัดและจดบันทึกค่าต่างๆได้สะดวก ทั้งนี้มีบ่อยครั้งที่การวัดหาระยะทางตรงมีความไม่สะดวกในทางปฏิบัติ เช่นมีข้อจำกัดทางสรีระ คือผู้ทำการวัดไม่สามารถเอื้อมวัดสิ่งที่มีความสูงมากๆได้ หรือสถานที่นั้นมีข้อจำกัดต่างๆไม่สามารถที่จะวัดด้วยวิธีการวัดหาระยะทางตรงได้ เช่นเป็นพื้นที่ที่มีการใช้งานตลอดเวลา เป็นพื้นที่อันตราย เป็นพื้นที่หวงห้าม หรือเป็นพื้นที่ที่ถูกทำลายคงเหลือไว้แค่เพียงภาพถ่าย เป็นต้น ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ หาวิธีและสร้างเครื่องมือที่จะใช้ช่วยหาระยะต่างๆ ที่ใช้เพียงความละเอียดโดยประมาณไปใช้งานได้อย่างสะดวก และใช้ในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดดังกล่าว รวมทั้งหาเงื่อนไขการใช้งานเครื่องมือที่สร้างขึ้น งานวิจัยนี้มีวิธีดำเนินการคือได้ใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย และทฤษฎีการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทัศนียภาพ เป็นทฤษฎีหลักในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถคำนวณ และรายงานระยะต่างๆจากภาพดิจิตอลของสถานที่ที่ต้องการเป็นโปรแกรมต้นแบบเพื่อทดลองใช้งานได้ โดยมีแนวคิดคือให้ผู้ใช้ปรับลักษณะและมุมมองของรูปทรงที่กำหนดให้มีลักษณะและมุมมองเดียวกันกับภาพที่ซ้อนอยู่ด้านหลังเพื่อโปรแกรมจะได้ใช้รูปทรงที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่อยู่ในภาพนั้นคำนวณ และรายงานค่าออกมา จากนั้นได้เทียบค่าที่ได้จากโปรแกรมกับการวัดด้วยตลับเมตร และได้ประเมินผลหลังการทดลองใช้งานโปรแกรมต้นแบบจากแบบสอบถาม ที่ตอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้คัดเลือกตามแบบเทคนิคเดลฟาย ในการศึกษาครั้งนี้ได้พบว่าผลที่ได้จากโปรแกรมได้ตอบต่อวัตถุประสงค์ มีความถูกต้องแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ยังมีข้อจำกัดในการปรับมุมมองของรูปทรงในโปรแกรมกับมุมของภาพให้พอดีกันนั้นต้องพึ่งการทำงานของผู้ใช้เป็นหลัก และข้อจำกัดในเรื่องของส่วนติดต่อใช้งาน GUI (Graphic User Interface) ซึ่งงานวิจัยนี้น่าจะได้รับการพัฒนาต่อไปให้มีการใช้งานที่ง่ายขึ้น และลดความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยต่างๆได้ ตลอดจนสามารถพัฒนาให้โปรแกรมให้นำไปติดตั้งใช้งานในระบบปฏิบัติการอื่นๆที่นิยมได้เช่น ระบบปฏิบัติการบน Mac OS หรือ Linux OS และอื่นๆ เป็นต้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4474190225: MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: DIMENSION MEASUREMENT COMPUTER AIDED SOFTWARE / DIGITAL IMAGES / INTERIOR ARCHITECTURAL SURVEY / PERSPECTIVE ANALYSIS / MEASUREMENT TOOL

PAMORNTHEP AMORNWANICHKIJ: COMPUTER AIDED SOFTWARE FOR MEASURING THE DIMENSIONS FROM DIGITAL IMAGES IN INTERIOR ARCHITECTURAL SURVEY THESIS ADVISOR: ASST. PROF. KAWEEKRAI SRIHIRAN, THESIS COADVISOR: PREECHAYA SITTHIPAN, Ph.D., 104 pp. ISBN 974-17-2925-1.

To measure the dimensions of different rooms or edifices that are to be designed is an important activity of architects, or interior designers, because these measurements are very important in design. Standard measurement techniques are to take direct measurements using a meter measurement tape. This takes a long amount of time to gather all the necessary details and at least two persons to measure and record the results. Thus, the process is not very convenient as it could take a number of times to gather all the data and it is difficult to sometime accurately measure all areas, such as heights and hard to reach corners. It is also sometimes difficult to take measurements in spaces that are constantly under use, dangerous, restricted or have been damaged or taken down. Thus, for these instances, photography is the best tool for making the necessary measurements. Therefore, the objectives of this research are to determine the convenient methods and the tools necessary to make approximate measurements and under restricted conditions as well as set terms and conditions for the tools that are to be developed.

The research method is based on a triangulation theory and survey method using photographs, or imaging. These are then used to develop a software program that can measure dimensions using digital images of specified venues. The program must be able to check results and should focus on allowing the user to move, change and rotate fixed spaces and angles. It should be able to determine detailed measurements by overlaying, or overlapping, images in order to exchange, or replace, items that are pictured or designed into the space. Measurement costs should then be compared for the two systems, computer-aimed measurement and standard meter tape measurement. Analysis of the software is made through questionnaires administered to experts chosen at random.

Research results based on the objectives found there are many fitting conditions, but still restrictions when incorporating the Graphic User Interface (GUI). This project should then undergo further development to increase its efficiency and reduce problems caused by different factors. The computer-aided software can be used at this time for certain tasks using MAC OS, Linux OS and other operating systems.

Department : Architecture Student's signature.....
Field of study : Architecture Advisor's signature……..
Academic year : 2002 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงแด่ผู้มีพระคุณต่อการทำวิจัยครั้งนี้ ดังนี้ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. ปรีชญา สิทธิพันธุ์ และรองศาสตราจารย์ ปิยานันต์ ประสารราชกิจ รวมทั้งอาจารย์ ภิญโญ จินันทุยา ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ และให้การช่วยเหลือมาโดยตลอด ตลอดจนครู อาจารย์ที่ให้ความรู้ในด้านต่างๆทุกๆท่าน และขอขอบคุณผู้ที่ให้คำแนะนำต่างๆหรือช่วยตอบคำถามที่เอื้อต่อการทำงานในกระดานถาม-ตอบ (Forum) ของเว็บไซต์ http://www.OpenGL.org รวมทั้งผู้ที่ทำเว็บไซต์สำหรับเป็นแหล่งข้อมูลหรือให้ฝึกฝนด้านการพัฒนาโปรแกรมทั้งหลาย ที่ผู้ทำวิจัยได้อาศัยเรียนรู้และฝึกฝนจากตัวอย่างต่างๆเพื่อใช้ในการทำงานวิจัยนี้ และ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนผู้ทำวิจัยในเรื่องทุนต่างๆคือทุนวิจัยฯ ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2545 และทุนผู้ช่วยสอน ทั้งปีการศึกษา 2544 และปีการศึกษา 2545 และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อน ที่เป็นกำลังและช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 นิยามศัพท์..... 4

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานต่างๆทางสถาปัตยกรรมภายใน..... 5

2.1.1 งานหลักในขั้นต่างๆของงานสถาปัตยกรรมภายใน..... 6

2.1.2 งานสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับโดยประมาณ..... 7

2.2 วิชาการสำรวจ..... 9

2.2.1 การวัดระยะทาง (Distance Measurement) 9

2.2.1.1 การนับก้าว (Pacing) 9

2.2.1.2 การใช้ล้อวัดระยะ (Odometer) 9

2.2.1.3 เครื่องมือวัดระยะอีเลตโทรนิค้า (Electronic Distance Measurement)..... 9

2.2.1.4 การวัดระยะโดยใช้ Tachometry..... 10

2.2.1.5 การวัดระยะทางด้วยเทปวัดระยะ (Tape)..... 10

2.2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetric Surveying, Photogrammetry)..... 12

2.2.2.1 ประเภทของ “Photogrammetry”..... 12

2.2.2.2 คำจำกัดความของ Close- range Photogrammetry..... 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2.3 ภาพรวมและขั้นตอนต่างๆของ Close range Photogrammetry..... 15
2.2.2.3 ข้อดีและข้อเสีย ของ Close range Photogrammetry..... 17
2.3 ทฤษฎีรูปสามเหลี่ยมคล้าย..... 19
2.3.1 บทนิยาม..... 19
2.3.2 ข้อสังเกต..... 19
2.3.3 สมบัติของรูปสามเหลี่ยมคล้าย..... 19
2.3.4 การนำไปใช้งาน..... 20
2.3.5 ตัวอย่าง..... 20
2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ..... 21
2.4.1 การถ่ายรูป..... 21
2.4.2 การวาดเขียนแบบทัศนียภาพ..... 22
2.4.2.1 ทัศนียภาพแบบบรรยากาศ..... 22
2.4.2.2 ทัศนียภาพแบบเส้น..... 22
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับเลนส์ (Lens) 24
2.5.1 ทำไมถึงต้องการเลนส์..... 24
2.5.2 ระยะภาพของเลนซ์ (Lens Focal Length)..... 26
2.5.3 เลนส์แบบปกติ (The Normal Lens)..... 27
2.5.4 เลนส์แบบยาว (The Long Lens)..... 28
2.5.5 เลนส์แบบสั้น (The Short Lens)..... 28
2.5.6 เลนส์แบบพิเศษ (Special-Purpose Lenses)..... 29
2.5.7 เลนส์กับทัศนีภาพ..... 30
2.6 สรุปแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 32

บทที่ 3 แนวความคิดและขั้นตอนการสร้างและพัฒนาโปรแกรม

3.1 แนวความคิดในการสร้างและพัฒนาโปรแกรม..... 34
3.2 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาโปรแกรม..... 35
3.2.1 การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม..... 35
3.2.1.1 ความเป็นมาของ OpenGL..... 35
3.2.1.2 ลักษณะเด่นของ OpenGL..... 36
3.2.1.3 การทำงานของ OpenGL..... 37
3.2.1.4 ศัพท์และพิกัดของกราฟิก 3 มิติ โดยไลบรารี OpenGL..... 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การวางระบบโครงสร้างของโปรแกรม..... 40
3.2.3 การพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน GUI (Graphic User Interface)..... 43
3.3 ขั้นตอนและวิธีการเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ..... 45
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม..... 46
3.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามในแต่ละรอบ..... 46
3.4.2 การแบ่งหมวดประเด็นหลักประเด็นย่อยของแบบสอบถาม..... 46
3.4.3 การกำหนดจำนวนข้อ และสัดส่วนจำนวนข้อในประเด็นต่างๆ..... 47
3.4.4 การเลือกประเภทของคำถามในแต่ละประเด็นของแบบสอบถาม..... 47
3.5 ขั้นตอนการสรุปผลจากแบบสอบถามของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ..... 48
3.5.1 ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่ 1..... 48
3.5.2 ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่ 2..... 49
3.5.3 ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่ 3..... 51

บทที่ 4 ขั้นตอนและลักษณะการใช้งานโปรแกรม

4.1 การติดตั้งโปรแกรม..... 54
4.2 ขั้นตอนและการควบคุมใช้งานโปรแกรม..... 55
4.2.1 การหาระยะ กว้าง ยาว สูง และปริมาตรของห้อง..... 55
4.2.2 การหาระยะ กว้าง ยาว สูง และพื้นที่ของสิ่งหรือพื้นผิวใดๆที่อยู่ภายในห้อง..... 58
4.3 การยกเลิกการใช้งานและการถอนการติดตั้งโปรแกรม..... 64
4.3.1 การยกเลิกการใช้งานโปรแกรม..... 64
4.3.2 การถอนการติดตั้งโปรแกรม..... 64

บทที่ 5 แสดงระยะและผลต่างที่วัดจากเทปวัดระยะกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องตัวอย่าง

5.1 ระยะที่ได้จากการวัดด้วยวิธีทั้ง 2 ของห้องตัวอย่างที่ 1..... 66
5.2 ค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีทั้ง 2 ของห้องตัวอย่าง 2..... 71
5.3 สรุปผลจากการเปรียบเทียบค่าต่างๆที่ได้มาจากทั้ง 2 วิธีที่มีความแตกต่างกัน..... 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย..... 76
6.1.1 ความคลาดเคลื่อนต่างๆ..... 77
6.1.2 เงื่อนไขการใช้งานโปรแกรม..... 78
6.1.3 การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม..... 79
6.1.4 สรุป ข้อดี ข้อเสีย..... 80
6.2 ปัญหาและอุปสรรค..... 81
6.2.1 ความชำนาญและความสามารถในการถ่ายภาพหรือคุณภาพของภาพถ่ายที่จะมีผลต่อการใช้งานโปรแกรม..... 81
6.2.2 ความสามารถและความละเอียดอ่อนของผู้ใช้งานโปรแกรม..... 81
6.2.3 ความสมบูรณ์ของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการหาระยะ..... 82
6.2.4 ความสามารถในการแสดงผลภาพของคอมพิวเตอร์..... 82
6.2.5 ความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับโปรแกรม..... 82
6.2.6 ข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม..... 83
6.3 แนวทางการพัฒนาระบบและข้อเสนอแนะ..... 83
6.3.1 โครงสร้างของโปรแกรม..... 83
6.3.2 การพัฒนาในส่วนของวัตถุต่างๆ..... 84
6.3.3 การพัฒนาส่วนติดต่อกับโปรแกรม (User Interface)..... 84
6.3.4 การรายงานผลของโปรแกรม..... 84
6.3.5 การเพิ่มความสามารถการทำงานของโปรแกรมในเรื่องต่างๆ..... 84

รายการอ้างอิง..... 85

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 88
ภาคผนวก ข. 94
ภาคผนวก ค. 95

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 103

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	แสดงงานหลักในขั้นต่างๆของงานทั้งหมดในงานสถาปัตยกรรมภายใน.....	6
ตารางที่ 2.2	แสดงงานหลักของสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับต่างๆ.....	7
ตารางที่ 2.3	แสดงการสรุปคำจำกัดความของ Close range Photogrammetry.....	14
ตารางที่ 3.1	แสดงแสดงความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานกราฟิก 3 มิติ ของ OpenGL.....	39
ตารางที่ 3.2	แสดงการลดลงของความคลาดเคลื่อนและจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ.....	45
ตารางที่ 3.3	แสดงสัดส่วนจำนวนข้อในประเด็นต่างๆ.....	47
ตารางที่ 3.4	แสดงการเลือกประเภทของคำถามในแต่ละประเด็นของแบบสอบถาม.....	47
ตารางที่ 3.5	แสดงระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ.....	51
ตารางที่ 3.6	แสดงความเห็นด้วยในระดับต่างๆเรื่องประโยชน์ของโปรแกรม.....	52
ตารางที่ 5.1	แสดงทำผู้การวัดห้องตัวอย่างด้วยเทปวัดระยะและด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในแต่ละครั้ง.....	65
ตารางที่ 5.2	แสดงระยะที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีของห้องตัวอย่าง1.....	67
ตารางที่ 5.3	แสดงค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีของห้องตัวอย่าง 2.....	71
ตารางที่ 6.1	แสดงการเปรียบเทียบของเวลาที่ใช้ในการวัดทั้งวิธีใช้โปรแกรมและวิธีใช้เทปวัด.....	79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดงตัวอย่างการกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพ 2 ภาพ ของวัตถุเดียวกันแต่ต่างมุมมองกัน……	16
รูปที่ 2.2	แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หลักการของ Photogrammetry….....	16
รูปที่ 2.3	แสดงผังของตัวอย่างในโปรแกรมที่ใช้หลักการของ Photogrammetry….....	16
รูปที่ 2.4	แสดงสามเหลี่ยมคล้าย.....	19
รูปที่ 2.5	แสดงสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย.....	19
รูปที่ 2.6	แสดงแสดงตัวอย่างการนำทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายไปใช้งาน.....	20
รูปที่ 2.7	แสดงการสะท้อนแสงของวัตถุในทิศทางต่างๆ……..	24
รูปที่ 2.8	แสดงการใช้รูเล็กๆรวมแสง……	25
รูปที่ 2.9	แสดงภาพที่มัวเมื่อขยายรูรวมแสง……	25
รูปที่ 2.10	แสดงการใช้เลนส์นูนรวมแสง……	25
รูปที่ 2.11	แสดงความแตกต่างของขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์ที่มีระยะภาพต่างกัน……	26
รูปที่ 2.12	แสดงภาพถ่ายที่เกิดจากการใช้เลนส์ที่มีระยะภาพแบบต่างๆ……	27
รูปที่ 2.13	แสดงลักษณะเลนส์แบบปกติ (The Normal Lens) ……	28
รูปที่ 2.14	แสดงลักษณะเลนซ์แบบยาว (The Long Lens)……..	28
รูปที่ 2.15	แสดงลักษณะเลนส์แบบสั้น (The Short Lens)……	29
รูปที่ 2.16	แสดงภาพที่ถ่ายจากเลนส์มาโคร……..	29
รูปที่ 2.17	แสดงภาพที่ถ่ายจากเลนส์ “Crystal-ball” ……...	29
รูปที่ 2.18	แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายภาพด้วยวิธีต่างๆกับหลักทางทัศนียภาพ……	30
รูปที่ 2.19	แสดงการเปรียบเทียบตามหลักทางทัศนียภาพของถ่ายภาพด้วยวิธีต่างๆกัน……	31
รูปที่ 3.1	แสดงการทำงานของ OpenGL……..	37
รูปที่ 3.2	ระบบโคออดิเนทที่ใช้ใน OpenGL……..	40
รูปที่ 3.3	แสดงโครงสร้างของไฟล์ต่างๆของโปรแกรม……	41
รูปที่ 4.1	แสดง การคัดลอก (Copy) ไฟล์ต่างๆลงในโฟลเดอร์ที่ C:/ WINDOWS/ system…..	54
รูปที่ 4.2	แสดงส่วนติดต่อการใช้งาน (Graphic User Interface) เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม……	55
รูปที่ 4.3	แสดงแสดงเมนูที่รวมคำสั่งต่างๆที่เกิดขึ้นจากการคลิกเมาส์ปุ่มขวา.....	55
รูปที่ 4.4	แสดงการปรับขนาดภาพให้ใหญ่ขึ้น.....	56
รูปที่ 4.5	แสดงการใช้คำสั่งในการปรับมุมมองให้พอดีกับภาพ.....	56
รูปที่ 4.6	แสดงการใช้คำสั่งในการปรับตำแหน่งของจุดอ้างอิงให้พอดีกับภาพ.....	57
รูปที่ 4.7	แสดงความพอดีกันระหว่างวัตถุและภาพ และการใช้คำสั่ง “Adjust Scale”……	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8	แสดงระนาบตามแกน YZ	58
รูปที่ 4.9	แสดงระนาบตามแกน XY.....	59
รูปที่ 4.10	แสดงระนาบตามแกนXZ.....	59
รูปที่ 4.11	แสดงการปรับขนาดของระนาบที่จะใช้เทียบวัดสิ่งต่างๆ.....	60
รูปที่ 4.12	แสดงการใช้ระนาบในการเทียบหาพื้นที่ของช่องเปิด.....	60
รูปที่ 4.13	แสดงการควบคุมให้ระนาบบิดเอียงได้.....	61
รูปที่ 4.14	แสดงการปรับขนาดของระนาบในขณะที่บิดเอียง.....	61
รูปที่ 4.15	แสดงการเรียกรูปทรงกลมขึ้นมาเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง.....	62
รูปที่ 4.16	แสดงการเรียกรูปทรงลูกบาศก์ขึ้นมาเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง.....	62
รูปที่ 4.17	แสดงการเรียกรูปทรงกรวยขึ้นมาเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง.....	63
รูปที่ 4.18	แสดงตัวอย่างการจัดวางตำแหน่งของหน้าต่างในโปรแกรม.....	63
รูปที่ 4.19	แสดงปุ่ม Close Window.....	64
รูปที่ 4.20	แสดงหน้าต่างที่ปรากฏขึ้นมาเพื่อยืนยันการออกจากโปรแกรม.....	64
รูปที่ 5.1	แสดงภาพห้องตัวอย่าง 1.....	66
รูปที่ 5.1-1	แสดงการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมปรับให้วัตถุอ้างอิงมีมุมมองและขนาดให้พอดีกับภาพ....	67
รูปที่ 5.1-2	แสดงการหาระยะ A และ C โดยเทียบกับระยะจริงโดยการเทียบกับตลับเมตรที่วางไว้.....	67
รูปที่ 5.1-3	แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 1.07 ม.	68
รูปที่ 5.1-4	แสดงการหาระยะ D โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 2.15 ม.	68
รูปที่ 5.1-5	แสดงการหาระยะ E โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.61 ม.	69
รูปที่ 5.1-6	แสดงการหาระยะ F โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.47 ม.	69
รูปที่ 5.1-7	แสดงการหาระยะ G โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 0.31 ม.	70
รูปที่ 5.1-8	การหาระยะ H โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.55 ม.	70
รูปที่ 5.2	แสดงภาพห้องตัวอย่าง 2.....	71
รูปที่ 5.2-1	แสดงการหาระยะ A และ C โดยดูค่าที่ Scale X of Ruler และ Scale Z of Ruler โดยได้ค่าเป็น 0.64 และ 0.22 ตามลำดับ	72
รูปที่ 5.2-2	แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.10 ม.	72
รูปที่ 5.2-3	แสดงการหาระยะ D โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 1.00 ม.	73
รูปที่ 5.2-4	แสดงการหาระยะ E โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 0.10 ม.	73
รูปที่ 5.2-5	แสดงการหาระยะ F โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.43 ม.	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.2-6	แสดงการหาระยะ H โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 3.18 ม.	74
รูปที่ 5.2-7	แสดงการหาระยะ G โดยดูที่ Scale Y of Ruler ได้ระยะ 1.96 ม.	75
รูปที่ 6.1	แสดงห้องตัวอย่างที่ทำการทดลองจับเวลาในการวัดทั้งวิธีใช้โปรแกรมและวิธีใช้เทปวัด	79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบสถาปัตยกรรมภายในโดยส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีการสำรวจ (Survey) สถานที่ที่ทำการออกแบบ ซึ่งมีงานหลักได้แก่ การวัดหาระยะต่างๆของสถานที่ ซึ่งเป็นงานที่สิ้นเปลืองเวลา และแรงงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิธีการวัดที่เป็นอยู่คือ การใช้ตลับเมตรเป็นเครื่องมือวัดซึ่งมีปัญหาในทางปฏิบัติต่างๆ ดังนี้

1. *สิ้นเปลืองแรงงาน* ผู้ทำการวัดควรมีจำนวนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปเพื่อช่วยกันในการวัด และจดบันทึกระยะต่างๆหรือมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่และความซับซ้อนของสถานที่แทนที่จะสามารถปฏิบัติงานได้โดยเพียงลำพัง
2. *สิ้นเปลืองเวลา* ในการวัดและจดบันทึกต้องใช้เวลามากน้อยเป็นไปตามรายละเอียดที่ต้องทำการวัดในแต่ละสถานที่ซึ่งแม้ว่าโครงการส่วนใหญ่ที่มีพื้นที่ไม่มากแต่ก็มักจะมีรายละเอียดมากที่ต้องทำการวัดทำให้ต้องใช้เวลามาก
3. *ความไม่สะดวก* ในทางปฏิบัตินั้นผู้ทำการวัดต้องวัดระยะเป็นช่วงๆต่อกันในกรณีที่ความยาวของตลับเมตรน้อยกว่าความยาวของระยะที่วัด และผู้ทำการวัดต้องมีการก้ม เงย เอื้อมวัดหรืออยู่ในอิริยาบทที่ฝืนสรีระทางร่างกายในบางจุดเพื่อให้ได้ระยะตามที่ต้องการ นอกจากนี้สภาพที่ทำการวัดส่วนใหญ่มักจะไม่เอื้อให้เกิดสภาวะน่าสบายในการปฏิบัติงานเช่น มีฝุ่นละออง อากาศร้อน เป็นต้น
4. *เกิดความผิดพลาดของผู้ทำการวัด* เช่น ในลักษณะที่ทำการวัดได้ไม่ถนัด หรือการวัดเป็นช่วงๆ นั้นอาจก่อให้เกิดความผิดพลาด ณ จุดต่อในแต่ละช่วงต่างๆได้ง่าย หรือแม้กระทั่งการขานเลขหรือจดบันทึกหรือย่อมมีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือหรือสภาพแวดล้อม เป็นต้น
5. *มีข้อจำกัดไม่สามารถทำการวัดหาระยะโดยตรงได้* เช่น ระยะเอื้อมวัดของผู้ทำการวัดมีขีดจำกัดไม่สามารถที่จะวัดระยะที่มีความสูงมากๆได้ หรือในบางกรณีที่ผู้ทำการวัดไม่สามารถเข้าไปทำการวัดในพื้นที่ที่ต้องการได้เพราะเนื่องจากสาเหตุบางประการ เช่น เป็นพื้นที่หวงห้าม เป็นพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องมีการใช้งานอยู่ตลอดเวลาไม่สะดวกให้ทำการวัด เป็นบริเวณที่มีอันตรายไม่สามารถเข้าไปได้หรือเป็นพื้นที่ที่มีความเสียหายชำรุดทรุดโทรมคงเหลือไว้เพียงแค่ภาพถ่าย

แต่ทว่าในบางงานในขบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมภายในมีความจำเป็นหรือความต้องการเพียงทราบระยะต่างๆโดยประมาณ แต่ก็ยังคงต้องทำการวัดหาระยะต่างๆอย่างเต็มรูปแบบจึงทำให้เกิดความสิ้นเปลืองต่างๆและความไม่สะดวก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆดังกล่าว โดยมีแนวความคิดจากคำกล่าวที่ว่า "*ภาพหนึ่งภาพสามารถแทนคำพูดหรือคำอธิบายได้นับร้อยนับพัน*" เพราะการสำรวจสถานที่ที่ทำการออกแบบโดยปกติงานถ่ายภาพส่วนต่างๆเป็นงานที่ต้องปฏิบัติอยู่แล้วเพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญต่างๆที่จำเป็นในการออกแบบซึ่งการถ่ายภาพมีความสะดวกในทางปฏิบัติ ถ้าสามารถที่จะหาระยะต่างๆจากภาพที่ถ่ายได้ จะช่วยให้ไม่ต้องทำหรือลดจำนวนงานวัดหาระยะต่างๆโดยวิธีการวัดที่ใช้ตลับเมตรได้ ทำให้การสำรวจเป็นไปได้อย่างสะดวก รวดเร็วมากขึ้น สามารถทำการสำรวจได้โดยลำพัง และช่วยหาระยะที่ไม่สามารถทำการวัดหาระยะโดยตรงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งค้นหาวิธี และเครื่องมือที่จะใช้ในการช่วยวัดหาระยะต่างๆจากรูปภาพที่ตอบรับกับปัญหาต่างๆที่ได้กล่าวไว้โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขในการใช้งานต่างๆที่เหมาะกับงานบางงานในงานสถาปัตยกรรมภายในซึ่งได้กล่าวละเอียดไว้ในบทถัดไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาขั้นตอน วิธีการ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อใช้หาระยะต่างๆจากภาพถ่ายที่แปลงอยู่ในรูปแบบทางดิจิตอล
2. สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อช่วยในการหาระยะต่างๆจากภาพถ่ายที่แปลงอยู่ในรูปแบบทางดิจิตอล
3. ทำการประเมินเปรียบเทียบวิธีการวัดแบบเดิมที่เป็นอยู่และวิธีวัดโดยใช้โปรแกรมในงานวิจัยนี้เพื่อแสดงถึงข้อแตกต่างระหว่าง 2 วิธี
4. พัฒนาและปรับปรุงให้โปรแกรมมีการใช้งานได้สะดวกและมีความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามเงื่อนไขการใช้งาน
5. หาข้อจำกัด และเงื่อนไขการใช้งานโปรแกรมและลักษณะของการถ่ายภาพให้สอดคล้องและส่งเสริมกับลักษณะการใช้งานของโปรแกรมเพื่อเสนอเป็นคู่มือการใช้งานโปรแกรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการของวินโดวส์ (Windows)
2. โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นไม่ได้รวมการทำงานในส่วนของการปรับแต่งภาพ
3. ลักษณะการทำงานของโปรแกรมเป็นลักษณะกึ่งอัตโนมัติประกอบไปด้วยการทำงานทั้งส่วนของผู้ใช้งานและส่วนของการทำการประมวลผลของคอมพิวเตอร์

4. งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบที่มีการใช้งานตามเงื่อนไขที่ต้องการความละเอียดของระยะต่างๆในระดับโดยประมาณในงานสถาปัตยกรรมภายใน [1] ไม่รวมงานที่ต้องการความละเอียด หรือมีความถูกต้องแม่นยำสูง
5. งานวิจัยนี้ต้องใช้ภาพถ่ายที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้เลนส์แบบปกติ [2] ที่มีองค์ประกอบสำคัญในงานสถาปัตยกรรมภายในคือ พื้น ผนัง เพดาน ครบถ้วน ดังนั้นบริเวณที่ต้องการถ่ายภาพต้องมีระยะที่ใช้ถ่ายภาพ และมีสภาพแสงที่เหมาะสม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปริทัศน์วรรณกรรม (Literature Review) จากเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มีลักษณะใกล้เคียง
2. สร้างและพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง แนวความคิด และวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
3. ทำการทดสอบใช้งานโปรแกรมขั้นทดลอง ประเมินความสามารถ ความถูกต้องแม่นยำ โดยผู้พัฒนาโปรแกรมและกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามที่ได้กำหนดไว้
4. วิเคราะห์และสรุปผลโดยจากแบบสอบถามและการสังเกตการใช้งานโปรแกรมจากกลุ่มตัวอย่าง
5. เปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมขั้นทดลองที่สร้างขึ้นกับผลที่ได้จากการทำการวัดแบบเดิม โดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดโดยวิธีการทางสถิติ
6. ปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาโปรแกรมให้เป็นโปรแกรมต้นแบบในขั้นสมบูรณ์
7. นำเสนอโปรแกรม และคู่มือประกอบการใช้งาน บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบไปพัฒนาต่อเพื่อการปฏิบัติใช้จริงในวิชาชีพ
2. สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบไปประยุกต์ใช้ในงานวิชาการ เช่น ช่วยวิเคราห์ภาพเพื่อหาสัดส่วนต่างๆในงานสถาปัตยกรรมภายในในยุคสมัยต่างๆได้
3. สามารถประยุกต์ใช้งานในด้านการเปรียบเทียบหาสัดส่วนและขนาดของเครื่องเรือนลอยตัวหรือของประดับตกแต่งให้มีความเหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของห้องได้โดยใช้โปรแกรมเพื่อช่วยแสดงผลเป็นภาพสามมิติและใช้ปรับลดหรือเพิ่มขนาดและสัดส่วนของรูปทรงในโปรแกรมได้
4. เป็นแนวทางในการขยายผลเพื่อใช้ในงานด้าน สถาปัตยกรรม ภูมิสถาปัตยกรรม หรือ งานด้านอื่นๆที่มีลักษณะดังนี้หรือใกล้เคียงได้ต่อไป

---

[1] งานสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับโดยประมาณได้เสนอไว้ในบทที่ 2

[2] ทฤษฎีเกี่ยวกับเลนซ์เสนอไว้ในบทที่ 2 โดยเลนส์แบบปกติเสนอรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2.5.3

1.6 นิยามศัพท์ [1]

การวัดระยะโดยตรง (Direct Measurement) คือ การนำอุปกรณ์วัดระยะวัดระหว่างจุด 2 จุด และอ่านค่าได้โดยตรง

การวัดระยะโดยอ้อม (Indirect Measurement) คือ การวัดระยะผ่านตัวกลางอย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อต้องการทราบระยะจะต้องผ่านกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อแปลค่าเป็นความยาวออกมา เช่น การใช้คลื่นแสงวัดระยะ คลื่นวิทยุ หรือคลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น

ความถูกต้อง แม่นยำแบบ Accuracy เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง

ความถูกต้อง แม่นยำแบบ Precision เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง โดยไม่นำไปเทียบกับค่าแท้จริง

ความคลาดเคลื่อนแบบ Systematic Error เป็น Error ที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่สามารถควบคุมได้ Error ชนิดนี้สามารถหาและคำนวณเพื่อแก้ไขได้ และสามารถทำให้น้อยลงหรือหมดไปได้ ดังตัวอย่างเช่น ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเทปวัดระยะที่ทำด้วยเหล็ก สามารถคำนวณหาระยะที่เหล็กจะยืดหรือหดตัวไปเท่าไรจากสภาพ ณ อุณหภูมิที่ทำการวัดแล้วนำไปหักออกหรือเพิ่มค่าจากค่าตัวเลขที่วัดได้ เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนแบบ Random Error หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า Accidental Error เป็น Error ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานหรือใช้วิธีการที่ไม่ถูกต้อง ความชำนาญของผู้สำรวจก็ส่งผลให้เกิด Error ในระดับที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามจะไม่มีผู้สำรวจคนใดสามารถทำงานโดยไม่ให้มี Error เกิดขึ้นได้เพราะการทำงานล้วนต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆที่เอื้อต่อการทำให้มี Error เกิดขึ้นได้เสมอ

ความผิดพลาด (Mistakes) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยผู้สำรวจเป็นผู้กระทำให้เกิดข้อผิดพลาด เช่น การจดเลขผิด การนับผิด การกำหนดจุดผิดเป็นต้น ผู้สำรวจควรพึงระลึกอยู่เสมอว่า Mistake เกิดขึ้นได้เสมอ และก็สามารถกำจัดให้หมดไปได้เช่นกัน โดยทำงานด้วยความรอบคอบระมัดระวัง ในทุกๆ ขั้นตอนการทำงาน โดยควรมีการตรวจสอบผลสำรวจก่อนนำไปใช้งาน [2]

---

[1] คาวาแนกส์, แบร์รี่ เอฟ และ เบิร์ด, เอส เจ เกลนน์ , วิศวกรรมสำรวจ : หลักการนำไปใช้งาน, แปลโดย รังสรรค์ วงศ์บุญ (กรุงเทพมหานคร: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2544), หน้า 1 - 12.

[2] ในการตรวจสอบผลการสำรวจสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำซ้ำใหม่อีกครั้ง การคำนวณตรวจสอบโดยวิธีทางเรขาคณิต หรือตรีโกณมิติก็ได้การตรวจสอบผลการสำรวจที่มีประสิทธิภาพ จะต้องยึดถือไว้เป็นกฎว่าให้ทำการสำรวจซ้ำทันทีเมื่อทำเสร็จครั้งแรก การตรวจสอบผลการสำรวจทันทีจะช่วยกำจัด Mistake หรือความผิดพลาดส่วนมากให้หมดไปได้ ในขณะเดียวกันก็ช่วยปรับปรุง Precision หรือความแตกต่างของการสำรวจแต่ละครั้งให้น้อยลงด้วย

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงกันระหว่างหลักการทำงานต่างๆทางสถาปัตยกรรมภายในและทฤษฎีจากหลายๆทฤษฎีที่มีส่วนสัมพันธ์กันกับการวิจัยนี้ ได้แก่ ทฤษฎีวิชาการสำรวจ ทฤษฎีรูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทัศนียภาพ และทฤษฎีเกี่ยวกับเลนส์มาใช้เป็นแนวคิดหลักหรือทฤษฎีหลักในการนำวิจัย โดยมีการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องและตอบสนองต่อวัตถุประสงค์และส่วนที่ยังไม่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์หรือได้ไม่ครบทั้งหมด หรือที่มีความขัดแย้ง เพื่อที่จะสามารถเลือกใช้หรือเลี่ยงบางส่วนของบางทฤษฎีในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

2.1 หลักการทำงานต่าง ๆทางสถาปัตยกรรมภายใน

การทำงานต่างๆทางสถาปัตยกรรมภายในสามารถเริ่มดำเนินการในโครงการหนึ่งๆได้หลายลักษณะตามแต่ช่วงเวลาได้แก่

1. เริ่มต้นพร้อมกันกับงานออกแบบทางสถาปัตยกรรม
2. เริ่มต้นเมื่อมีแบบทางสถาปัตยกรรมแล้วแต่ยังไม่มีการก่อสร้าง
3. เริ่มต้นเมื่อมีแบบทางสถาปัตยกรรมและมีการก่อสร้างเฉพาะส่วนของโครงสร้าง
4. เริ่มต้นที่โครงการนั้นได้มีการก่อสร้างทั้งส่วนโครงสร้าง และส่วนผนังต่างๆรวมทั้งงานระบบ
5. เริ่มต้นที่โครงการนั้นเสร็จพร้อมที่จะทำการบุ และกรุพื้นผิวต่างๆ และงานประดับตกแต่ง

ถึงแม้ว่าการเริ่มต้นงานไม่ว่าจะเริ่มที่ช่วงเวลาใดก็ตามขบวนการบริการในงานสถาปัตยกรรมภายในยังมีความจำเป็นต้องมีงานหลักๆดังเสนอเป็นตารางเพื่อจัดระเบียบข้อมูลทั้งจากการสัมภาษณ์[1] และจากหนังสือ[2] ได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[1] ปิยานันต์ ประสารราชกิจ . อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สัมภาษณ์, 21 มีนาคม 2546.

[2] Harry Siegel, CPA, Business Guide for Interior Designers, (New York : Watson-Guptill Publications, 1976), p. 21.

2.1.1 งานหลักในขั้นต่าง ๆของงานสถาปัตยกรรมภายในได้แก่

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	ข้อมูลจากหนังสือ
1. งานในขั้นเสนอแนวความคิด และ Idea ขั้นต้น	o การสำรวจรายละเอียดและการวิเคราะห์ความต้องการของโครงการ o การนำเสนอผังรวม (Layouts) ขั้นต้นเพื่อให้ผู้ว่าจ้างพิจารณา o การสัมภาษณ์เพื่อสรุปและเก็บรวบรวมความต้องการต่างๆในรายละเอียด
2. งานในขั้นออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน <u>ยังไม่มีแบบทางสถาปัตยกรรม</u> คือเริ่มต้นพร้อมกันกับงานออกแบบทางสถาปัตยกรรม <u>มีแบบทางสถาปัตยกรรมแล้ว</u> แบ่งเป็น 2 แบบคือ 1. งานในขั้นออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน ระหว่างมีการก่อสร้าง o ตามแบบ (วัดจากแบบ) o มีการเปลี่ยนแบบ (วัดหน้างานตามที่มีการเปลี่ยนแปลง) 2. งานในขั้นออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน เมื่องานก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว มี Exiting อยู่เดิม o ดำเนินการตกแต่งต่อจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม o ดำเนินการตกแต่งที่มีการปรับเปลี่ยนหรือมีการรื้อถอนบางส่วนจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม o ดำเนินการตกแต่งใหม่จากการรื้อทุบสิ่งที่มีอยู่เดิมทั้งหมดคงเหลือไว้เฉพาะโครงสร้าง	o เสนอผังพื้น และรูปด้านของงานสถาปัตยกรรมภายในและส่วนที่งานสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง o ให้คำปรึกษาหรือเสนอผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในกรณีที่โครงการนั้นมีความจำเป็นให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาเพื่อเข้ามาร่วมโครงการ (อาจรวมถึงเป็นผู้ติดต่อและประสานงานให้ซึ่งแล้วแต่การตกลงกันในแต่ละโครงการ) o เสนอแบบผังพื้น และรูปตัดต่างๆตามที่ผู้ว่าจ้างได้พิจารณาอนุมัติแล้ว o เสนอผังพื้นการจัดวางเครื่องเรือน o เสนอผังพื้นส่วนที่มีการออกแบบแบบเจาะจงพิเศษ และส่วนที่เป็นงานติดตั้งกับที่ (Built-in unit) o เสนอการจัดโครงสี ตัวอย่างสี และสีพร้อมลวดลายของวัสดุต่างๆที่ใช้บุผิว เช่น ผ้าบุ และไม้ย้อมสี เป็นต้น ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณา
3. งานในขั้นคำนวณปริมาณการใช้วัสดุต่างๆคร่าวๆเพื่อประเมินราคาและการสั่งจำนวน	o เสนอรายการค่าใช้จ่ายต่างๆและราคากลางของสิ่งที่ได้นำเสนอ o เสนอรายชื่อตัวแทนจำหน่ายสิ่งต่างๆที่ได้นำเสนอ
4. งานในขั้นคำนวณหาขนาด และสัดส่วนของสิ่งประดับตกแต่ง หรืออุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับขนาด รูปร่าง และสัดส่วนของพื้นที่ใช้สอย	o เสนอตัวอย่างวัสดุที่ใช้บุ และกรุผิวงานพื้น ผนัง เพดาน ตลอดจนอุปกรณ์และสิ่งตกแต่งต่างๆ เช่น อุปกรณ์ดวงโคม อุปกรณ์มือจับของประตูหน้าต่างหรืองานเครื่องเรือน และของประดับต่างๆเป็นต้น ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณา
5. งานในขั้นตรวจสอบระยะอย่างละเอียด (Re-Check) เพื่อการ Finish งาน เช่นการทำลายกระเบื้อง การติดตั้ง งานติดตั้งกับที่ (Built-in unit)	o ให้คำแนะนำแก่หัวหน้าช่างในการติดตั้งวัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆที่หน้างานก่อสร้างและเป็นผู้ประสานงานด้านเทคนิคต่างๆระหว่างหัวหน้าช่างกับผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย o เสนองานออกแบบขั้นสมบูรณ์ พร้อมทำแบบก่อสร้างและแบบขยายรายละเอียดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงงานหลักในขั้นต่างๆของงานทั้งหมดในงานสถาปัตยกรรมภายใน

2.1.2 งานสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับโดยประมาณสรุปได้ดังนี้

สรุปงานหลักต่าง ๆ	ระดับความต้องการความละเอียดของการวัด
1. งานเสนอแนวความคิด และ Idea ขั้นต้น	
o ยังไม่มีสิ่งก่อสร้างให้ทำการวัด.....	.... >> ไม่ต้องทำการวัด
o *ที่ต้องดำเนินการตกแต่งต่อจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม...*	.... >> ต้องการความละเอียดและความถูกต้อง*โดยประมาณ*
o *ที่ต้องดำเนินการตกแต่งที่มีการปรับเปลี่ยนหรือมีการรื้อถอนบางส่วนจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม.....*	.... >> ต้องการความละเอียดและความถูกต้อง*โดยประมาณ*
o *ดำเนินการตกแต่งใหม่จากการรื้อทุบสิ่งที่มีอยู่เดิมทั้งหมดคงเหลือไว้เฉพาะโครงสร้าง .....*	.... >> อาจไม่ต้องทำการวัด ดูระยะหลักๆได้จากแบบที่มีหรือทำการวัด แบบต้องการความละเอียดและความถูกต้อง*โดยประมาณ*ของส่วนโครงสร้างและงานระบบ
2. งานออกแบบสถาปัตยกรรมภายในพร้อมกับงานออกแบบสถาปัตยกรรมยังไม่มีสิ่งก่อสร้างให้ทำการวัด.....	.... >> ไม่ต้องทำการวัด
3. งานออกแบบสถาปัตยกรรมภายในหลังจากงานออกแบบสถาปัตยกรรมเสร็จสิ้นแล้วและอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง	
o มีการก่อสร้างตามแบบ (วัดจากแบบได้).....	.... >> อาจต้องวัดบ้างโดยต้องการความละเอียดถูกต้อง
o มีการก่อสร้างตามที่มีการเปลี่ยนแปลง(วัดหน้างาน).	.... >> ต้องมีการวัดโดยต้องการความละเอียดถูกต้อง
4. งานออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน เมื่องานก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว มี Exiting อยู่เดิม	
o โดยดำเนินการตกแต่งต่อจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม.....	.... >> ต้องมีการวัดโดยต้องการความละเอียดถูกต้อง
o โดยดำเนินการตกแต่งที่มีการปรับเปลี่ยนหรือมีการรื้อถอนบางส่วนจากสภาพที่เป็นอยู่เดิม.....	.... >> ต้องมีการวัดโดยต้องการความละเอียดถูกต้อง
o โดยดำเนินการตกแต่งใหม่จากการรื้อทุบสิ่งที่มีอยู่เดิมทั้งหมดคงเหลือไว้เฉพาะโครงสร้าง.....	.... >> อาจไม่ต้องทำการวัด ดูระยะหลักๆได้จากแบบที่มีหรือทำการวัดเฉพาะโครงสร้างที่ต้องการความละเอียดถูกต้อง
5. *งานในขั้นคำนวณปริมาณการใช้วัสดุต่างๆคร่าวๆเพื่อประเมินราคาและการสั่งจำนวน.....*	.... >> ต้องการความละเอียดและความถูกต้อง*โดยประมาณ*
6. *งานในขั้นคำนวณหาขนาด และสัดส่วนของสิ่งประดับตกแต่ง หรืออุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับขนาด รูปร่าง และสัดส่วนของพื้นที่ใช้สอย .....*	.... >> ต้องการความละเอียดและความถูกต้อง*โดยประมาณ*
7. งานในขั้นตรวจสอบระยะอย่างละเอียด (Re-Check) เพื่อการ finish งาน เช่นการทำลายกระเบื้อง การติดตั้ง งานติดตั้งกับที่ (Built-in unit).....	.... >> ต้องการความละเอียดและความถูกต้องสูงมาก

ตารางที่ 2.2 แสดงงานหลักของสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับต่างๆ

จากตารางที่ 2.2 สามารถสรุปได้ว่างานหลักของงานสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องมีการวัดระยะในการสำรวจที่ต้องการความละเอียดถูกต้องในระดับโดยประมาณคืองานที่ใช้ตัวอักษรเอียงสีน้ำเงิน ซึ่งได้สรุปแนวทางการใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับความต้องการได้ดังนี้

- **ระดับความต้องการความละเอียดถูกต้องโดยประมาณ** คือ สามารถทำการวัดโดยใช้โปรแกรมในงานวิจัยนี้ได้โดยลำพัง
- **ระดับความต้องการความละเอียดถูกต้อง** คือ ควรทำการวัดระยะโดยตรง (Direct Measurement) เป็นหลักและใช้โปรแกรมในงานวิจัยนี้ควบคู่กันเป็นเครื่องมือเสริม
- **ระดับความต้องการความละเอียดถูกต้องสูงมาก** คือ ควรทำการวัดระยะโดยตรง (Direct Measurement) เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ทฤษฎีวิชาการสำรวจ

วิชาการสำรวจถือได้ว่าเป็นศาสตร์และศิลป์ของการวัดระยะทาง มุม และตำแหน่งต่างๆบนผิวโลกหรือใกล้ผิวโลกที่นำหลักการและกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์และปรับแก้ผลการสำรวจที่ได้จากงานสนามเพื่อสามารถนำไปใช้งานได้โดยมีความผิดพลาดน้อยที่สุด[3] และศาสตร์นี้ได้แบ่งออกเป็นศาสตร์ต่างๆหลายแขนงด้วยวิธีการแบ่งที่หลากหลายเช่นกัน โดยวิชาการสำรวจได้มีศาสตร์บางแขนงที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ การวัดระยะทาง (Distance Measurement) และการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetric Surveying, Photogrammetry) ซึ่งจะกล่าวในแนวคิดและทฤษฎีหลักต่างๆของทั้ง 2 ศาสตร์ในรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การวัดระยะทาง (Distance Measurement)

การวัดระยะทางสามารถแบ่งได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความต้องการความละเอียดมากน้อยขนาดไหนแต่ทั้งนี้การวัดระยะทางมีวิธีต่างๆดังนี้

2.2.1.1 **การนับก้าว** (Pacing) วิธีนี้ผู้ทำการสำรวจจะต้องฝึกก้าวเท้าให้ได้ความยาวมาตรฐานสำหรับตัวเอง โดยการก้าวควรจะก้าวให้ยาวและให้สะดวกในการเดิน นำจำนวนก้าวคูณกับระยะมาตรฐานของตนจะได้ความยาวโดยประมาณ

2.2.1.2 **การใช้ล้อวัดระยะ** (Odometer) หรือ Speedometer หรือ Measuring wheel เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกจำนวนรอบของล้อ ซึ่งอาจจะเป็นล้อรถยนต์หรือจักรยานหรือวงล้อธรรมดาก็ได้ การใช้ต้องเข็นไปเป็นเส้นตรง แต่ระดับพื้นที่ใช้วัดควรจะมีลักษณะราบเรียบ ถ้ามีลักษณะเป็นคลื่น เป็นหลุม การวัดจะไม่ถูกต้อง

2.2.1.3 **เครื่องมือวัดระยะอีเลคโทรนิค้า** (Electronic Distance Measurement, EDM) ได้ใช้หลักการปล่อยคลื่นแสง หรือไมโครเวฟไปตามเส้นทางที่ต้องการวัดระยะทาง แล้วทำการบันทึกเวลาที่คลื่นเดินทางไปและสะท้อนกลับมาเพื่อคำนวนหาระยะทาง ซึ่งวิธีการใช้เครื่องมือนี้จะมีความละเอียดสูงมาก สำหรับเครื่องมือที่ใช้คลื่นแสงนั้นในปัจจุบันมี 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้แสงที่มองเห็น เช่น เลเซอร์ และเครื่องมือที่ใช้แสงที่มองไม่เห็น เช่น แสงอินฟาเรด โดยแบบนี้จะเป็นที่นิยมกว่าเพราะจะถูกรบกวนน้อยสามารถวัดระยะทางได้ไกลกว่า และสำหรับเครื่องมือที่ใช้คลื่นไมโครเวฟนั้น ความยาวของคลื่นจะเป็นคลื่นสั้น ส่งออกไปในลักษณะรูปทรงกรวย นิยมใช้ในงานงานสำรวจทางทะเลมากกว่าภาคพื้นดิน

---

[3] คาวาแนกส์, แบร์รี่ เอฟ และ เบิร์ด, เอส เจ เกลนน์ , วิศวกรรมสำรวจ : หลักการนำไปใช้งาน, แปลโดย รังสรรค์ วงศ์บุญ (กรุงเทพมหานคร: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2544), หน้า 1.

2.2.1.4 **การวัดระยะโดยใช้** Tachometry วิธีการนี้เป็นวิธีวัดระยะด้วยกล้องจะเกี่ยวข้องกับการวัดระยะทางโดยผ่านตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง ได้แบ่งออกเป็นหลายวิธี เช่น Telemeter, Range finder, Subtense bar, และ Stadia เป็นต้น โดยทั้งหมดจะกล่าวเรียกรวมๆเป็นหัวข้อใหญ่ว่า Tacheometry

2.2.1.5 **การวัดระยะทางด้วยเทปวัดระยะ** (Tape) เป็นเครื่องมือที่วัดได้ละเอียดมากในการสำรวจ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด มีทั้งเทปผ้าลินิน และเทปเหล็ก ส่วนเทปผ้าลินินจะใช้ในกรณีที่ต้องการเก็บรายละเอียดที่ไม่สำคัญ ทั้งนี้ในเนื้อหาต่างๆของเทปวัดระยะ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆได้ดังนี้

2.2.1.5.1 หลักการวัดระยะด้วยเทปวัดระยะ

การวัดระยะโดยการใช้เทปสามารถเรียกได้ 2 แบบคือ Taping หรือ Chaining โดยการวัดด้วยเทปนี้มีหลักการดังนี้

1. เทปต้องแนบอยู่ในแนวระดับราบในกรณีที่เป็นพื้นราบ
2. ดึงเทปด้วยแรงดึงที่พอเหมาะที่จะทำให้เทปตึงได้ระยะจริง
3. ถ้าต้องการวัดระยะราบของพื้นที่เอียงให้วางเทปวัดระยะอยู่เหนือพื้นดินให้ตรงจุดที่ต้องการวัดโดยการตกดิ่ง

2.2.1.5.2 เทปใยสังเคราะห์ (Woven Tape)

เทปวัดระยะใยสังเคราะห์ทำจาก Linen, Dacron และสารผสมอย่างอื่นบางชนิดเพื่อให้มีความทนทานถาวรต่อการใช้งาน ไม่มีการยืดหดตัว เนื่องจากอุณหภูมิและป้องกันความชื้นได้ เทปวัดระยะชนิดนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเทปวัดระยะโลหะ (Metallic Tape) เทปชนิดนี้ไม่ควรนำไปใช้วัดระยะใกล้ๆกับอุปกรณ์ไฟฟ้า การวัดระยะอุปกรณ์ไฟฟ้าควรใช้ Fiberglass Tape แทน

เทปวัดระยะใยสังเคราะห์มีความยาวหลายขนาด ที่นิยมใช้กันมาก คือขนาดความยาว 30 ม. ใช้วัดระยะงานที่ไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องมากนัก เมื่อใช้งานเทปชนิดนี้ไปสักระยะหนึ่งต้องมีการนำความยาวของเทปไปเทียบวัดเทปวัดระยะที่ทำด้วยเหล็ก ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความยาวของเทปว่าเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงไร ปัจจุบันได้มีการผลิตเทปออกมา มีหน่วย เมตร และฟุต อยู่คนละด้าน มีขีดแบ่งรายละเอียดของระยะที่แตกต่างกันออกไป

2.2.1.5.3 เทปวัดระยะทำด้วยเหล็ก (Steel Tape)

เทปวัดระยะที่ทำด้วยเหล็กหรือเรียกกันสั้นๆว่า “เทปเหล็ก” มีการผลิตออกมาหลายความยาว เช่น 20 ม. 30 ม. 50 ม. 100 ม. เป็นต้น โดยเหล็กที่นำมาใช้ทำเทปมีความหนาและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เทปเหล็กชนิดหนาจะมีขนาดหน้าตัด 8

มม. x 0.45 มม. โดยที่ขนาดหน้าตัดปกติจะเป็น 6 มม. x 0.30 มม. เทปเหล็กที่มีน้ำหนักเบากว่าจะทำออกได้มายาวกว่า เช่น 100 ม. จะสะดวกในการเคลื่อนย้ายเนื่องจากน้ำหนักไม่มาก

ในงานสำรวจที่ต้องการความละเอียดและความถูกต้องสูงๆมักที่ต้องใช้เทปเหล็กชนิด Invar Steel Tape เพราะเป็นเทปที่ทำจากโลหะผสมระหว่าง Nickel 35% กับ Steel 65% จึงทำให้เป็นเทปที่มีการยืดหดตัวจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่น้อยมาก

2.2.1.5.4 สภาวะการทำงานมาตรฐานในการนำเทปเหล็กไปวัดระยะทาง

เนื่องจากเทปเหล็กทำจากโลหะที่มีการยืดหดตัว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หรือเมื่อมีแรงดึงเทปเหล็กมากเกินไป สำหรับเทปเหล็กแล้วการใช้งานจะมีความยาวเท่ากันกับค่าที่อ่านได้จริงเมื่อมีการใช้งานในสภาวะดังต่อไปนี้

1. วัดในขณะอุณหภูมิการทำงานที่ 20°C
2. มีที่รองรับตลอดความยาวเทป หรือสภาพที่เทปไม่มีการตกท้องช้าง (saq)
3. มีแรงดึงเหล็กที่ 50 N
4. ถ้าสภาพหรือเงื่อนไขขณะทำการวัดแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้น จะต้องมีการปรับแก้ค่าที่วัดได้ก่อนนำผลการสำรวจไปใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 **การสำรวจด้วยภาพถ่าย** (Photogrammetric Surveying, Photogrammetry)

"Photogrammetry" หรือบ่อยครั้งที่อาจได้ยินในคำเรียกอีกคำหนึ่งว่า "Remote sensing" นี้ เป็นวิธีการหนึ่งของการสำรวจ (Survey) ที่มีจุดมุ่งหมายหลักในการหาขนาด รูปร่าง และระยะทางของสิ่งที่สำรวจ โดยอยู่ภายใต้แนวความคิดที่ว่า "Objects are measured without being touch" ซึ่งก็คือ การวัดหาระยะต่างๆของวัตถุ ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ จากภาพถ่ายของวัตถุนั้นๆจำนวนหลายๆภาพที่ได้ผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้ได้ระยะต่างๆที่ต้องการออกมา ซึ่งจากแนวความคิดของวิธีการนี้ย่อมส่งผลให้เกิดความรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการปฏิบัติทำการวัดระยะโดยตรงต่อวัตถุนั้นๆ หรือสามารถวัดระยะในสิ่งที่ต้องการได้ภายใต้เงื่อนไขใดๆที่ทำให้ไม่สามารถทำการวัดระยะโดยตรง(Direct Measurement)ได้แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีขีดจำกัดและข้อจำกัดที่ส่งผลถึงความถูกต้องแม่นยำและความเหมาะสมต่อสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งในรายละเอียดต่างๆมีดังนี้

2.2.2.1 **ประเภทของ** "Photogrammetry"

งานสำรวจในปัจจุบันที่ใช้วิธีการทาง Photogrammetry นี้ที่พบเห็นได้แพร่หลาย ได้แก่ งานสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photogrammetry) งานสำรวจทางโบราณคดี (Archaeological survey) และงานสำรวจใต้น้ำ (Underwater survey) เป็นต้น

จากความสามารถที่นำไปใช้งานในด้านต่างๆได้หลากหลายนั้น เป็นเพราะว่า Photogrammetry เป็นวิธีการที่แบ่งออกได้หลายรูปแบบเพื่อนำไปใช้งานที่มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ Far-range Photogrammetry, Close- range Photogrammetry, Aerial Photogrammetry, และ Terrestrial Photogrammetry [4] โดยเฉพาะ Close-range Photogrammetry เป็นวิธีการที่มี แนวความคิด ขั้นตอนต่างๆ และลักษณะตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้มีความใกล้เคียงกับการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งได้นำเสนอรายละเอียดไว้ในหัวข้อถัดไป

2.2.2.2 **คำจำกัดความของ** Close- range Photogrammetry

คำจำกัดความ 1

Close Range Photogrammetry is a method making it possible to extract coordinates and dimensions in 3D from images. Combined with traditional methods the technique can cover large areas or volumes maintaining high accuracy at a competitive cost. (Available from: http://maritime.blom.no/Industry/CRP01.htm)

---

[4] Available from: http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm

คำจำกัดความ 2

Digital close-range Photogrammetry is a measurement technology used to obtain three-dimensional (3D) spatial information about an object. As a form of Photogrammetry, this technology derives measurements from electronic images of the object, rather than measuring the object directly. In the close-range process, the camera is positioned within 100 meters of the object, and its axes are pointed toward the center of the object. From multiple positions, the user is able to acquire imagery at many convergent angles both inside and outside of the object. Due to these capabilities, digital close-range Photogrammetry is suitable for a large number of applications, ranging from simple manual control point measurements to automated processing and robotic manufacturing. Although digital close-range Photogrammetry can be a stand-alone operation, it is equally effective when integrated with other measurement and processing methods.

(Available from: http://www.jws.com/SewallSitePDFs/Cardinal%20Pts%20pdfs/dcrp.cp3.pdf)

คำจำกัดความ 3

Close-Range Photogrammetry is an accurate, cost effective technique of collecting field measurements of a real world object or facility, directly from photographs. Photogrammetry utilizes digital images to obtain accurate measurements and geometric data of the facility, in order to provide spatial information for engineering design, 3D modeling, etc.

(Available from: http://www.vexcel.com/fotog/learn.html)

คำจำกัดความ 4

Close-range three-dimensional Photogrammetry is a very accurate way of recording complex structures. A number of photographs are taken of the structure from different viewpoints and processed in a computer program. The program then constructs a three-dimensional model of the structure to scale.

(Available from: http://www.threeh.demon.co.uk/TechniquesSurvey.htm)

คำจำกัดความ 5

Close range Photogrammetry (CRP) combines photographic and mathematical techniques to produce highly accurate CAD drawings of almost any object. Measured objects can be as small as a dented automobile fender or as large as a college campus.

You may be familiar with traditional "stereo pair" Photogrammetry. This technique requires two overlapping photos of the object, taken by a calibrated Photogrammetric camera. The position of the camera and the amount of overlap

are critical. CRP also uses calibrated Photogrammetric cameras, but is not restricted to taking photographs from two points in space. In fact, any number of photographs from any position can be used, provided each point measured on the object is visible in at least 3 photos.

(Available from: http://www.aerodatainc.com/tek9.asp?pg=crp)

จากคำจำกัดความที่ได้เสนอไว้สามารถสรุปออกมาในรูปแบบตารางในหัวข้อต่างๆได้ดังนี้

1. What is CRP?	2. Objectives	3. Resources/Method
> A method > A measurement technology > A technique of collecting field Measurements > A combination of photographic And mathematical techniques	> To extract coordinates and dimensions > To produce highly accurate CAD drawings of almost any objects > To record complex structure	> Photographs /images Electronic images/digital - Images/overlapping photos /at least 3 photos > 3D model/real-world objects > Multiple positions/different – viewpoints/any number of photographs from any positions > Processed in a computer program
4. Scope of work	**5. Characteristic**	**6. Equipment**
> As small as a dented automobile fender and as large as a college campus > Large areas or volumes	> Stand – alone operation > High accuracy/accurate technique/very accurate way > Competitive cost/cost effective > Suitable for a large number of applications	> Digital camera/camera > Computer > Computer program

ตารางที่ 2.3 แสดงการสรุปคำจำกัดความของ Close range Photogrammetry

สรุป Close range Photogrammetry (CRP) คือ วิธี เทคนิค หรือเทคโนโลยีในการวัดที่เกิดจากการรวมกันของเทคนิคการถ่ายภาพกับเทคนิคทางคณิตศาสตร์เพื่อมุ่งเน้นในการหาระยะและจุดพิกัดต่างๆของวัตถุทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ โดยมีวิธีการบันทึกภาพจากหลายๆ มุมมองในตำแหน่งต่างๆในรูปแบบทางดิจิทัล เพื่อนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ได้ระยะต่างๆที่ต้องการ โดยสามารถใช้กับงานได้ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ซึ่งได้ผลที่มีความถูกต้องสูงโดยมีค่าใช้จ่ายที่คุ้มค่า และเป็นวิธีที่สามารถดำเนินการได้โดยลำพัง หรือนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆได้มากมาย

2.2.2.3 **ภาพรวมและขั้นตอนต่าง ๆของ** Close range Photogrammetry

ในขบวนการของ Close-range Photogrammetry ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. **Field Work** ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกในทุกโครงการของ Close-range Photogrammetry คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collecting data) โดยข้อมูลที่เก็บประกอบไปด้วย 2 สิ่งที่สำคัญคือ

1. เก็บรวบรวมจุดอ้างอิง (Reference points) และจุดควบคุม (control points) ที่ได้ติดตั้งไว้ตามจุดต่างๆในสถานที่หรือที่วัตถุจริงทั้งนี้จุดต่างๆเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในถ่ายภาพและจุดที่ยืนถ่ายภาพ
2. ทำการถ่ายภาพของสิ่งที่ทำการสำรวจ โดยใช้กล้องดิจิทัลเป็นอุปกรณ์ในการบันทึกภาพโดยกล้องดิจิทัลที่ใช้ควรมีความสามารถในการเก็บรายละเอียดดังนี้คือ เป็นกล้อง black-and-white ที่มีขนาดของ imaging sensor อย่างน้อยสุดที่ 2,000 x 3,000 pixels แต่ที่เหมาะสมคือมีขนาดของ imaging sensor ที่ 4,000 x 7,000 pixels (e.g. Kodak DCS420, or Kodak DCS460) ซึ่งในบางโครงการที่มีขนาดใหญ่ อาจมีความจำเป็นต้องเก็บภาพต่างๆถึง 1,000 ภาพ ทั้งนี้ในทางทฤษฎีการประมวลผลในขั้นตอนต่อไปจำเป็นที่จะต้องใช้รูปภาพตั้งแต่ 2 รูปขึ้นไปที่มีตำแน่งการถ่ายหรือมุมมองที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติต้องมีการถ่ายภาพหลายๆภาพในทุกมุมมองเพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆทดแทนในส่วนที่มีการซ้อนทับหรือบังกันในแต่ละมุมมองให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนในการนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. **Image processing** ในขั้นตอนนี้มีความยากง่ายหรือใช้เวลาในการทำงานมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ ประสิทธิภาพของกล้องที่ใช้ในการทำงานหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือคุณภาพของภาพถ่ายนั่นเอง และนอกจากนี้คือความละเอียดของความถูกต้องในการกำหนดจุดและค่าต่างๆ

ในช่วงก่อนที่จะมีกล้องดิจิตอลในการทำงาน จำเป็นต้องมีขั้นต้อนของการกราดแผ่นฟิล์ม[5] (Scan films) และผลที่ได้มักจะประสบปัญหาในเรื่องของ ความละเอียดภาพ (Resolution) ไม่เพียงพอและเกิดการบิดเบือนหรือเพี้ยน (Distortion) ของภาพ แต่ภายหลังเมื่อกล้องดิจิตอลได้รับการพัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถในการบันทึกภาพได้ความละเอียด (Resolution) สูงและนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไปได้เลยทันทีจึงได้รับความนิยมมากกว่า

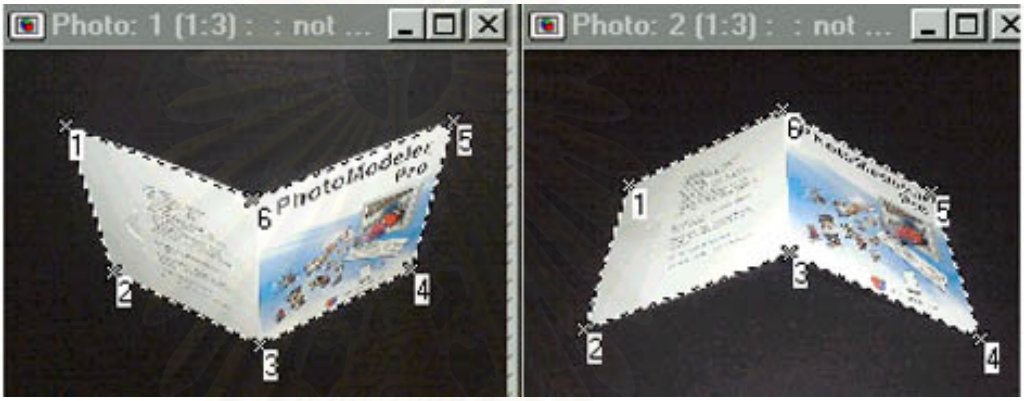
แต่อย่างไรก็ตามภาพบางภาพยังคงมีความจำเป็นในการปรับแต่งภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อๆไป เช่น ภาพที่ต้องปรับหมุนองศาให้ได้

---

[5] ฟิล์มที่ใช้เรียกว่า “Semi-Metric Film ได้แก่ Pentax 645, Rollei 6006 เป็นต้น ถ้าใช้ฟิล์มมาตรฐานทั่วไปจะได้ความละเอียดไม่เพียงพอ

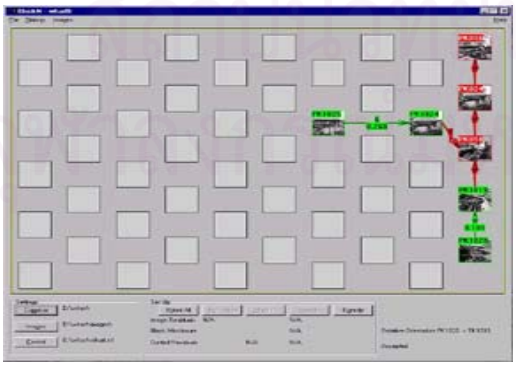
ความเหมาะสม การปรับความชัดเจน และการเพิ่มความหนาแน่นของพิกเซล (Pixels) เป็นต้น ทั้งนี้การปรับแต่งภาพจะน้อยลงเมื่อคุณภาพของอุปกรณ์ต่างๆได้มาตรฐานและผู้ถ่ายภาพได้รับการฝึกฝนและมีประสบการณ์เพียงพอ

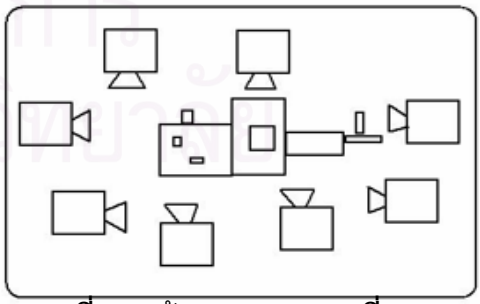
3. **Analytic phase** ในขั้นตอนนี้ถือเป็นหัวใจของ Close-range Photogrammetry คือการใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ประมวลผลหาตำแหน่งและจุดอ้างอิงสำคัญต่างๆจากภาพต่างๆหลายๆภาพ โดยในแต่ละภาพจำเป็นต้องระบุจุดอ้างอิงที่เป็นจุดเดียวกันในแต่ละภาพซึ่งมักจะใช้จุดที่สังเกตุได้ง่าย เช่นบริเวณมุมของวัตถุ หรือมีการทำจุดหรือเครื่องหมายไว้ที่วัตถุ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพ 2 ภาพ ของวัตถุเดียวกันแต่ต่างมุมมองกัน เช่นจุดที่ 1 คือบริเวณมุมบนซ้ายของวัตถุของทั้ง 2 ภาพ และทุกๆจุดอ้างอิงที่มุมของวัตถุเพื่อสังเกตุได้ง่าย

เมื่อได้กำหนดจุดอ้างอิงของวัตถุครบในแต่ละภาพ ทางโปรแกรม จะแสดงเส้นลูกศรสีเขียว และถ้าภาพที่ยังไม่ได้กำหนดจุดอ้างอิงจะแสดงด้วยเส้นลูกสรสีแดงดังภาพที่ 2.2 โดยตำแหน่งของภาพก็จะสัมพันธ์กับตำแหน่งจุดยืนของกล้องที่ถ่ายตามแผนผังของภาพที่ 2.3





ภาพที่ 2.2 (ซ้าย) **ภาพที่**2.3 (บน)

ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แก่ PhotoModeler, PM3 จาก AS Built Data Inc, และ ShapeCapture จาก ShapeQuest Inc เป็นต้น

4. **Measurement / 3D Modeling** เมื่อมาถึงขั้นตอนนี้ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย คือ การหาระยะทางต่างๆจากภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ผ่านขบวนการในขั้นตอนที่ 3 มาแล้ว โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องขึ้นรูปทรงเป็น 3 มิติในการหาระยะทาง แต่ถ้ามีความต้องการก็สามารทำได้โดยใช้โปรแกรมประกอบเพิ่มเติม เช่น โปรแกรม Jacobus PlantSpace, Rebis AutoPlant เป็นต้น

ในการหาระยะต่างๆนั้นทำได้โดยการ เลือกจุดเดียวกันจากภาพ 2 ภาพหรือมากกว่านั้น ให้เป็นจุดเริ่มต้น และกระทำเช่นเดียวกันกับจุดปลายอีกด้านหนึ่งของระยะที่ต้องการทราบ ซึ่งทางโปรแกรมสามารถที่จะหาระยะทางใน 3 มิติโดยโปรแกรมจะใช้หลักการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของจุดอ้างอิงต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในการประมวลผล

2.2.2.3 **ข้อดีและข้อเสีย ของ** Close range Photogrammetry

ข้อดี

1. เป็นวิธีที่ไม่จำเป็นต้องไปจับต้องสิ่งที่ทำการสำรวจก็จะช่วยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งที่ทำการสำรวจได้ โดยเฉพาะในกรณีที่สิ่งที่ทำการสำรวจห้ามถูกการสัมผัส
2. เป็นวิธีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ที่ต้องทำการสำรวจเข้าถึงตัววัตถุได้ยาก หรือสถานที่ที่มีอันตราย
3. สามารถหาระยะต่างๆได้อีกจากข้อมูลที่เก็บมาโดยไม่จำเป็นต้องไปสถานที่ที่ทำการสำรวจอีก
4. เป็นวิธีที่เหมาะสมกับที่ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา และจำนวนในการเข้าถึงและที่ที่มีรูปร่างหรือรูปทรงที่ซับซ้อน หรือมีรายละเอียดสูง
5. เป็นวิธีที่ใช้ได้ทั้งกับโครงการขนาดเล็กและโครงการขนาดใหญ่
6. เป็นวิธีที่มีความถูกต้องสูง
7. เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการสำรวจโดยการวัดระยะโดยตรง
8. เป็นวิธีที่ประหยัดเวลาช่วงที่อยู่ในพื้นที่ภาคสนาม
9. สามารถนำไปขึ้นรูปทรง 3 มิติได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

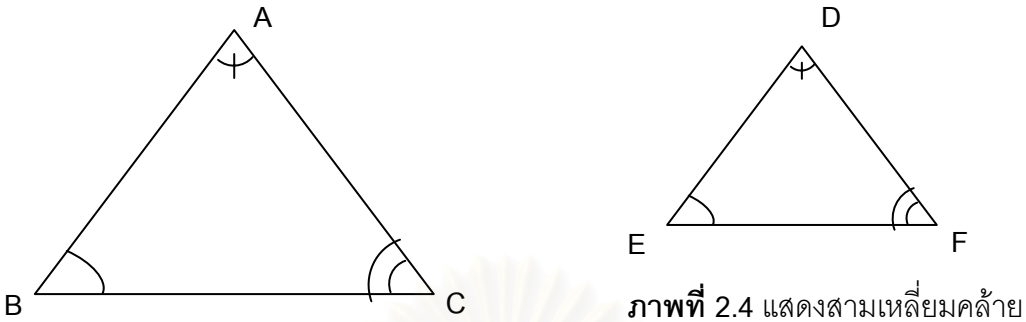
ข้อเสีย

1. ตลอดขบวนการ ความถูกต้องต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆและความชำนาญของเจ้าหน้าที่ที่ทำการสำรวจ
2. เป็นวิธีที่มีข้อจำจัดในกรณีที่วัตถุหรือสถานที่ทำการสำรวจมีการเคลื่อนไหว ไม่อยู่นิ่ง หรือมีการหดและขยายตัว เช่นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมาก ทำให้วัตถุต่างๆมีการหดขยายตัวในแต่ละช่วงอุณหภูมิในขณะทำการสำรวจ เพราะส่งผลให้เกิดความผิดเพี้ยนได้ถึงแม้ว่าเป็นวิธีที่มีขั้นตอนในการเก็บบันทึกข้อมูลที่สะดวกรวดเร็ว แต่การที่ต้องนำภาพจำนวนมากมาผ่านขั้นตอนต่างที่เหลือก็ใช้เวลานาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ทฤษฎีรูปสามเหลี่ยมคล้าย [6]

2.3.1 **บทนิยาม** รูปสามเหลี่ยม 2รูปที่มีขนาดของมุมเท่ากันสามคู่เรียกว่ารูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกัน



ภาพที่ 2.4 แสดงสามเหลี่ยมคล้าย

จากรูป กำหนดให้ มุม A เท่ากับ มุม D และ มุม B เท่ากับ มุม E และ มุม C เท่ากับ มุม F

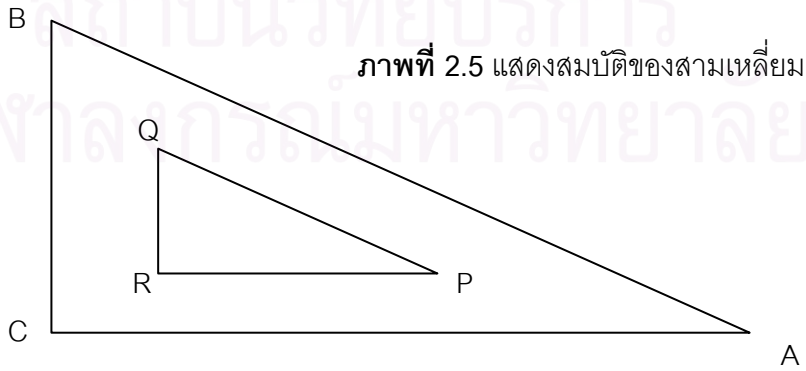
ดังนั้น $\triangle ABC \sim \triangle DEF$

2.3.2 **ข้อสังเกต**

1. รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมสองรูปนั้นจะคล้ายกัน
2. รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่คล้ายกัน ไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกประการ
3. รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีมุมยอดเท่ากันย่อมคล้ายกัน
4. รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มีขนาดของมุมที่เท่ากันสองคู่แล้ว มุมที่สามย่อมเท่ากัน และคล้ายกัน
5. รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มีอัตราส่วนของความยาวของด้านที่สมนัยกันเท่ากัน รูปสามเหลี่ยมสองรูปนั้นจะคล้ายกัน

2.3.3 **สมบัติของรูปสามเหลี่ยมคล้าย**

ถ้ารูปสามเหลี่ยมสองรูปใดคล้ายกัน อัตราส่วนของด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุมคู่ที่เท่ากันย่อมเท่ากัน



ภาพที่ 2.5 แสดงสมบัติของสามเหลี่ยมคล้าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[6] กัลยาณี แดนยุกต์ และคณะ, คู่มือเตรียมสอบ ม.2. (กรุงเทพฯ : ต้นไทรการพิมพ์, 2541), หน้า 53-55.

1. จากรูป Δ ABC ~ Δ PQR
    1. มุม A = มุม P ส่วนของเส้นตรง BC และ QR อยู่ตรงข้ามกับมุมที่เท่ากันนี้ ตามลำดับ
    2. มุม B = มุม Q ส่วนของเส้นตรง AC และ PR อยู่ตรงข้ามกับมุมที่เท่ากันนี้ ตามลำดับ
    3. มุม C = มุม R ส่วนของเส้นตรง AB และ PQ อยู่ตรงข้ามกับมุมที่เท่ากันนี้ ตามลำดับ
2. ถ้า Δ ABC ~ Δ PQR สรุปได้ว่า
    1. มุม A = มุม P และ มุม B = มุม Q และ มุม C = มุม R
    2. $\frac{AB}{PQ} = \frac{AC}{PR} = \frac{BC}{QR}$

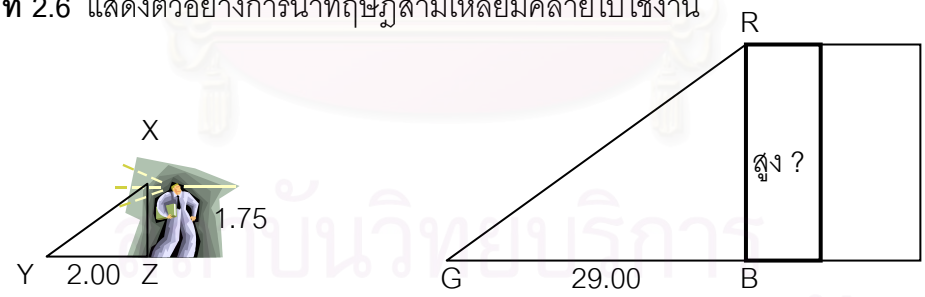
2.3.4 การนำไปใช้งาน

การหาความยาวใดๆจากด้านใดๆของสามเหลี่ยมใหญ่ โดยสร้างรูปสามเหลี่ยมขนาดเล็กให้คล้ายกับรูปสามเหลี่ยมใหญ่ แล้วหาอัตราส่วนของด้านของรูปสามเหลี่ยมทั้งสอง โดยใช้ความยาวของด้านของรูปสามเหลี่ยมขนาดเล็กที่วัดได้แม่นยำเป็นตัวอ้างอิงที่สำคัญ

2.3.5 ตัวอย่าง

นาย ภมรเทพ สูง 175 ซม. ยืนอยู่หน้าอาคารร่วมฤดี ที่สูง 7 ชั้น โดยได้วัดเงาของตัวเองที่ทอดยังพื้นราบได้ความยาว 2.00 เมตร และวัดเงาของอาคารที่ทอดยังพื้นราบเช่นกัน ได้ 29 เมตร เพียงเท่านี้ นาย ภมรเทพ ก็สามารถทราบได้ว่าความสูงของอาคารนั้นมีค่าเท่าไรโดยมีขั้นตอนการคำนวณโดยใช้หลักการสามเหลี่ยมคล้ายดังนี้

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการนำทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายไปใช้งาน



Δ XYZ ~ Δ RGB

RB / GB = XZ / YZ

RB / 29 = 1.75 / 2.00

RB = (1.75 * 29) / 2.00

ความสูงอาคาร (RB) มีค่า = **25.375** เมตร

นาย ภมรเทพ สามารถใช้หลักการนี้หาระยะความสูงอาคารได้โดยไม่ต้องทำการวัดระยะโดยตรงที่ตัวอาคารในด้านความสูงซึ่งมีความยากในทางปฏิบัติ

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ

ทัศนียวิทยา[7] เป็นศัพท์จากภาษาสันสกฤตผสมว่า ทรฺศ กับ อนีย ซึ่งมีความหมายว่า พึงดู หรือหมายความโดยอนุโลมว่าวิชาที่ว่าด้วยภาพที่เขียนขึ้นดังตาเห็น ฉะนั้นจึงเป็นวิทยาการที่เกี่ยวข้องอยู่กับการแสดงภาพที่ปรากฏตามความเป็นจริงเท่าที่เห็นด้วยตา (เฉลิม รัตนทัศนีย, 2537: 199)

ในสมัยก่อนมนุษย์มีความพยายามที่จะถ่ายทอดหรือบันทึกภาพของสิ่งที่ตาเห็นลงบนระนาบ 2 มิติ เช่น ภาพเขียนตามผนังถ้ำที่มีเรื่องราวต่างๆ ในครั้งดึกดำบรรพ์ ซึ่งมีการใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งต่างๆ มีการซ้อนทับกันของสิ่งที่ปรากฏในระดับความลึกที่แตกต่างกัน มีการวาดสิ่งของให้มีขนาดใหญ่แทนระยะที่อยู่ใกล้ และวาดสิ่งของให้มีขนาดเล็กแทนสิ่งของที่อยู่ไกล แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการยึดติดในเรื่องของความเชื่อความศรัทธา เช่นรูปกษัตริย์ต้องแสดงตัวด้วยขนาดที่ใหญ่กว่ารูปคนอื่นๆเสมอทั้งนี้เป็นเพราะว่าในสมัยก่อนมนุษย์ยังขาดความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์

ในภายหลังต่อมาเมื่อหลักความจริงถูกเปิดเผยด้วยวิทยาการทางวิทยาศาสตร์เมื่อราว 200 กว่าปีที่ผ่านมามนุษย์มีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆมากขึ้น เช่นหลักการมองเห็น หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับแสง และอื่นๆ ทำให้สามารถวางหลักการทฤษฎีของทัศนวิทยานี้ให้มีคำอธิบายและวิธีการทางปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและชัดเจนขึ้นทุกทีๆ ดังเป็นผลมาจากความพยายามที่ต้องการพิสูจน์กฎเกณฑ์ต่างๆ เช่นได้นำหลักการทางการถ่ายภาพ และหลักการทางการวาดเขียนแบบทัศนียภาพมาเป็นเครื่องมือในการทดลอง พิสูจน์หรือตรวจสอบหาข้อสรุปนั่นเอง

2.4.1 การถ่ายรูป

เป็นการนำเอาองค์ประกอบต่างๆมาใช้รวมกันเพื่อให้ได้สิ่งที่จะแสดงทัศนียภาพของสิ่งที่ต้องการแสดง ซึ่งองค์ประกอบต่างๆนั้นได้แก่ กล้องถ่ายรูปพร้อมอุปกรณ์ประกอบต่างๆเช่น เลนซ์ ฟิล์ม ฯลฯ และต้องมีสิ่งที่ต้องการถ่าย (ต้นแบบ) และแสงสว่างซึ่งเป็นแสงชนิดใดๆก็ได้ โดยเมื่อมีองค์ประกอบหลักทั้งสามนี้ก็สามารถที่จะบันทึกสิ่งที่ตาเห็นได้อย่างถูกต้องโดยมีวิธีที่ไม่ยุ่งยากนัก จึงถือได้ว่าน่าจะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการบันทึกและถ่ายทอดในสิ่งที่ตาเห็น นับเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาแล้วก่อให้เกิดประโยชน์ต่างๆมากมาย แต่ทว่าในกรณีที่องค์ประกอบหลักทั้งสามมีไม่ครบหรือไม่สามารถทำให้มีให้ครบได้ เช่น การที่ยังไม่มีวัตถุต้นแบบที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้ อาจจะมีเพียงเฉพาะในความนึกคิดหรือจินตนาการ มนุษย์ได้อาศัยหลักการวาดเขียนแบบทัศนียภาพมาเป็นเครื่องมือเพื่อถ่ายทอดความคิดจินตนาการของตนลงสู่แผ่นกระดาษ 2 มิติแทนการใช้กล้องถ่ายทอดภาพวัตถุต้นแบบลงบนแผ่นฟิล์มนั่นเอง

---

[7] เรียกในภาษาอังกฤษว่า Perspective ซึ่งแปลมาจากศัพท์ลาตินในสมัยกลางว่า Perspectiva ซึ่งแปลว่าการดูหรือการเห็น

2.4.2 การวาดเขียนแบบทัศนียภาพ

มีการแยกออกเป็น 2 แขนงคือ ทัศนียภาพแบบบรรยากาศ และทัศนียภาพแบบเส้น

2.4.2.1 **ทัศนียภาพแบบบรรยากาศ**

เป็นการเน้นแสดงสิ่งของที่แลเห็นอยู่ในระยะใกล้ไกลตามที่ปรากฏจากบรรยากาศ กล่าวคือตามธรรมดานั้นของที่อยู่ใกล้ก็แลเห็นได้ชัดเจนกว่าสิ่งของที่อยู่ไกลโดยยิ่งเลือน ลางทุกทีเมื่อไกลออกไป ด้วยการให้น้ำหนักหนักเบาแทนแสงที่สะท้อนด้วยความหักเหของแสงไปในลักษณะที่ต่างกัน

2.4.2.2 **ทัศนียภาพแบบเส้น**

เป็นการเน้นแสดงสิ่งต่างๆโดยการฉายเส้นตามเส้นขอบของสิ่งของเหล่านั้นโดยมีกฎเกณฑ์ วิธีการและความสัมพันธ์ของเส้นกับจุดที่ทำหน้าที่ต่างๆ โดยในขั้นตอนและวิธีการเขียนแบบทัศนียภาพแบบเส้นนี้มีความจำเป็นต้องใช้และอ้างอิงถึงคำศัพท์ที่ใช้เรียกเส้นและจุดต่างๆที่สำคัญในการเขียนโดยมีดังต่อไปนี้

1. *เส้นระดับนอน หรือ เส้นเพียงตา (Horizontal Line or Eye Level: HL)* เป็นเส้นที่เปรียบเสมือนว่าเป็นเส้นที่ขอบฟ้าต่อกันกับเส้นระดับดินในระดับแนวเส้นนอน หรือผืนราบนอนใดๆที่ขนานไปกับพื้นดินย่อมปรากฏว่าไปรวมกันอยู่ ณ ที่ใดที่หนึ่งบนเส้นระดับนอนทั้งสิ้น โดยเส้นระดับนอนนี้จะสูงจากระดับพื้นดินเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับความสูงของระดับตาของผู้มองว่าสูงต่ำจากระดับดินมากน้อยเพียงไร คือเส้นระดับนอนจะต้องมีระดับตามตาของผู้ดูเสมอ

2. *จุดมอง (Station Point: SP)* คือ ที่ ที่ผู้ดูภาพยืนอยู่หรือตั้งอยู่ ซึ่งถ้าผู้ดูเปลี่ยนตำแหน่งไปภาพที่เห็นก็จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จุดนี้จะเป็นจุดที่สำคัญในการกำหนดให้ภาพว่าจะมีลักษณะเช่นไร

3. *ผืนจำลองภาพ (Picture Plane: PP)* คือระนาบ 2 มิติที่ภาพได้ปรากฏลงไปนั่นเอง ตัวอย่างในกรณีกล้องถ่ายภาพ ผืนจำลองภาพก็คือแผ่นฟิล์มที่อยู่ด้านหลังเลนซ์ ผืนจำลองภาพนี้จะต้องตั้งอยู่ที่หน้าของจุดมอง หรือเรียกให้เข้าใจง่ายๆได้ว่าวางอยู่ด้านหน้าของผู้ดูที่รับภาพที่ฉายมาจากวัตถุหรือสิ่งที่ผู้ดูมองอยู่

4. *มุมทัศน์ (Angle of Vision: AV)* คือมุมของการมองเห็นของผู้ดู ตามธรรมดาแล้วตาของคนจะมองเห็นสิ่งต่างๆได้ชัดเจนที่สุดเมื่อสิ่งนั้นได้ปรากฏอยู่ตรงหน้าและพอจะมองเห็นสิ่งที่อยู่ข้างๆอีกในมุมกว้างเกือบ 180 องศา โดยไม่ต้องหันหน้าไปทางนั้น โดยช่วงมุมที่ตาเห็นมีความชัดเจนที่สุดนั้นอยู่ที่ 30 องศา และสิ่งใดๆที่อยู่เกินกว่าแนวมุมมองนี้ ความชัดเจนก็จะลดลงตามลำดับ

5. *เส้นระดับดิน (Ground Line: GL)* เป็นเส้นที่มีความหมายเดียวกันกับเส้นระดับพื้น ที่สิ่งใดๆที่มองตั้งอยู่ไปตัดกับผืนจำลองภาพเป็นมุมฉาก โดยเป็นเส้นที่ขนานกับเส้นระดับนอนเสมอ

6. *จุดอันตรธาน (Vanishing Point: VP)* คือจุดที่เส้นขนานใดๆที่ขนานกันและกันเป็นชุดไปรวมกันที่จุดนี้ที่ตรงเส้นระดับนอน โดยในบางครั้งในบางมุมมองเราจะพบจุดรวมของเส้นที่ขนานกัน 2 ชุดทั้งทางด้านซ้ายและทางด้านขวา หรือ 3 ชุด ในกรณีที่มีจุดรวมเส้นขนานในแนวดิ่งด้วย

จากจุดและเส้นอ้างอิงต่างๆเหล่านี้ประกอบเข้ากับวิธีการเขียนทัศนียภาพแบบเส้นทำให้สามารถถ่ายทอดลักษณะรูปทรงของสิ่งที่อยู่ในความนึกคิดออกมาได้เป็นภาพสามมิติที่อยู่บนระนาบโดยมีที่มาจากรูปสองมิติของสิ่งนั้นซึ่งได้แก่ รูปผังพื้น และรูปด้าน หรือรูปตัด แต่ทว่าได้มีบางกรณีที่มีแต่ภาพที่เป็นสามมิติบนระนาบอยู่เดิมแล้วต้องการที่จะได้ภาพของสิ่งนั้นในลักษณะที่เป็นภาพสองมิติ คือ ผังพื้น และรูปด้าน หรือรูปตัด เพื่อต้องการทราบขนาดและระยะต่างๆของสิ่งนั้น เพราะจากภาพสองมิติบนระนาบนั้นทำให้หาขนาดและระยะจริงต่างๆได้จากอัตราส่วนของระยะจริงกับระยะบนระนาบหรือกระดาษที่เขียนภาพลงไปได้โดยตรง โดยส่วนมากภาพสามมิติที่มีอยู่ทีแรกมักจะได้มาจากภาพถ่ายของสิ่งนั้นๆ และกรณีดังกล่าวนี้เป็นกรณีที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เราไม่สามารถเข้าไปจับต้องเพื่อทำการวัดหาระยะและขนาดของสิ่งนั้นหรือสถานที่นั้นได้โดยตรง หรือได้มีการถูกทำลายเกิดความเสียหาย ชำรุดทรุดโทรมไปมาก เช่นจากเหตุการณ์ไฟไหม้ หรือจากความเสียหายหลังสงครามเป็นต้น ดังนั้นการซ่อมแซมหรือสร้างใหม่ที่ไม่สามารถหาแบบก่อสร้างคงเหลือไว้เฉพาะภาพถ่าย ได้มีการนำหลักการเขียนภาพทัศนียภาพย้อนขั้นตอนกลับออกมาจากภาพสามมิติให้ได้มาซึ่งรูปภาพสองมิติ ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า “Analyses of Finished Perspectives” [8]หรือขอกล่าวว่า หลักทฤษฎีวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ โดยเมื่อมีการนำหลักการนี้ไปใช้นั้นเปรียบเสมือนว่าเป็นการทำการวัดระยะโดยอ้อมชนิดหนึ่ง

แต่จากการศึกษาถึงหลักทฤษฎีวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพนั้นในทางปฏิบัติได้มีขั้นตอนต่างๆหลายขั้นตอน เช่น การทำสำเนาภาพถ่าย การตีแนวเส้นขอบของสิ่งที่ต้องการในภาพเพื่อให้ได้แนวชัดเจน ตลอดจนการลากเส้นผ่านจุดที่หาได้

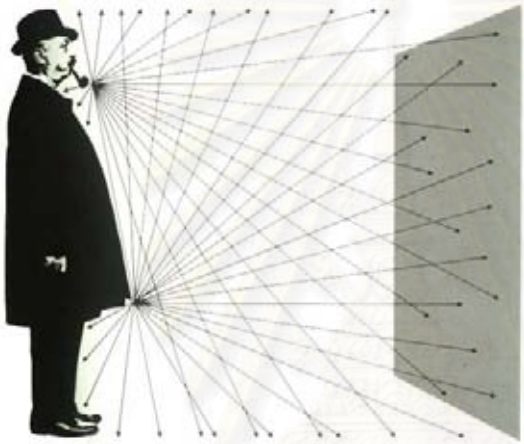
[8] Pile, John F. Perspective for interior designers. (New York : Watson-Guptill Publications, 1985), pp. 127-145.

เพื่อใช้หาหรืออ้างอิงแนวเส้นอื่นๆต่อไป แม้ว่าวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ซับซ้อนแต่ให้ผลได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้วิธีการนี้ยังคงได้รับความนิยมอยู่

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับเลนส์ (Lens)[9]

2.5.1 ทำไมถึงต้องการเลนส์

ดวงตาและกล้องถ่ายรูปสามารถที่จะรับภาพของวัตถุต่างๆได้ต้องอาศัยแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้นแล้วสะท้อนเข้าตาหรือกล้องถ่ายรูป แต่จากหลักการสะท้อนแสงคือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนจึงทำให้แสงที่สะท้อนจากวัตถุต่างๆเหล่านั้นเป็นแนวการสะท้อนที่เกิดขึ้นทุกทิศทุกทาง เพราะว่ารูปทรงและระนาบพื้นผิวของวัตถุต่างๆมีมุมที่แตกต่างกันดังตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 2.7

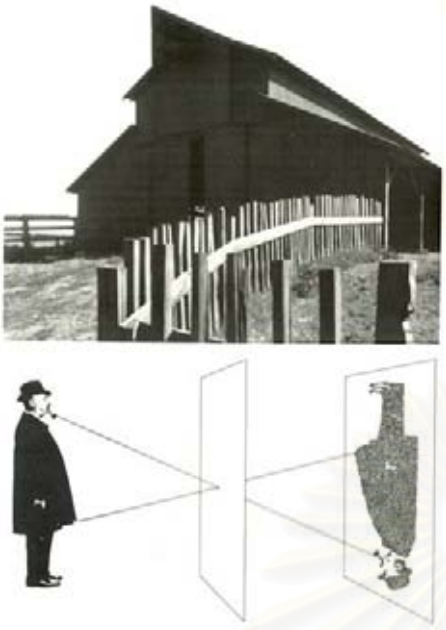


ภาพที่ 2.7 แสดงการสะท้อนแสงของวัตถุในทิศทางต่างๆ

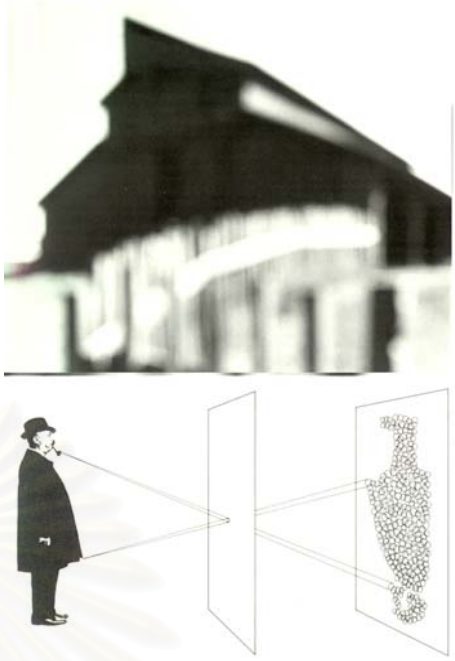
ดังนั้นดวงตาและกล้องถ่ายภาพจึงจำเป็นต้องมีองค์ประกอบหนึ่งที่ขาดไม่ได้คือ เลนส์เพื่อทำหน้าที่รวมแสงจำนวนมากไปรวมกันที่จุดหรือฉากรับภาพ แต่ก่อนที่เราจะนำเลนส์มาใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้มีการค้นพบว่ารูเล็กๆ สามารถที่จะรวมแสงทำให้เกิดภาพบนฉากรับได้จากเหตุการณ์ที่มีห้องๆหนึ่งภายในมีแสงสว่างสลัวๆและมีผนังด้านหนึ่งมีรูเล็กๆ ปรากฏว่าผนังด้านตรงข้ามกับผนังที่มีรูเล็กๆนั้นได้มีภาพของภายนอกห้องปรากฏอยู่โดยจากแสงที่ผ่านรูเล็กจากด้านนอกผ่านเข้ามา ซึ่งจากเหตุการณ์นี้เป็นที่มาของหลักการของกล้องรูเข็มนั่นเองดังภาพที่ 2.8 แต่อย่างไรก็ตามหลักการของการใช้รูเล็กๆนั้นก็มีข้อจำกัดคือแสงก็ลอดผ่านเข้ามาได้น้อยเช่นกันแต่ถ้าขยายรูให้มีขนาดใหญ่ขึ้นภาพที่ได้ก็จะมัวเพราะแนวของแสงได้มีลักษณะที่เหลื่อมซ้อนกันตามลักษณะดังภาพที่2.9

---

[9] Barbara Upton and John Upton, Photography, (Canada : Brown and Company (Canada) Ltd., 1976), pp. 61-89.

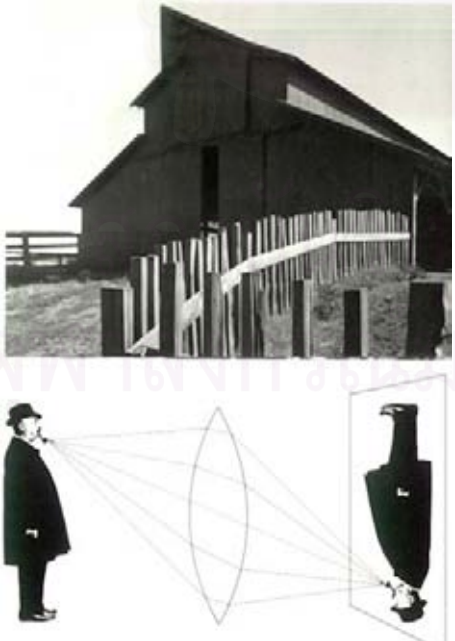


ภาพที่ 2.8 แสดงการใช้รูเล็กๆรวมแสง



ภาพที่ 2.9 แสดงภาพที่มัวเมื่อขยายรูรวมแสง

เมื่อราว 400 ปีก่อน Daniele Barbaro ได้พยายามลองใช้เลนส์นูนเข้ามาประกอบในหลักการนี้ซึ่งนับได้ว่าเป็นการค้นพบที่สำคัญเนื่องจาก เลนส์นูนสามารถแก้ปัญหาแนวของแสงที่ซ้อนเหลื่อมกันเมื่อมีการขยายรูให้ใหญ่ขึ้นเพื่อรับแสงมากขึ้นได้เพราะการทำงานของเลนส์นูนทำให้แสงที่ส่องผ่านเข้ามาทางรูนั้นเกิดการรวมกันเมื่อแสงได้ผ่านเลนส์ไปรวมกันที่ฉากรับภาพซึ่งภาพที่ปรากฏมีความคมชัดและมีการไล่ระดับของสีและแสงเงา ดังในภาพที่ 2.10



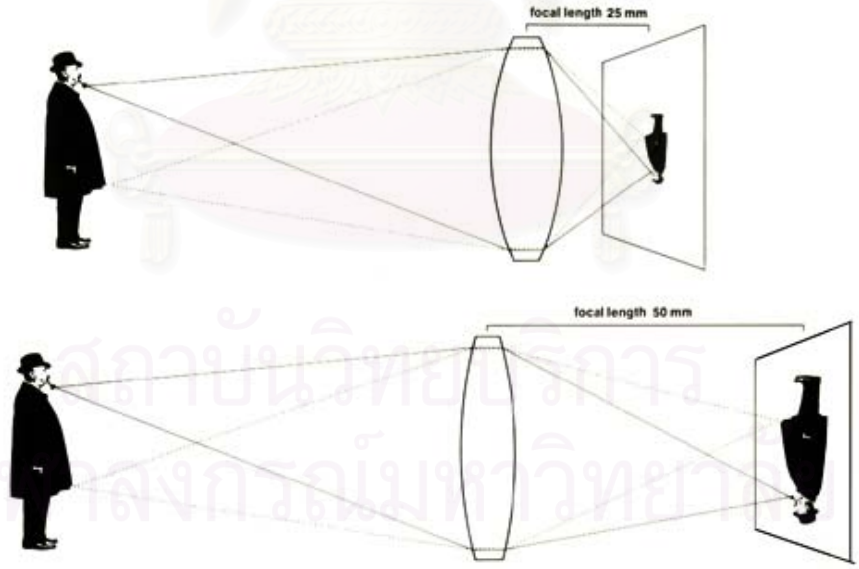
ภาพที่ 2.10 แสดงการใช้เลนส์นูนรวมแสง

จากการค้นพบดังกล่าวถือเป็นจุดกำเนิดการประดิษฐ์คิดค้นกล้องถ่ายรูปขึ้นมาโดยหลักการสำคัญคือการนำเลนส์นูนลักษณะที่มีความหนาตรงกลางมากกว่าที่ขอบมาทำหน้าที่รวมแสงจำนวนมากๆจากรูรับแสงเล็กๆเพื่อให้แสงรวมไปยังฉากรับซึ่งได้คิดค้นให้สามารถบันทึกภาพได้ซึ่งก็คือแผ่นฟิล์มนั่นเอง

2.5.2 **ระยะภาพของเลนซ์** (Lens Focal Length)

นับจากกล้องถ่ายภาพได้ถูกคิดค้นขึ้น การที่จะบอกถึงลักษณะของเลนซ์ที่ใช้กับกล้องถ่ายรูปนั้นได้นิยมเรียกกันตามระยะภาพของเลนส์ หรือ"Focal Length" นั่นเองซึ่งระยะภาพนี้คือระยะห่างระหว่างตัวเลนส์กับระนาบที่ใช้เป็นฉากรับภาพที่ทำให้เกิดภาพที่เกิดขึ้นบนฉากนั้นมีความคมชัดที่สุด โดยมีการเรียกดังตัวอย่างเช่น กล้องเลนส์ 25mm หรือกล้องเลนส์ 50mm เป็นต้น แต่บางครั้งสามารถเรียกในอีกลักษณะหนึ่งได้ตามการเปรียบเทียบของระยะภาพของเลนส์ได้แก่ เลนส์แบบสั้น (Short lens) เลนส์แบบปกติ (Normal lens) และเลนส์แบบยาว (Long lens)

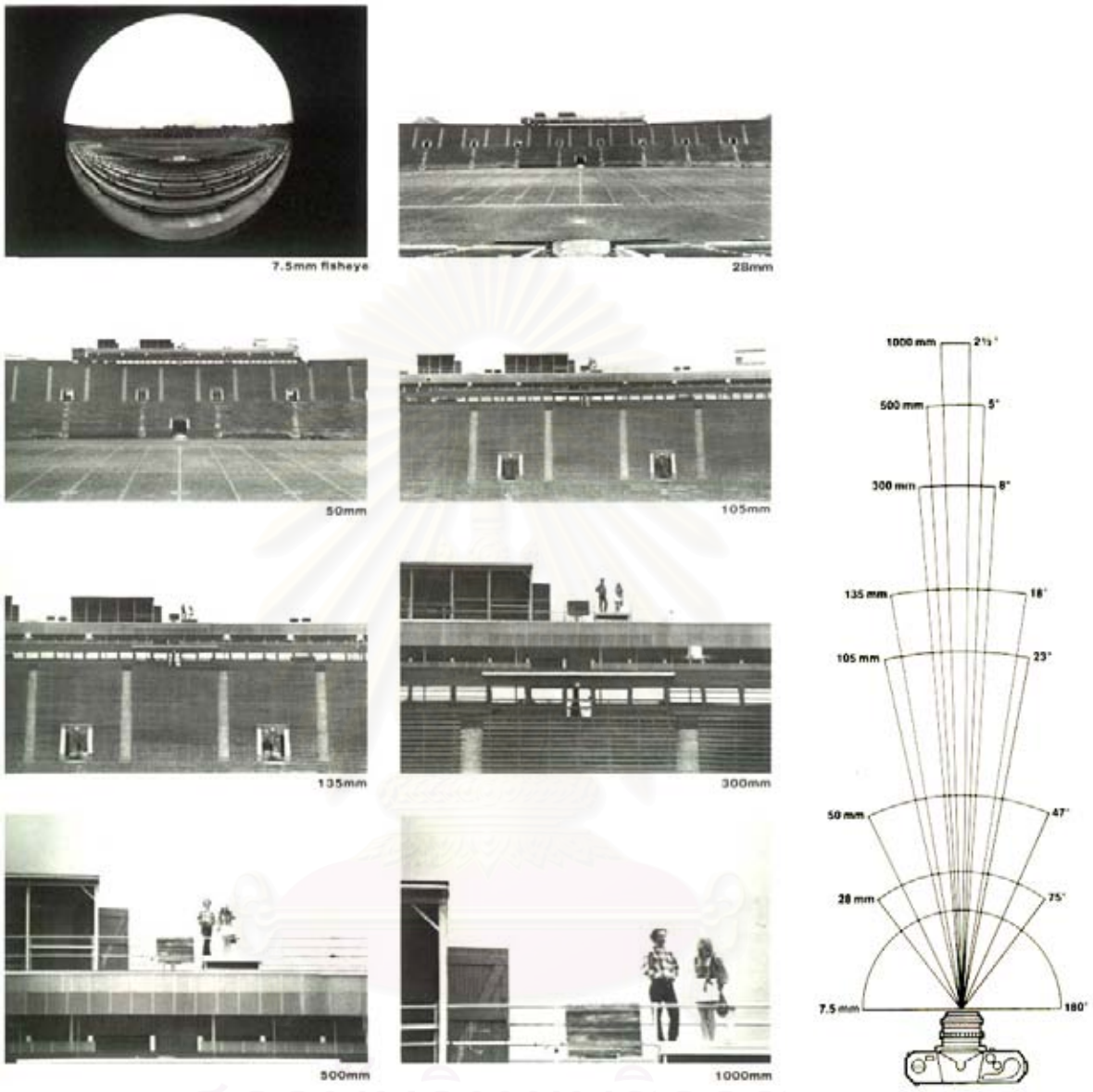
ระยะภาพของเลนส์ (Lens Focal Length) มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวกำหนดขนาดความใหญ่เล็กของภาพที่ปรากฏบนฉากรับภาพที่มีลักษณะย่อหรือขยายตามสัดส่วนของภาพตามตัวอย่างดังในภาพที่ 2.11คือภาพบนมี Lens Focal Length 25 mm และภาพล่างมี Lens Focal Length 50 mm ภาพที่ปรากฏบนฉากของภาพล่างมีขนาดใหญ่กว่าของภาพบนเป็น 2 เท่า



ภาพที่ 2.11 แสดงความแตกต่างของขนาดภาพที่เกิดจากเลนส์ที่มีระยะภาพต่างกัน

ดังนั้นการใช้เลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal length) แตกต่างกันภาพที่ปรากฏบนฉากรับย่อมมีขนาดใหญ่เล็กแตกต่างกัน แต่จากหลักการนี้ในกล้องถ่ายรูปมาตรฐานทั่วไปได้ใช้ฟิล์มสำหรับ

บันทึกภาพมีขนาดกว้างและยาวเท่ากันจึงทำให้เมื่อมีการถ่ายภาพด้วยเลนส์ที่มีระยะภาพสูงๆทำให้เราได้ภาพขนาดใหญ่แต่พื้นที่ที่จะเห็นภาพนั้นมีมุมมองภาพแคบลงตามตัวอย่างในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แสดงภาพถ่ายที่เกิดจากการใช้เลนส์ที่มีระยะภาพแบบต่างๆ

2.5.3 **เลนส์แบบปกติ** (The Normal Lens)

เลนส์แบบปกติคือเลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal length) ที่ทำให้ภาพไปปรากฏที่ฉากรับคือแผ่นฟิล์มที่มีขนาดมาตรฐานแล้วได้ภาพที่ชัดเจนมีมุมของภาพประมาณ 50 องศา ที่ใกล้เคียงกับการเห็นด้วยตาเปล่า โดยเลนส์แบบปกตินี้จะมีความยาวของระยะภาพ (Focal length) ยาวใกล้เคียงกับเส้นทแยงมุมของขนาดของแผ่นฟิล์มมาตรฐาน ตามลักษณะในภาพที่ 2.13 คือเส้นจุดไข่ปลาคือระยะภาพ (Focal length) และเส้นประคือเส้นทแยงมุมของฟิล์ม ดังนี้

ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะเลนส์แบบปกติ (The Normal Lens)

สำหรับฟิล์มมาตรฐานขนาด 35 ม.ม. วัดความยาวของเส้นทแยงมุมได้ 43 ม.ม. ดังนั้นในภาพถ่ายนี้ได้ใช้เลนส์ที่ปรับให้ระยะภาพเป็น 43 ม.ม. จึงนับได้ว่าเป็นภาพที่ถ่ายจากเลนส์แบบปกติ ดังนั้นในกล้องถ่ายรูปทั่วไปจึงได้ติดตั้งอุปกรณ์ชุดของเลนส์ให้สามารถปรับระยะภาพได้ตั้งแต่ 35 ม.ม.ถึง 50 ม.ม. เป็นมาตรฐาน

2.5.4 **เลนส์แบบยาว** (The Long Lens)

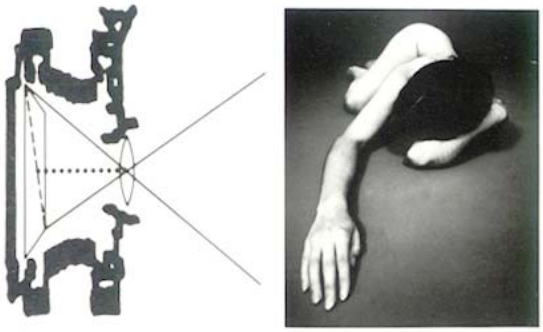
เลนส์แบบยาวคือเลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal length) มีความยาวยาวกว่าความยาวของเส้นทแยงมุมของแผ่นฟิล์มมาตรฐาน ตามลักษณะในภาพที่ 2.14 คือเส้นจุดไข่ปลาคือระยะภาพ (Focal length) และเส้นประคือเส้นทแยงมุมของฟิล์ม ดังนี้

ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะเลนซ์แบบยาว (The Long Lens)

ภาพถ่ายที่ได้มีลักษณะที่เห็นบิดเบือนไปจากลักษณะที่เห็นจากตาเปล่าดังในรูปด้านขวาสุด

2.5.5 **เลนส์แบบสั้น** (The Short Lens)

เลนส์แบบสั้นคือเลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal length) มีความยาวน้อยกว่าความยาวของเส้นทแยงมุมของแผ่นฟิล์มมาตรฐาน ตามลักษณะในภาพที่ 2.15 คือเส้นจุดไข่ปลาคือระยะภาพ (Focal length) และเส้นประคือเส้นทแยงมุมของฟิล์ม ดังนี้



ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะเลนส์แบบสั้น (The Short Lens)

ภาพถ่ายที่ถ่ายจากเลนส์ชนิดนี้จะสามารถเก็บภาพได้มุมกว้างกว่าการใช้เลนส์แบบปกติแต่สัดส่วนของภาพที่ได้จะมีลักษณะที่เห็นบิดเบือนไปจากลักษณะที่เห็นจากตาเปล่าเช่นช่วงท่อนแขนของนางแบบในภาพมีความยาวกว่าความเป็นจริง

2.5.6 **เลนส์แบบพิเศษ** (Special-Purpose Lenses)

ในการถ่ายภาพบางโอกาสมีความจำเป็นต้องอาศัยลักษณะของเลนส์แบบพิเศษเพื่อให้สามารถถ่ายภาพได้ตามวัตถุประสงค์โดยได้มีการประดิษฐ์เลนส์แบบพิเศษได้แก่ เลนส์มาโคร หรือเรียกว่า เลนส์ไมโคร (Macro or Micro lens) เพื่อใช้ถ่ายภาพสิ่งของที่ระยะวัตถุน้อยมากๆ เช่นตัวอย่างในภาพที่ 2.16

ภาพที่ 2.16 แสดงภาพที่ถ่ายจากเลนส์มาโคร

หรือนอกจากนี้ยังมีเลนส์แบบพิเศษอีกชนิดหนึ่งคือเลนส์ที่มีชื่อเรียกว่า “Crystal-ball” เพื่อใช้ถ่ายภาพบริเวณกว้างๆให้มีลักษณะภาพโค้งเหมือนเป็นรูปทรงกลมตามตัวอย่างในภาพที่ 2.17

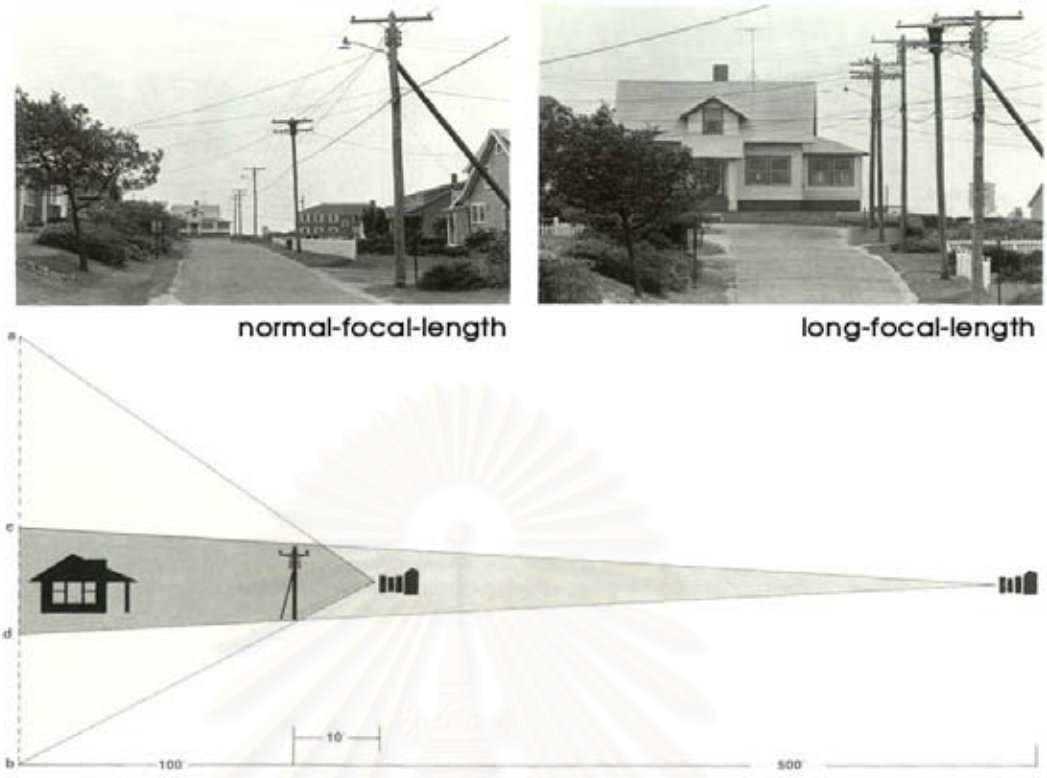
ภาพที่ 2.17 แสดงภาพที่ถ่ายจากเลนส์ “Crystal-ball”

2.5.7 เลนส์กับทัศนีภาพ

ภาพถ่ายที่ถ่ายจากเลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal Length) ต่างกันย่อมส่งผลให้ได้ภาพที่มีการบิดเบือน (Distortion) แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อได้เปรียบเทียบภาพที่ถ่ายกับหลักทางทัศนียภาพ (Perspective) แล้วพอจะได้ข้อสรุปว่าการที่ถ่ายภาพด้วยเลนซ์แบบยาวและแบบสั้นนั้นจะส่งผลให้ได้ภาพไม่เป็นไปตามหลักทางทัศนียภาพดังภาพตัวอย่างดังนี้

ภาพที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายภาพด้วยวิธีต่างๆกับหลักทางทัศนียภาพ

จากภาพได้แบ่งเป็นการถ่ายภาพเป็น 2 วิธีคือ วิธีที่ 1เป็นการถ่ายภาพให้ได้ ระยะใกล้ไกลแบบปรับที่ระยะภาพ (Focal Length) คือใช้เลนส์แบบสั้น ใช้เลนส์แบบปกติ และใช้เลนส์แบบยาว โดยที่ตำแหน่งกล้องในการถ่ายภาพทั้งสามเป็นตำแหน่งเดียวกันในการถ่ายภาพซึ่งได้ผลตามลำดับของภาพทั้งสามในแถวบนและวิธีที่ 2 คือการใช้เลนส์แบบปกติเท่านั้นในการถ่ายภาพโดยใช้การเปลี่ยนตำแหน่งของกล้องเป็นสามระยะคือไกล กลาง และใกล้แทน ผลที่ได้คือภาพทั้งหมดในแถวล่าง ซึ่งเมื่อสังเกตที่ภาพด้านขวาสุดของแถวบนและแถวล่างแล้วจะเห็นได้ชัดที่สุดว่าการใช้เลนส์แบบยาวถ่ายภาพได้มีขนาดใหญ่ซึ่งดูเหมือนอยู่ใกล้วัตถุ(แต่ไม่ได้เข้าไปใกล้วัตถุจริง)จะมีองค์ประกอบภาพไม่เป็นไปตามหลักทัศนียภาพเพราะจะเห็นได้ว่า ขนาดศีรษะของสตรีผู้นั่งอยู่นี้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของหมอนที่อยู่ด้านหลังที่อยู่ห่างออกไป แต่เมื่อพิจารณาภาพด้านขวาสุดของแถวล่างนั้นจะเห็นได้ว่าได้ภาพที่มีขนาดใหญ่เพราะมีการเคลื่อนที่เข้าไปใกล้วัตถุจริงโดยใช้เลนส์แบบปกติ แต่ขนาดศีรษะของสตรีผู้นั่งอยู่นี้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของหมอนที่อยู่ด้านหลังห่างออกไปที่เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนและก็มีความสอดคล้องกับหลักการทางทัศนียภาพ หรือในตัวอย่างถัดไปดังภาพที่ 2.19 จะเป็นการอธิบายถึงขนาดสัดส่วนและระยะที่มีความผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงในการใช้วิธีการถ่ายภาพด้วยเลนส์ที่มีระยะภาพแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.19 แสดงการเปรียบเทียบตามหลักทางทัศนียภาพของถ่ายภาพด้วยวิธีต่างๆกัน

จากภาพที่ 2.19 นี้เป็นภาพที่ถ่ายด้วยกล้องที่ใช้เลนส์ที่มีระยะภาพ (Focal length) แตกต่างกันคือ เลนส์แบบปกติ และเลนส์แบบยาว โดยจากภาพ บ้านหลังที่อยู่ด้านลึกสุดนั้นมีความสูงที่ใกล้เคียงกับเสาไฟและตำแหน่งกล้องอยู่หน้าเสาไฟต้นที่ใกล้ตาที่สุดเป็นระยะ 10 ฟุต และเสาไฟต้นนี้อยู่ห่างจากบ้านหลังนั้นเป็นระยะ 100 ฟุตซึ่งรวมกันแล้วบ้านอยู่ห่างจากกล้องเป็นระยะ 110 ฟุต ซึ่งถือได้ว่าบ้านอยู่ไกลกว่าเสาไฟจากกล้องถึง 11 เท่า ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพด้านซ้ายที่ถ่ายด้วยเลนส์แบบปกติ เสาไฟที่อยู่ใกล้ตามีความสูงกว่าความสูงของบ้านมาก และเสาไฟต้นอื่นที่มีความสูงเท่ากันก็มีความสูงในภาพลดหลั่นกันไปตามสัดส่วนความลึกของภาพตามหลักทางทัศนียภาพ แต่ทว่าทางภาพด้านขวาได้มีการใช้กล้องที่ใช้เลนส์แบบยาวถ่ายภาพทำให้ในภาพดูเหมือนว่าบ้านหลังนั้นได้อยู่ใกล้เข้ามาและเห็นว่าความสูงของบ้านและเสาไปเกือบจะมีความสูงที่เท่ากันแม้ว่ามันจะอยู่ห่างกันถึง 10 เท่าก็ตาม จากสิ่งที่เกิดขึ้นนี้เป็นข้อสรุปที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้เลนส์ที่มีระยะภาพไม่ปกติจะทำให้ได้ภาพที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริงของหลักทางทัศนียภาพ แต่อย่างไรก็ตามช่างภาพต่างๆได้อาศัยสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ในวัตถุประสงค์อื่นที่ไม่ต้องการให้ภาพมีความเป็นไปตามสภาพจริงของหลักทางทัศนียภาพ เช่นมักจะใช้กล้องที่มีเลนส์แบบสั้นถ่ายภาพห้องที่มีขนาดเล็กให้สามารถเก็บภาพได้มุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อทำให้ดูว่าห้องนั้นดูโอ่โถง เพื่อส่งเสริมการขายหรือใช้กล้องที่มีเลนส์แบบยาวถ่ายภาพภาพดังตัวอย่างเพื่อให้รู้สึกว่าบ้านอยู่ไม่ไกลจากถนนทางเข้าหลักมากนัก เป็นต้น

2.6 สรุปแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทำให้ได้ข้อสรุปว่า

1.ในการวัดหาระยะทางไม่ว่าจะเป็นแบบโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ตามยังคงเป็นวิธีการที่จำเป็นต้องใช้อยู่ในปัจจุบันแต่ขึ้นอยู่กับสถานการณ์หรือเงื่อนไขว่าในสภาพการณ์นั้นๆควรเลือกใช้วิธีใดหรือจำเป็นต้องใช้เฉพาะวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่นกรณีที่ต้องทำการวัดหาระยะโดยอ้อมเท่านั้นในสถานที่ๆไม่สามารถเข้าไปทำการวัดหาระยะโดยตรงได้ หรือบางกรณีเพียงต้องการรู้แค่ระยะโดยประมาณเพื่อนำไปใช้ในงานต่างๆ ดังนั้นการทำอย่างไรให้สามารถทำการวัดได้สะดวกที่สุดหรือประหยัดค่าใช้จ่าย และยังคงหาค่าต่างๆที่มีความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานนั้นๆจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณา

2.การถ่ายภาพนั้นได้มีบทบาทมากต่อการวัดหาระยะโดยอ้อม เช่น วิธีทาง Photogrammetry หรือการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ

3.ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายเป็นทฤษฎีหนึ่งที่สำคัญในการวัดหาระยะโดยอ้อมโดยการเทียบหาสัดส่วนความสัมพันธ์กันของระยะที่ทราบต่างๆ

4. ทั้งวิธีทาง Photogrammetry และการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ นี้ยังมีความไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้อยู่คือ ในส่วนของวิธีทาง Photogrammetry นั้นต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสูงมาก ต้องพึ่งผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญสูง มีขั้นตอนที่ซับซ้อนและได้มุ่งเน้นไปที่การขึ้นรูปทรงทางสามมิติเพื่อไว้ใช้หาระยะทำให้มีวัตถุประสงค์เกินไปจากความต้องการที่แค่ต้องการเพียงทราบเฉพาะระยะเท่านั้น ตลอดจนมักจะเลือกใช้งานด้วยวิธีทาง Photogrammetry เฉพาะงานที่มีค่าใช้จ่ายสูงมากๆถ้าได้ทำการวัดหาระยะโดยตรง ส่วนการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพ นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของการลงมือปฏิบัติคือต้องลากและหาจุดอ้างอิงต่างๆจำนวนมากซึ่งในแต่ละภาพต้องใช้ความละเอียดอ่อนและเวลานานพอสมควรจึงจะแล้วเสร็จ

5.การถ่ายภาพนั้นต้องคำนึงการใช้เลนส์ให้มีคุณลักษณะที่ทำให้ได้ภาพถ่ายมีความเป็นไปตามหลักทางทัศนียภาพไม่ผิดเพี้ยนไป คือการใช้เลนส์แบบปกติ

ถึงแม้ว่าจากข้อสรุปนี้ได้ชี้ให้เห็นส่วนที่สอดคล้องและความไม่สอดคล้องของทฤษฎีต่างๆที่ได้ศึกษากับวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ในบางประการ ทำให้เห็นข้อจำกัดอยู่บ้าง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถหาสิ่งทดแทนหรือดัดแปลงวิธีการได้ไม่ยาก โดยในปัจจุบันได้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการขึ้นรูปทรงสามมิติพื้นฐานต่างๆได้อย่างสะดวกรวดเร็วพร้อมทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนขนาดหรือตำแหน่งมุมมองต่างๆได้ และยังมีเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่สามารถจะสร้างและปรับรูปทรงสามมิติต่างๆได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นจากทฤษฎีต่างๆและการที่จะนำคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยทำในสิ่งที่เห็นว่าเป็นข้อจำกัดของสิ่งที่ศึกษามาจึงทำให้เกิดแนวคิดใหม่ที่จะใช้ในการดำเนินงานวิจัยนี้คือ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจะได้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหาระยะจากภาพถ่าย เพื่อลดขั้นตอนของวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยหลักทางทัศนียภาพที่ต้องมีการลากเส้นและกำหนดจุดต่างๆมากมาย และดัดแปลงแนวคิดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทาง Photogrammetry ให้มีการใช้งานได้ง่ายขึ้นและตรงเฉพาะจุดที่ต้องการทราบแค่เพียงระยะเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎีของสามเหลี่ยมคล้ายในการเทียบหาระยะจริงตามขนาดสัดส่วนของรูปทรงสามมิติที่สร้างขึ้นมาเป็นทฤษฎีหลักประกอบงานวิจัยด้วย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่างๆทั้งหมดนี้เป็นการทำให้ทราบถึงเทคโนโลยีและองค์ความรู้ในสภาวะปัจจุบัน เมื่อประกอบกับการนิยามปัญหา และวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้จึงได้ผสมผสานและก่อให้เกิดแนวความคิดใหม่ที่ใช้เป็นหลักในการทำวิจัยนี้โดยรายละเอียดของแนวความคิดในงานวิจัยนี้ได้แสดงไว้อย่างละเอียดในบทถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แนวความคิด และขั้นตอนการสร้างและพัฒนาโปรแกรม

3.1 แนวความคิดในการสร้างและพัฒนาโปรแกรม

ได้มีการสร้างรูปทรงสามมิติพื้นฐานวางซ้อนทาบลงบนภาพของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการหาระยะ โดยรูปทรงที่สร้างไว้นี้สามารถปรับขนาด ปรับการบิดเอียง ปรับมุมมอง เป็นมุมต่างๆ และปรับย้ายตำแหน่ง ในทิศทางทั้งแกน X แกน Y และแกน Z ได้ เพื่อจะได้ใช้ในการปรับลักษณะและค่าต่างๆของรูปทรงนี้ให้เป็นไปตามตำแหน่งจุดมองของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพและขนาดของห้องในภาพให้พอดีกันได้ แทนวิธีของหลักการทางทัศนียภาพที่จะต้องมีการลากเส้นมากมายไปยังจุดอ้างอิงต่างๆเพื่อใช้หามุมมองที่ตรงกับภาพถ่าย ผังพื้น รูปด้าน และระยะ ตามลำดับ นับเป็นการลดขั้นตอนที่ซับซ้อนและทำให้เกิดความคล่องตัวในการทำงานมากขึ้น

จากนั้นได้มีแนวความคิดว่า ต้องการให้โปรแกรมสามารถรายงานค่าต่างๆของรูปทรงนี้ที่ผู้ใช้งานต้องการแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ เช่น ระยะ หรือขนาดของรูปทรงในแกนต่างๆ โดยตัวเลขที่รายงานจะมีการเปลี่ยนแปลงทันทีที่มีการปรับเพิ่มหรือลดค่าต่างๆ เช่น มีการปรับขนาดหรือมีการย้ายตำแหน่งของรูปทรงนี้

นอกจากการสร้างรูปทรงพื้นฐานไว้เทียบกับรูปทรงของห้องในภาพเพื่อหาขนาดของห้องในภาพแล้วยังได้มีแนวความคิดที่จะวัดหาระยะของสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในห้องในภาพโดยการสร้างระนาบ 3 ระนาบในทุกแกนไว้เพื่อใช้ระนาบของแกนนั้นๆเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนที่ต้องการทำการวัด โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดให้ปลายด้านหนึ่งของระนาบไปตรงกับจุดเริ่มต้นของสิ่งที่ต้องการทราบระยะและจากนั้นให้ปรับขนาดของระนาบนั้นออกไปให้ปลายอีกด้านของระนาบสุดพอดีกับปลายของสิ่งที่ต้องการวัดหาระยะเพื่อให้โปรแกรมรายงานค่าที่ได้จากระยะระหว่างปลายทั้งสองด้านของระนาบที่ผู้ใช้งานกำลังใช้งานอยู่นี้ แล้วจึงมีการเทียบหาค่าจากตัวเลขที่ได้โดยใช้วิธีการของสามเหลี่ยมคล้ายให้ได้ขนาดจริงออกมาตามที่ต้องการ โดยที่มาของแนวความคิดนี้ได้มาจากหลักการของการลากเทปวัดโดยปกติซึ่งก็คือการกำหนดปลายด้านหนึ่งของเทปไปวางในจุดเริ่มต้นแล้วดึงลากเทปไปตามแนวระนาบที่ต้องการวัดหาระยะและอ่านค่าที่ได้จากปลายอีกด้านของเทปวัดนั่นเอง

3.2 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาโปรแกรม

3.2.1 การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม

ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมและใช้สำหรับสร้างรูปทรงในลักษณะของภาพกราฟิก 3 มิติ อยู่มากมายโดยที่มีลักษณะและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาเลือกใช้เครื่องมือสำหรับสร้างรูปทรง 3 มิติเป็นอันดับแรกเพราะเนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้มีเนื้อหาหลักเกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปและการปรับค่าตัวแปรต่างๆของรูปทรงสามมิติ แล้วจึงค่อยเลือกเครื่องมือที่จะเป็นตัวดำเนินการชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับการสร้างรูปทรงสามมิติของเครื่องมือที่ได้เรียกไว้ในแรกเป็นลำดับต่อมา ทั้งนี้ได้เลือกใช้ ไลบรารี OpenGL (Open Graphic Library) ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท ซิลิกอน กราฟฟิก อิงค์ จำกัด (Silicon Graphics, Inc.) มาเป็นเครื่องมือตัวหลักในการสร้างวัตถุและองค์ประกอบต่างๆขึ้นมา และได้ใช้ชุดคำสั่งของ ไลบรารีGLUT ในการแสดงผลออกมาทางจอภาพทั้งหมด โดยใช้ 2 ไลบรารีนี้ทำงานร่วมกับบนภาษา C++ เพราะทั้ง 2 ไลบราลี่นี้สามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดีและสามารถเรียนรู้และใช้งานได้อย่างไม่ยากเกินไปนักเนื่องจากเป็นระบบเปิดมีแหล่งความรู้มากมายโดยคุณลักษณะเด่นๆจะขอกล่าวแยกในหัวข้อถัดไป และสำหรับภาษา C++ นั้นเป็นหนึ่งในภาษา C และยังเป็นภาษาแบบเชิงวัตถุ (Object Oriented) ที่เหมาะสมสำหรับใช้สร้างโปรแกรมแอปพลิเคชั่น (Application) ให้มีประสิทธิภาพได้อย่างหลากหลาย เพราะภาษา C++ มีการตรวจสอบความผิดพลาดให้เองหากพบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นนับว่ามีความสะดวก ง่ายต่อการใช้งาน มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง และมีความสามารถในการสนับสนุนไลบรารีหลายตัว พร้อมทั้งมีคอมไพเลอร์ (Compiler) ให้ใช้บนเครื่องส่วนบุคคล (PC ; Personal Computer)ไว้ให้ด้วยซึ่งสามรถไว้ลองทดสอบใช้งานโปรแกรมแอปพลิเคชั่น (Application) ที่สร้างไว้ได้ทันที

3.2.1.1 **ความเป็นมาของ** OpenGL

ไลบรารี OpenGL มีต้นกำเนิดมาจาก IRIS GL ของบริษัท ซิลิคอน กราฟิก อิงค์ จำกัด (Silicon Graphics, Inc.) IRIS GL นั้นเป็นระบบปิด เพราะทำงานภายใต้คอมพิวเตอร์ IRIS Graphics Workstation แต่ทางบริษัทซิลิคอนกราฟิกนั้น มีความพยายามที่จะให้แพลตฟอร์มไหนก็ได้สามารถใช้ไลบรารีของบริษัท ผลที่ได้ก็คือ การออกแบบไลบรารีอีกตัวหนึ่งที่เป็นระบบเปิด ซึ่งก็คือ ไลบรารี OpenGL นั่นเอง

ไลบรารี OpenGL (Open Graphic Library) คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้อินเตอร์เฟส กับฮาร์ดแวร์กราฟฟิก (จอภาพกับการ์ดจอภาพ) อินเตอร์เฟสจะ

ประกอบด้วยโพรซีเจอร์ และฟังก์ชั่นอีกนับร้อยๆ ชุด ซึ่งอนุญาตให้นักเขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิกที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะในการสร้างภาพสามมิติ (3 Dimension) ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว OpenGL จะระบุว่าการ์ดจอภาพที่ใช้ควรจะประกอบด้วยเฟรมบัฟเฟอร์ (Frame Buffer) ซึ่งจะใช้เมื่อนำภาพบิตแม็พ (Bitmap) เข้ากับรูปโพลีกอน (Polygon) หรือการทำการวาดรูปโดยการใช้เส้นหรือเส้นโค้งให้ราบเรียบ (Anti-aliasing) เป็นต้น OpenGL เป็นสภาพแวดล้อมที่เยี่ยมในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น(Application) 2 มิติ และ3 มิติ ตั้งแต่ที่ได้เริ่มแนะนำ OpenGL ในปี พ.ศ. 2534 OpenGL และก็กลายเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม และได้รับการยอมรับทั่วไปในการสร้างกราฟฟิก 3 มิติ โดยเฉพาะงานด้านวิศวกรรม, งานด้านการแพทย์, และงานที่ต้องการคุณภาพกราฟฟิกระดับสูง โดย OpenGL มีลักษณะเด่นสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

3.2.1.2 **ลักษณะเด่นของ OpenGL**

1. OpenGL ถูกจัดการหรือบริหารโดยสมาคมอิสระซึ่งเป็น ARB (Architecture Review Board) โดยมีคณะกรรมการส่วนหนึ่งมาจาก SGI (Silicon Graphic Inc.) และจากไมโครซอฟต์ (Microsoft) ซึ่ง ARB (Architecture Review Board) มีหน้าที่แนะนำรายละเอียด OpenGL ต่างๆ ด้วยการสนับสนุนของคณะกรรมการ OpenGL จึงเป็นระบบเปิดอย่างแท้จริง (มาตรฐานกราฟฟิกที่ทำงานได้หลายๆแพลตฟอร์ม)

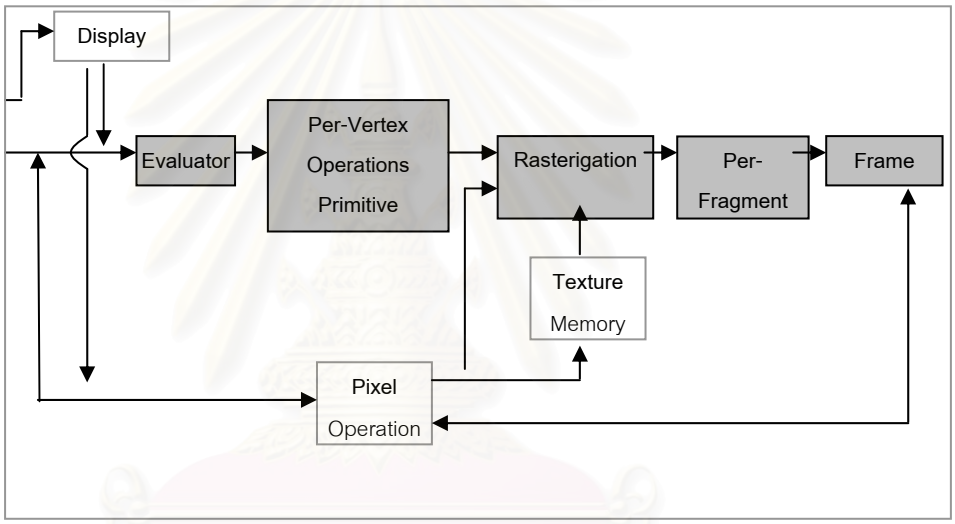
2. มีความเสถียรภาพเนื่องจาก OpenGL ได้มีการใช้มานานกว่า 9 ปีแล้ว รายละเอียดของ OpenGL ถูกควบคุมโดยสมาคมอิสระ และมีการปรับปรุงพัฒนาข้อมูลพร้อมทั้งการประกาศสู่สาธารณชนสำหรับนักพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อรับทราบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรายละเอียด

3. มีความเชื่อถือได้และย้ายไปไหนก็ได้ ทุกแอปพลิเคชั่น (Application) ที่ใช้ OpenGL สร้างภาพที่ยังคงเหมือนเดิมซึ่งเป็นผลมาจากฮาร์ดแวร์กราฟิกที่เข้ากันได้กับ OpenGL โดยไม่คำนึงถึงระบบปฏิบัติการหรือระบบวินโดวส์ (Windows) ต่างๆ แอปพลิเคชั่น (Application) ที่ใช้ OpenGL สามารถทำงานได้ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก, คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC; Personal Computer), คอมพิวเตอร์เวอร์กสเตชั่น (Workstation) ไปจนถึง เครื่องซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (Super Computer) ผลลัพธ์ก็คือ แอปพลิเคชั่น (Application) สามารถขยายไปยังคอมพิวเตอร์ระดับใดๆ ก็ได้

4. มีความง่ายต่อการใช้งาน OpenGL มีคำสั่งต่างๆมากมายที่ได้ถูกจัดโครงสร้างเป็นอย่างดี และถูกหลักตรรกศาสตร์ทำให้มีความง่ายต่อการเข้าใจและการนำมาใช้งาน

3.2.1.3 **การทำงานของ OpenGL**

ในการทำงานสร้างภาพโดยใช้ไลบรารี OpenGL จะใช้ Rendering Context (RC) แทน Device Context (DC) แต่อย่างไรก็ตาม Rendering Context (RC) ก็ยังต้องผ่าน Device Context (DC) อีกครั้งก่อนที่จะแสดงภาพบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 การทำงานของ OpenGL

จากรูปที่ 3.1 คำสั่งจะเข้า OpenGL ทางด้านซ้ายมือ บางคำสั่งระบุรูปทรงเราขาคณิตที่จะถูกวาด ในขณะที่คำสั่งอื่นๆควบคุมรูปทรงเรขาคณิต หรือออปเจ็กต์ (Object) อื่นที่ถูกจัดการโดยวิธีหลายๆขั้นตอน คำสั่งส่วนใหญ่จะถูกสะสมไว้ใน Display list เพื่อทำตามกระบวนการของ OpenGL ในภายหลัง มิฉะนั้นแล้วคำสั่งจะถูกส่งอย่างมีประสิทธิภาพตลอดไปตามกระบานการตามลูกศร

ขั้นตอนแรก (Evaluator) จะให้ความหมายประสิทธิภาพสำหรับการประมาณ เส้นโค้งและพื้นผิวเรขาคณิตโดยการหาค่าฟังก์ ชั่นโพลิโนเมียน (Polynomial Function) ของค่าที่รับเข้ามา

ขั้นตอนต่อไป (Per-Vertex Operations Primitive Assembly) ที่จะทำคือทำรูปทรง Primitive เรขาคณิต (เช่นรูปทรงสี่เหลี่ยมสองมิติ) ซึ่งถูกวาดด้วยจุดยอดต่างๆ (Vertices) เช่น จุด, ส่วนของเส้น (Line segment) และรูปทรงหลายเหลี่ยม (Polygon) ในขั้นตอนนี้จุดยอดต่างๆ จะถูกแปลงและถูกให้แสง และรูปทรง Primitive ต่างๆ จะถูกรวมเพื่อให้เห็นเป็นรูปทรงปริมาตร ซึ่งจะเตรียมการไว้สำหรับขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอน Rasterizer จะสร้างชุดของ Address Frame Buffer และค่าต่างๆ ด้วยการใช้การวาดรูป 2มิติของจุดส่วนของเส้นหรือรูปหลายเหลี่ยม แต่ละ Fragment ของรูปที่สร้างขึ้นจะถูกป้อนไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำการปฏิบัติต่อ Fragment เดียวซึ่งเรียกว่า Per-Fragment Operation ส่วน Per-Fragment Operation เป็นส่วนก่อนสุดท้ายมีหน้าที่กระทำกับข้อมูล ก่อนที่จะถูกบันทึกเป็นพิกเซล (Pixel) ไว้ในส่วน Frame Buffer ซึ่งเป็นส่วนท้ายสุด

จากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการไม่จำเป็นต้องเข้าที่ส่วน Evaluator แต่จะมีวิธีการหลีกเลี่ยงไปยังส่วน Pixel Operation และส่งต่อไปยังส่วน Per-Fragment Operation โดยตรง ถ้าเป็นภาพ (Image) ในที่สุดแล้วเป็นสาเหตุให้ส่วนของพิกเซล (Pixel) ต่างๆ ถูกบันทึกลงใน Frame Buffer หรือถูกคัดลอก จากส่วนหนึ่งของ Frame Buffer ไปยังส่วนอื่นๆอีกด้วย การโอนย้ายเหล่านี้จะรวมบางรูปแบบของการเข้ารหัสหรือการถอดรหัส การเรียงลำดับตามลูกศรนี้มีความหมายเฉพาะเมื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับอธิบาย OpenGL ไม่ใช่กฎตายตัวของวิธีการที่ OpenGL ถูกสร้าง และเราจะแสดงเฉพาะเมื่อหมายถึงเพื่อจัดการการทำงานหลายๆอย่างของ OpenGL รูปทรง เรขาคณิต หรือวัตถุ เช่น ผิวโค้ง จะถูกแปลงก่อนที่จะถูกเปลี่ยนเป็นรูปหลายเหลี่ยม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

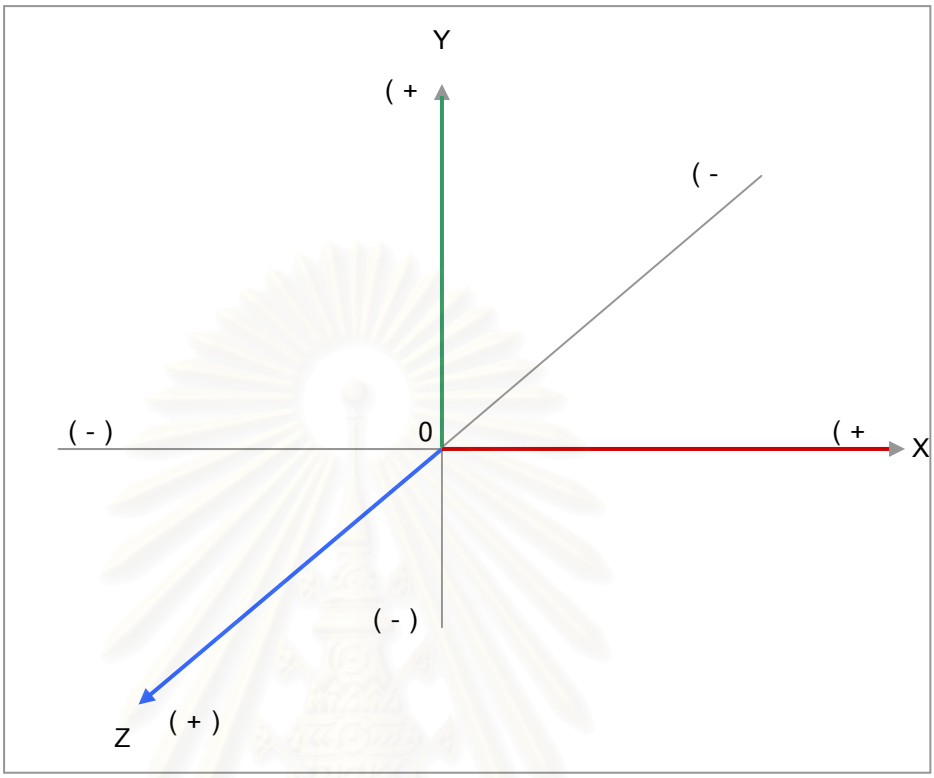
3.2.1.4 **ศัพท์และพิกัดของกราฟิก 3 มิติ โดยไลบรารี** OpenGL

ในการสร้างกราฟิก 3 มิตินั้นมีความซับซ้อนมากและนอกจากการสร้างขึ้นมาแล้วยังต้องมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนวัตถุด้วย เช่นการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง การแปลงจุดพิกัด การปรับขนาดในด้านต่างๆ การหมุนวัตถุ และการจัดมุมมอง เป็นต้น ซึ่งทั้งนี้ได้มีคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังที่แสดงรายละเอียดได้ ดังนี้

คำศัพท์	ความหมาย
Primitive	เป็นรูปหลายเหลี่ยมในสองมิติ ซึ่งนิยามนี้กำหนดโดย OpenGL วัตถุและภาพกราฟิกทั้งหมดมาจากการรวมกันของ Primitive หลายๆ Primitive
Perspective	เป็นโหมดการวาดภาพที่ซึ่งวัตถุไกลกว่าจากผู้มอง จะปรากฏเป็นวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า คำสั่งที่เกี่ยวข้องหลักๆ คือ gluPerspective, gluLookAt, glViewport, glMatrixMode, และ glLoadIdentity เป็นต้น
Transformation	เป็นการจัดการระบบพิกัดฉาก หรือโคออดิเนท โดยสามารถรวมไปถึงการหมุน (Rotation) การแปลง (Translation) การเปลี่ยนขนาดวัตถุ (Scaling) เป็นต้น
Translation	หมายถึง การเคลื่อนย้ายวัตถุ (โดยวัตถุยังคงรูปเดิม) จากโคออดิเนทหนึ่ง ไปยังอีกโคออดิเนทหนึ่ง โดยใจความสำคัญแล้ว คือ การย้ายวัตถุไปอยู่ตำแหน่งใหม่ ภายในพื้นที่ คำสั่งที่ใช้คือ glTranslatef
Scaling	หมายถึง การเปลี่ยนขนาดของวัตถุ ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้ทุกแกน คือ แกนX, แกนY และ แกนZ หรือแกนใดแกนหนึ่งก็ได้ โดยคำสั่งที่ใช้คือ glScalef

ตารางที่ 3.1 แสดงความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานกราฟิก 3 มิติของ OpenGL

สำหรับระบบโคออดิเนทที่ใช้ในไลบรารี OpenGL นั้น จะเป็นระบบโคออดิเนท แบบสายตา (Eye Coordinate) ดังรูปที่ 3.2

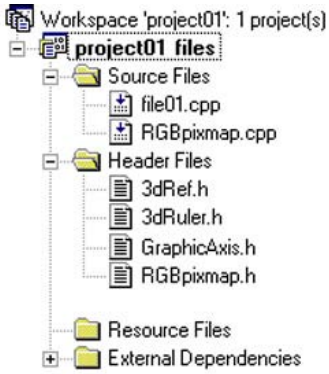


ภาพที่ 3.2 ระบบโคออดิเนทที่ใช้ใน OpenGL

ระบบโคออดิเนทสายตาจะเป็นจุดมองของผู้สังเกต โดยไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนรูปใดๆ ที่จะเกิดขึ้น คิดว่าเป็นเหมือนกับโคออดิเนทจอภาพเท่านั้น

3.2.2 การวางระบบโครงสร้างของโปรแกรม

การออกแบบวางระบบโครงสร้างของโปรแกรมมีการแยกส่วนการทำงานต่างๆ ออกเป็นลักษณะดังนี้ คือมีไฟล์หลัก (C++ Source File) ทำหน้าที่บรรจุชุดคำสั่ง และเรียกใช้คำสั่งต่างๆที่แบ่งออกตามหน้าที่ และได้มีการแบ่งบางชุดคำสั่งที่มีความซับซ้อนออกเป็นไฟล์ย่อย (Header File) และได้เขียนวัตถุต่างๆในโปรแกรมให้เป็นลักษณะของออปเจ็กต์ ที่มีคุณลักษณะ (Properties) และวิธี (Method) แยกออกเป็นไฟล์ย่อยๆ (Header File) ของวัตถุแต่ละตัว เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบและง่ายต่อการพัฒนาระบบ โดยสามารถแยกเป็นไฟล์หลัก (C++ Source File) และไฟล์ย่อย (Header File) ตามการใช้งานได้ตามแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของไฟล์ต่างๆของโปรแกรม

จากแผนภาพได้มีการแบ่งโครงสร้างของโปรแกรมออกเป็น ไฟล์หลัก (Source Files) และไฟล์ย่อย (Header Files) ซึ่งไฟล์หลักได้แก่ไฟล์ file01.cpp และ RGBpixmap.cpp ส่วนไฟล์ย่อย ได้แก่ ไฟล์ 3dRef.h 3dRuler.h และ RGBpixmap.h โดยแต่ละไฟล์ทำหน้าที่ต่างๆดังคำอธิบายในและไฟล์ได้ดังนี้

ไฟล์ File01.cpp ถือได้ว่าเป็นไฟล์หลักที่สำคัญที่สุดซึ่งประกอบด้วยชุดคำสั่งต่างๆที่มีหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. มีชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับกำหนดตัวแปรต่างๆและค่าตั้งต้นของตัวแปรเพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นของวัตถุต่างๆและค่าตั้งต้นของการควบคุมการทำงานโปรแกรมจากแป้นพิมพ์(Keyboard) และเมาส์(Mouse) และค่าตั้งต้นที่ใช้สำหรับการแสดงผลออกทางหน้าจอมอนิเตอร์ทั้งหมด ตลอดจนเป็นที่เรียกใช้ไฟล์ย่อยๆจากที่อื่นเข้ามาทำงานร่วมในโปรแกรม

2. มีชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับรับส่งค่าตัวแปรต่างๆและเหตุการณ์ (Event) จากผู้ใช้งานระหว่างแป้นพิมพ์ (Keyboard) และเมาส์ (Mouse) กับชุดคำสั่งที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานและควบคุมองค์ประกอบต่างๆภายในโปรแกรมและการทำงานของโปรแกรมได้

3. มีชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับตรวจสถานะของวัตถุภายในโปรแกรมให้มีการทำงานได้เป็นไปตามเงื่อนไขที่วางไว้เมื่อมีสถานะเป็นไปตามที่กำหนด

4. มีชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับคำนวณหาพื้นที่ และปริมาตรของวัตถุในโปรแกรม

5. มีส่วนที่ใช้แสดงผลซึ่งได้แบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆคือ ส่วนแสดงผลเป็นหน้าต่างหลัก และหน้าต่างย่อย โดยในแต่ละหน้าต่างได้มีชุดคำสั่งที่ใช้แสดงผลของสิ่งต่างๆเช่น ชุดคำสั่งสำหรับแสดงตัวอักษร ชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับแสดงรูปภาพ และชุดคำสั่งสำหรับแสดงวัตถุ 3 มิติ

6. มีชุดคำสั่งที่ทำให้โปรแกรมมีการดำเนินการได้

ไฟล์ RGBpixmap.cpp เป็นไฟล์หลักที่ใช้ในการจัดการและเกี่ยวข้องกับการนำภาพที่มีนามสกุลเป็น .bmp (Bitmap) ใดๆจากนอกโปรแกรมให้เข้ามาอยู่ในโปรแกรมเพื่อไว้ใช้งานซึ่งไฟล์นี้จะเป็นศูนย์รวมของตัวแปรต่างๆ ค่าตั้งต้น และชุดคำสั่งพื้นฐานที่จำเป็นต่อไฟล์ย่อยซึ่งจะถูกเรียกใช้งานจากไฟล์ RGBpixmap.h ที่เป็นไฟล์ย่อยที่มีลักษณะเป็น class ที่มีการเรียกใช้ในไฟล์หลักของโปรแกรม

ไฟล์ 3dRef.h เป็นไฟล์ย่อยที่มีหน้าที่หลักในการสร้างรูปทรง 3 มิติที่ถูกใช้เปรียบกับรูปทรงของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการทราบระยะจากโปรแกรมนี้ โดยได้มีการกำหนดคุณลักษณะ(Properties) ต่างๆ และกำหนดวิธี (Method) ที่จะใช้ในการควบคุมรูปทรงนี้ให้เป็นไปตามความต้องการได้ ซึ่งไฟล์นี้ได้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการรับส่งค่าตัวแปรต่างๆจากชุดคำสั่งที่อยู่ในไฟล์หลักที่ผู้ใช้งานกำหนดผ่านทาง แป้นพิมพ์ (Keyboard) และเมาส์ (Mouse) และชุดคำสั่งที่ใช้ในการแสดงรายงานค่าต่างๆ

ไฟล์ 3dRuler.h เป็นไฟล์ย่อยที่มีหน้าที่หลักในการสร้างระนาบในแกนต่างๆ จำนวน 3 แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z ซึ่งได้บรรจุอยู่ภายในรูปทรง 3 มิติในไฟล์ 3dRef.h โดยระนาบทั้ง 3 นี้ถูกใช้เปรียบกับไม้บรรทัดหรือระนาบที่จะนำไปทาบวัดสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในห้องในรูปภาพนั้นๆ โดยได้มีการกำหนดคุณลักษณะ(Properties) ต่างๆ และกำหนดวิธี (Method) ที่จะใช้ในการควบคุมระนาบนี้ให้เป็นไปตามความต้องการได้ เช่นเคลื่อนที่ไปในจุดที่ต้องการ และยืดขยายระยะในทิศทางต่างๆได้ และสามารถปรับบิดเอียงได้ ซึ่งไฟล์นี้ได้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการรับส่งค่าตัวแปรต่างๆจากชุดคำสั่งที่อยู่ในไฟล์หลักที่ผู้ใช้งานกำหนดผ่านทาง แป้นพิมพ์ (Keyboard) และเมาส์ (Mouse) และชุดคำสั่งที่ใช้ในการแสดงรายงานระยะที่ต้องการทราบออกมาและค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย

ไฟล์ GraphicAxis.h เป็นไฟล์ย่อยที่ทำหน้าที่สร้างภาพกราฟิกและตัวอักษรในการบอกแกนต่างๆแก่ผู้ใช้งานซึ่งมีทั้งหมดด้วยกัน 3แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z โดยได้มีการกำหนดให้มีสีต่างๆกันไล่จากสี แดง เขียว น้ำเงิน ตามลักษณะของ RGB และสามารถมีมุมมองเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนมุมมองในขณะทำงานด้วย

ไฟล์ RGBpixmap.h เป็นไฟล์ย่อยที่มีหน้าที่หลักในการประสานงานระหว่างไฟล์หลักทั้ง 2 ไฟล์เข้าด้วยกันคือไฟล์ File01.cpp และไฟล์ RGBpixmap.cpp เพื่อให้โปรแกรมสามารถมีการทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพที่จะนำมาใช้งานในโปรแกรมได้ ซึ่งไฟล์นี้ได้มีหน้าที่ในการทำความเข้าใจกับลักษณะของไฟล์รูปภาพ Bitmap และกำหนดค่าต่างๆในระดับพิกเซล (Pixel) ให้แสดงผลออกมาในลักษณะที่ต้องการได้

สรุป โครงสร้างและส่วนต่างๆของโปรแกรมนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างตรงไปตรงมา ไม่ได้มีความซับซ้อนมากมายเพราะเป็นโปรแกรมที่มีวัตถุประสงค์การใช้งานที่ชัดเจนและมุ่งใช้งานเฉพาะภายในประเด็นที่กำหนดไว้จึงทำให้มีการแบ่งส่วนการทำงานได้ง่ายออกเป็นชุดๆ โดยการที่จะแบ่งเป็นไฟล์หลัก หรือย่อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับระดับความสัมพันธ์กันของชุดคำสั่งต่างๆ ไฟล์ใดมีความเป็นเอกเทศได้สูงและมีการใช้งานเฉพาะจะถูกแบ่งออกเป็นไฟล์ไฟล์หนึ่งเช่นไฟล์ 3dRef.h ไฟล์ 3dRuler.h และ ไฟล์ RGBpixmap.cpp เป็นต้น ส่วนชุดคำสั่งใดๆที่มีการทำงานเชื่อมโยงกันมากก็จะมีการรวมกันในลักษณะชุดคำสั่งย่อยๆรวมกันเป็นไฟล์อีกไฟล์หนึ่งเลยซึ่งในที่นี้คือในไฟล์ file01.cpp นั่นเอง ซึ่งทั้งหมดนี้เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบหาข้อผิดพลาดได้ง่ายขึ้น และสามารถที่จะพัฒนาโปรแกรมต่อๆไปของส่วนการทำงานต่างๆได้ง่ายและสะดวกขึ้น

3.2.3 การพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน GUI (Graphic User Interface)

ในภาพรวมของการใช้งานโปรแกรมนี้ต้องอาศัยการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในส่วนหลักๆคือการที่ทำให้รูปทรง 3 มิติที่สร้างขึ้นที่จะใช้ในการเทียบวัดหาระยะ ไปซ้อนลงไปบนภาพถ่ายของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการหาระยะต่างๆ เพื่อจะได้ใช้การซ้อนทาบกันนี้ปรับลักษณะต่างๆของรูปทรง 3มิตินี้ให้มีลักษณะเดียวกันกับภาพถ่ายซึ่งได้แก่ ขนาดและมุมมอง โดยระหว่างการปรับเปลี่ยนนั้นทางโปรแกรมได้มีการรายงานค่าต่างๆของตัวแปรออกมาโดยค่าที่รายงานออกมานั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงทันทีตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

จากแนวคิดหลักของการใช้งานโปรแกรมข้างต้นนี้ ทางการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน GUI (Graphic User Interface) จึงได้มีแนวคิดตามมาในการพัฒนาดังนี้

- ได้มีการแยกส่วนแสดงผลออกเป็นหน้าต่างหลักและหน้าต่างย่อยๆ คือ ได้มี 1 หน้าต่างหลักเพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำงาน และ 2 หน้าต่างย่อยเพื่อใช้รายงานเป็นข้อความและตัวเลขของค่าต่างๆ ซึ่ง 2 หน้าต่างย่อยนี้หน้าต่างหนึ่งจะไว้แสดงค่าต่างๆของรูปทรงที่ใช้หาขนาดของห้อง และอีกหน้าต่างหนึ่งจะใช้แสดงค่าต่างๆของระนาบที่ใช้ในการทาบวัดหาระยะของวัตถุภายในห้อง ซึ่งทั้งสองหน้าต่างนี้จะแยกจากกันและมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยมีการใช้สีพื้นหลังของหน้าต่างทั้งสองแตกต่างกันโดยเป็นไปตามสีเดียวกันกับสีของรูปทรงที่ใช้หาขนาดของห้องซึ่งเป็นสีส้ม และสีของระนาบที่ใช้ในการทาบวัดหาระยะของวัตถุภายในห้องซึ่งเป็นสีฟ้า จากการแยกออกเป็น 3 หน้าต่างนี้ทำให้ส่วนทำงานแยกออกจากส่วนรายงานอย่างชัดเจน ไม่รบกวนซึ่งกันและกันเพื่อลดความสับสนในขณะ

ใช้งานและทำให้มีอิสระในการจัดวางตำแหน่งของหน้าต่างแต่ละอันได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานในแต่ละคนได้

- มีการกำหนดสีต่างๆให้แก่วัตถุที่อยู่ภายในโปรแกรมเพื่อเป็นการแยกวัตถุให้ชัดเจน เข้าใจได้ง่าย เช่น รูปทรงที่จะใช้เทียบขนาดของห้องที่ต้องการหาระยะภายในภาพจะกำหนดให้มีสีส้ม ส่วนระนาบที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปในที่ต่างๆภายในห้องในภาพเพื่อเทียบวัดหาระยะของสิ่งของที่อยู่ภายในห้องนั้นได้กำหนดให้มีสีฟ้าอมเขียว (Cerulean Blue) และกำหนดจุดอ้างอิงบนระนาบด้วยสามเหลี่ยมสีม่วงที่มุมด้านล่างซ้ายของแต่ละระนาบ โดยสีของรูปทรงและระนาบนั้นได้ตรงกับสีพื้นหลังของหน้าต่างที่ใช้รายงานค่าต่างๆของแต่ละอัน

- มีการทำให้พื้นผิวของรูปทรงและระนาบมีลักษณะกึ่งโปร่งใสเพื่อให้สามารถมองทะลุไปยังสิ่งที่ถูกซ้อนทับที่อยู่ด้านหลังได้เพื่อที่จะสามารถปรับลักษณะรูปทรงและระนาบไปตามภาพของห้องที่ต้องการหาระยะได้ และความกึ่งโปร่งใสนี้ยังสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานรู้ได้ว่าแผ่นระนาบนั้นยังคงอยู่ภายในขอบเขตของห้องหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตามได้มีการสร้างชุดคำสั่งสำหรับตรวจสอบและป้องกันไม่ให้แผ่นระนาบเคลื่อนตำแหน่งเกินขอบเขตของห้องไว้

- สามารถควบคุมการทำงานโปรแกรมด้วยแป้นพิมพ์ และด้วยเมาส์ได้โดยการกดที่แป้นตัวอักษรต่างๆโดยรายละเอียดได้แสวงไว้ในบทถัดไปส่วนการควบคุมการทำงานด้วยเมาส์นั้นเมื่อมีการคลิกเมาส์ปุ่มขวาจะมีเมนูขึ้นมาสำหรับควบคุมรูปทรงและภาพที่ต้องการหาระยะต่างๆ และเมื่อมีการคลิกเมาส์ปุ่มกลางจะมีเมนูขึ้นมาสำหรับควบคุมระนาบ และเมื่อมีการคลิกเลือกคำสั่งใดๆแล้วจะเข้าไปในโหมดของคำสั่งนั้นและใช้วิธีการลากเมาส์ขึ้นลงหรือซ้ายขวาเพื่อปรับเพิ่มลดคาต่างๆได้ ทั้งนี้ได้ใช้เมนูในลักษณะ Pop up เมื่อมีการคลิกเมาส์ปุ่มขวาหรือปุ่มกลางและหายไปเมื่อคลิกเลือกคำสั่งใดๆเป็นที่เรียบร้อยเพื่อต้องการให้มีพื้นที่ทำงานให้มากที่สุดไม่ต้องมีเมนูที่อยู่บนพื้นที่ทำงานตลอดเวลา

- กราฟิกต่างๆที่ใช้ในส่วน GUI เช่นเส้น ลักษณะของเส้น และตัว XYZ ได้มีการสร้างเส้นในแกนต่างๆเพื่อเป็นเส้นนำแกน X แกน Y และแกน Z โดยได้มีการกำหนดให้มีสีต่างๆกันไล่จากสี แดง เขียว น้ำเงิน ตามลักษณะของ RGB และได้กำหนดคุณลักษณะของเส้นในด้านที่มีค่าเป็นลบของแต่ละแกนให้มีลักษณะเป็นเส้นประเพื่อให้เกิดความแตกต่างจากค่าที่เป็นบวก และได้ทำกราฟิกเพื่อบอกแกนให้มีตัวอักษรกำกับเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจว่าเส้นสีใดคือแกนอะไรจะได้ใช้คำสั่งในเมนูต่างๆได้ถูกต้องโดยกราฟิกนี้สามารถมีมุมมองเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนมุมมองในขณะทำงานด้วย

3.3 ขั้นตอนและวิธีการเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้คุณลักษณะเฉพาะของการวิจัยแบบเทคนิคเดลฟาย (Delphi) คือการอาศัยข้อคิดเห็นจากการตอบของผู้เชี่ยวชาญ เพราะต้องการความคิดเห็นที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและ/หรือมีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษานี้ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการระดมความคิดเห็นที่ผู้ให้ข้อคิดเห็นนั้นไม่จำเป็นต้องเผชิญหน้ากัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้มีผู้ใดผู้หนึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการให้ข้อคิดเห็นแก่ผู้เชี่ยวชาญคนอื่นๆ [1] โดยสำหรับงานวิจัยนี้ได้มีการตั้งคุณสมบัติของผู้ที่จะถูกเลือกให้เป็นผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1. เป็นสถาปนิกภายใน และ/หรือ สถาปนิก และ/หรือนักออกแบบ
2. เคยทำงานในขั้นตอนการสำรวจพื้นที่ที่จะมีการออกแบบ
3. เป็นผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการออกแบบและมีทักษะในการใช้งานคอมพิวเตอร์ในระดับที่มีประสบการณ์การทำงานด้วยคอมพิวเตอร์มากกว่า 1 ปีขึ้นไป
4. เป็นผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี
5. รู้จักโปรแกรมที่อยู่ในสายหรือเกี่ยวข้องกับการออกแบบอย่างน้อย 3 โปรแกรมขึ้นไป
6. เป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดี มีความเป็นกลาง มองปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากคุณสมบัติต่างๆของผู้ที่จะถูกเลือกให้เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนี้ได้กำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถตอบรับกับวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามที่ได้กล่าวไว้ได้และในเรื่องจำนวนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนี้ได้คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญไว้ทั้งหมด 18 คน ซึ่งเป็นไปตามอัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อน (Error) ที่ 0.02ตามตารางของการวิจัยของโทมัส ที แมคมิลแลน (Thomas T. Macmillan) ดังต่อไปนี้

จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ (Panel size)	การลดลงของความคลาดเคลื่อน (Error reduction)	ความคลาดเคลื่อนลดลง (Net change)
1-5	1.20-0.70	0.50
5-9	0.70-0.58	0.12
9-13	0.58-0.54	0.04
13-17	0.54-0.50	0.04
17-21	**0.50-0.48**	**0.02**
21-25	0.48-0.46	0.02
25-29	0.46-0.44	0.02

ตารางที่ 3.2 แสดงการลดลงของความคลาดเคลื่อนและจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ

[1] ทศพร ศิริสัมพันธ์, เทคนิควิธีการวิเคราะห์นโยบาย, (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539), หน้า 59-73.

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

งานวิจัยนี้ได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อใช้ถามความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญตามการวิจัยแบบเทคนิคเดลฟาย (Delphi) รวมทั้งสิ้น 3 รอบ เพื่อให้ได้คำตอบของผู้เชี่ยวชาญที่แน่นอนมั่นใจได้ซึ่งการทำแบบสอบถามหลายรอบนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของเทคนิคการวิจัยแบบนี้โดยมีการตั้งวัตถุประสงค์ แบ่งหมวดหมู่ของคำถามกำหนดสัดส่วนน้ำหนักและจำนวนข้อของแบบสอบถามในแต่ละรอบ ตลอดจนกำหนดลักษณะของคำถามดังจะอธิบายเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

3.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามในแต่ละรอบ

แบบสอบถามในงานวิจัยนี้ได้ได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์หลักในรอบต่างๆตามหลักการของเทคนิคเดลฟายคือ รอบแรกเป็นคำถามกว้างๆเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ภายในหัวเรื่องที่กำหนดซึ่งจะนำคำตอบที่ได้จากรอบแรกเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามรอบต่อไป และสำหรับแบบสอบถามรอบที่สองจะเน้นที่การจัดลำดับความสำคัญหรือความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ และรอบที่สามมุ่งเน้นที่หาค่าของระดับความคิดเห็นในประเด็นต่างๆซึ่งวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามที่สอดคล้องตามรอบต่างๆของเทคนิคนี้อธิบายได้ดังต่อไปนี้

รอบที่ 1 >> ถามความคิดเห็นหรือทัศนคติของผู้ใช้งานในด้านลักษณะส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface) ในภาพกว้าง และความคิดเห็นทั่วไป

รอบที่ 2 >> ต้องการทราบถึงพฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งานซึ่งเน้นไปที่การจัดลำดับความสำคัญ

รอบที่ 3 >> ถามความคิดเห็นหรือทัศนคติของผู้ใช้งานในด้านประโยชน์ของโปรแกรมและภาพรวมของโปรแกรมโดยแบ่งเป็นระดับความคิดเห็นของประเด็นต่างๆ

3.4.2 การแบ่งหมวดประเด็นหลักประเด็นย่อยของแบบสอบถาม

จากการกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามทำให้สามารถแบ่งส่วนของแบบสอบถามออกเป็นหมวดตามประเด็นดังต่อไปนี้

รอบที่ 1 >> หมวดเรื่องของ องค์ประกอบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface)

รอบที่ 2 >> หมวดเรื่องของ พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน

รอบที่ 3 >> หมวดเรื่องของ ระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ และหมวดเรื่องของ ประโยชน์ของโปรแกรม

3.4.3 การกำหนดจำนวนข้อ และสัดส่วนจำนวนข้อในประเด็นต่าง ๆ

ได้มีการกำหนดจำนวนข้อของแบบสอบถามทั้งหมดเป็น 20 ข้อ เพราะต้องการให้แบบสอบถามใช้เวลาในการทำไม่มากนักเพื่อให้เวลารวมทั้งหมดทั้งทดลองใช้งานโปรแกรมและตอบแบบสอบถามไม่ใช้เวลามากจนเกินไปโดยจากจำนวน 20 ข้อนี้ได้ตั้งคำถามที่เป็นคำถามสำคัญๆตามหมวดต่างๆที่แบ่งตามวัตถุประสงค์จัดตามน้ำหนักในประเด็นต่างๆได้ดังนี้

หมวดหรือประเด็นหลัก	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อ
1. องค์ประกอบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน	20%	4
2. พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน	30%	6
3. ระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ	30%	6
4. ประโยชน์ของโปรแกรม	20%	4

ตารางที่ 3.3 แสดงสัดส่วนจำนวนข้อในประเด็นต่างๆ

3.4.4 การเลือกประเภทของคำถามในแต่ละประเด็นของแบบสอบถาม

ได้มีการเลือกประเภทหรือรูปแบบของคำถามให้เหมาะสมกับประเด็นต่างๆซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

หมวดหรือประเด็นหลัก	รูปแบบของคำถาม	เหตุผล
1. องค์ประกอบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน	ปลายเปิดและปลายปิดแบบสำรวจ (Check-List)	เพราะต้องการทราบคำตอบในลักษณะกว้างและ ชอบ-ไม่ชอบ หรือ ใช่-ไม่ใช่ หรือ ให้มี-ไม่ให้มี
2. พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน	ปลายปิดแบบประมาณค่า (Rating Scale)	เพราะมุ่งให้ผู้ตอบประเมินหัวข้อต่างๆออกมาเป็นระดับ
3. ระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรม	ปลายปิดแบบจัดลำดับ (Ranking) และแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple Choice)	เพราะต้องการทราบลำดับก่อนหลังในการใช้งานโปรแกรม หรือคำตอบที่เกี่ยวข้องในลักษณะมีตัวเลือกตอบ
4. ประโยชน์ของโปรแกรม	ปลายปิดแบบประมาณค่าเป็นตัวเลข (Numerical Rating Scale)	เพราะต้องการวัดระดับของความเห็นด้วยเป็นค่าตัวเลขเพื่อแปลถึงความมากน้อย
5. ข้อเสนอแนะอื่นๆ	ปลายเปิด	เพราะเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถอธิบายข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตารางที่ 3.4 แสดงการเลือกประเภทของคำถามในแต่ละประเด็นของแบบสอบถาม

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับตัวอย่างของแบบสอบถามได้แสดงไว้ที่ภาคผนวก ก.

3.5 ขั้นตอนการสรุปผลจากแบบสอบถามของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

3.5.1 ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่ 1

หมวดที่1 เรื่อง องค์ประกอบต่างๆของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface)

1. โปรแกรมนี้มีเมนูบาร์ที่รวมคำสั่งต่างๆเฉพาะเมื่อมีการคลิกเมาส์กลางหรือขวาในการสั่งคำสั่งต่างๆเพียงพอหรือไม่

มีผู้ตอบว่า เพียงพอ	11 คน	(61%)
มีผู้ตอบว่า ไม่เพียงพอ	7 คน	(39%)

2. ความสามารถในการรับรู้การแยกสีของวัตถุในโปรแกรมและการใช้สีพื้นหลังของหน้าต่างที่ใช้รายงานค่าของวัตถุนั้นๆให้มีสีตรงกันกับวัตถุตัวนั้น

มีผู้ตอบว่า สามารถรับรู้ได้	18 คน	(100%)
มีผู้ตอบว่า ไม่สามารถรับรู้ได้	0 คน	(0%)

3. ความจำเป็นที่ต้องมีปุ่มกดเพื่อสั่งคำสั่งต่างๆให้โปรแกรมทำงานเหมือนกับชุดคำสั่งใน Pop-Up Menu เป็นลักษณะของเมนูบาร์อีก

มีผู้ตอบว่า จำเป็น	12 คน	(66%)
มีผู้ตอบว่า ไม่จำเป็น	6 คน	(34%)

4. สำหรับโปรแกรมนี้มีความชอบในการควบคุมเพิ่ม-ลดค่าต่างๆในโปรแกรมด้วยวิธีขยับเมาส์ไปมาแทนการกรอกค่าต่างๆ

มีผู้ตอบว่า ชอบ	15 คน	(83%)
มีผู้ตอบว่า ไม่ชอบ	3 คน	(17%)

ข้อสรุปในข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญมีประเด็นต่าง ๆดังนี้

1. “ในการหาขนาด Object ต่างๆ Plane ที่ใช้อ้างอิงน่าจะมี guide line ว่าวัตถุที่ใช้อ้างอิงอยู่ในระนาบไหน”
2. “แก้ไขการปรับในเรื่อง zoom และ walk ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น”
3. “การปรับมุมมองทำได้ยากไปหน่อยถ้ามีคำสั่งบางอย่างเช่น ปรับความแรงของ Perspective น่าจะช่วยทำให้ได้ง่ายขึ้น”
4. “สามารถสรุปผล รายงานระยะต่างๆพร้อมรูป Print ออกมาได้”
5. “ส่วนของ popup menu น่าจะมีปุ่ม redo/undo เพื่อช่วยเหลือในกรณีปรับระยะต่างๆผิดพลาด เนื่องจากการแก้ไขกลับมาที่เดิมค่อนข้างลำบาก กรณีใช้ครั้งแรกทำงานยากพอควร ต้องใช้เวลาทำความคุ้นเคยกับ ปุ่มละการทำงานค่อนข้างนานครับ กว่าจะใช้งานได้คุ้นเคย”

6. “ลักษณะ Interface ยังไม่ชัดเจนและปุ่มในการควบคุมต่างๆยังไม่สะดวกต้องพึ่งการขยับเมาส์มากเกินไป”
7. “การทำความเข้าใจในการใช้งานโปรแกรมในครั้งแรกๆเข้าใจยาก อาจเป็นเพราะความเคยชินในการใช้งาน Interface แบบกดปุ่มคำสั่ง และโปรแกรมควรมีการยืดหยุ่น.ในการใช้งานแก่ผู้ใช้งานมากกว่านี้”
8. “ไม่แน่ใจว่าโปรแกรมเที่ยงตรงมากเพียงไร น่าจะพัฒนาผ่านการใช้งานทาง Internet และPalm ซึ่งจะทำให้ User พกไปใช้งานได้”

3.5.2 **ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่** 2

หมวดที่ 2 เรื่อง พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน

1. คำสั่งที่มักถูกใช้เป็นเป็นคำสั่งแรกเมื่อเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมที่มีผู้ตอบมากที่สุดใน 3 อันดับแรกคือ

   อันดับที่ 1 คือคำสั่ง **Pan Image** จำนวน 7 คน (38%)

   อันดับที่ 2 คือคำสั่ง **Zoom Image** จำนวน 5 คน (27%)

   อันดับที่ 3 คือคำสั่ง **Orbit** จำนวน 4 คน (22%)

   อันดับที่ 4 คือคำสั่ง **Control Camera > Pan** จำนวน 2 คน (13%)
2. ลำดับของผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมในการหาระยะ 1 ระยะ จากภาพใน 1 ครั้งส่วนใหญ่มักที่จะมีขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมเป็นลำดับก่อนหลังดังสรุปได้ดังนี้
   1. ปรับภาพให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม
   2. ปรับมุมมองของวัตถุที่ใช้อ้างอิงถึงห้องให้มีความใกล้เคียงกับมุมมองของภาพอย่างคร่าวๆ
   3. จัดตำแหน่งจุดอ้างอิงของวัตถุ (มุมซ้ายล่างด้านลึก)ให้อยู่ในตำแหน่งที่ควรเป็น
   4. ปรับมุมมองของวัตถุที่ใช้อ้างอิงถึงห้องอย่างละเอียดให้พอดีกับห้องหรือสถานที่ในภาพ
   5. เริ่มปรับวัตถุที่ใช้เทียบหาระยะเทียบกับระยะจริงอย่างน้อยสักหนึ่งระยะที่รู้ค่าในภาพ
   6. ปรับตำแหน่งและขนาดของวัตถุที่ใช้เทียบหาระยะให้พอดีกับสิ่งที่ต้องการวัด
   7. ปรับตัวเลขด้วยคำสั่ง Adjust Scale ให้ตัวเลขขยับเป็นค่าที่เท่ากับระยะจริงที่รู้
   8. อ่านค่าต่างๆจากที่โปรแกรมรายงาน

3. ในการใช้งานโปรแกรมผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมมักมีการทำสิ่งต่างๆต่อไปนี้ประกอบการใช้งานโปรแกรมด้วยโดยไล่จากความถี่มากไปน้อยดังนี้

1.	เปิดใช้งานโปรแกรมอื่นๆด้วย	11คน	(61%)
2.	มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งหน้าต่าง	7 คน	(38%)
3.	มีการย่อขนาดหน้าต่างบางหน้าต่าง	7 คน	(38%)
4.	ปิดโปรแกรมและเข้าโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นใหม่	7 คน	(38%)
5.	มีการปรับขยายภาพใหญ่จนภาพมีลักษณะกลับด้าน	2 คน	(11%)

4. ในการใช้งานโปรแกรมแต่ละโครงการผู้ทดลองใช้งานมักจะใช้งานในลักษณะต่างๆโดยไล่จากความถี่มากไปน้อยดังนี้

o	มักออกจากโปรแกรมโดยกดปุ่มปิดที่หน้าต่าง	11คน	(61%)
o	ใช้งานให้ได้ระยะที่ต้องการจนครบในแต่ละภาพภายในครั้งเดียว	9 คน	(50%)
o	ใช้งานให้ได้ระยะที่ต้องการจนครบมากกว่า 1 ภาพภายในครั้งเดียว	7 คน	(38%)
o	มีการใช้งานมากกว่า 1 ครั้งในภาพเดียวกันเพื่อหาระยะต่างๆที่ต้องการ	5 คน	(28%)
o	มักออกจากโปรแกรมโดยกดปุ่ม Esc ที่แป้นพิมพ์	2 คน	(11%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.3 **ข้อสรุปแบบสอบถามในรอบที่** 3

หมวดที่3 เรื่อง ระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ

ประเด็นคำถาม	มีผู้ตอบว่า (หน่วยเป็นคน)						
	ง่าย (5)	ค่อนข้างง่าย (4)	ปกติ (3)	ยาก (2)	ยากเกินรับได้ (1)	X	SD
1. ท่านคิดว่าการคลิกเลือกปุ่มคำสั่งและใช้เมาส์ในการปรับค่าต่างๆมีความยาก-ง่ายในระดับใด	2	2	7	7	0	2.94	0.94
2. ท่านคิดว่าการปรับวัตถุให้มีมุมมองตรงหรือใกล้เคียงกับภาพมีความยาก-ง่ายในระดับใด	0	0	4	14	0	2.22	0.17
3. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับแกนต่างๆในลักษณะ 3 มิติ ท่านคิดว่ามีความยาก-ง่ายในระดับใด	4	5	9	0	0	3.72	0.64
4. ท่านคิดว่าการปรับตำแหน่งของวัตถุมีความยาก-ง่ายในระดับใด	2	7	9	0	0	3.61	0.46
5. ท่านคิดว่าการปรับขนาดของวัตถุมีความยาก-ง่ายในระดับใด	0	11	3	4	0	3.38	0.68
6. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับค่าต่างๆที่โปรแกรมรายงานออกมาท่านคิดว่ามีความยาก-ง่ายในระดับใด	6	4	7	1	0	3.83	0.91

ตารางที่ 3.5 แสดงระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ

สรุปหมวดที่3 การใช้งานโปรแกรมในประเด็นต่างๆอยู่ในช่วง ยาก ถึง ค่อนข้างง่าย เป็นหลักและโดยเฉพาะประเด็นที่สองมีผู้ตอบว่ายากเป็นส่วนใหญ่โดยที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้อยคือไม่ถึง 0.2 แสดงว่าคำตอบมีความเป็นเอกฉันท์สูง ส่วนประเด็นที่ 1 5 และ 6 คำตอบที่ได้มีความหลากหลายซึ่งดูได้จากตารางและค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่มีค่าเป็น 0.94 0.68 และ 0.91 ตามลำดับ

หมวดที่ 4 เรื่อง ประโยชน์ของโปรแกรม

ประเด็น	มีผู้เห็นด้วยในระดับต่างๆ (หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ %)						
	5	4	3	2	1	X	SD
1. โปรแกรมนี้จะช่วยให้การทำงานในสายวิชาชีพทางสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมภายในง่ายขึ้น	5	11	2	0	0	4.17	0.36
2. การที่มีเครื่องมือนี้เพิ่มขึ้นมาจะช่วยให้งานสำรวจในงานสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมภายในมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น	7	11	0	0	0	4.39	0.24
3. โปรแกรมนี้มีความคลาดเคลื่อนต่างๆอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงได้	2	5	11	0	0	3.50	0.47
4. โปรแกรมนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวเนื่องได้ ไม่เพียงมุ่งเน้นแค่การหาระยะ	2	9	7	0	0	3.72	0.42
5. โปรแกรมนี้ควรติดตั้งให้ใช้งานในลักษณะออนไลน์เพื่อให้สามารถใช้งานผ่านระบบเครือข่ายได้ทุกที่ทุกเวลาได้	2	7	9	0	0	3.61	0.46
6. โปรแกรมนี้ควรพัฒนาให้ใช้ได้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาได้ จะมีประโยชน์เพิ่มขึ้น	7	9	0	2	0	4.16	0.80

ตารางที่ 3.6 แสดงความเห็นด้วยในระดับต่างๆเรื่องประโยชน์ของโปรแกรม

ระดับ 5 หมายความว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง ระดับ 4 หมายความว่า เห็นด้วย

ระดับ 3 หมายความว่า ไม่แน่ใจ ระดับ 2 หมายความว่า ไม่เห็นด้วย

ระดับ 1 หมายความว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

สรุปหมวดที่ 4 จากการสอบถามความเห็นในประเด็นต่างๆได้ผลว่าความคิดเห็นในประเด็นต่างๆมีลักษณะใกล้เคียงกันเพราะค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มีค่าน้อย ซึ่งคำตอบได้อยู่ในช่วงเห็นด้วย ถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง แต่ในประเด็นที่ 6 แม้ว่าคำตอบจะอยู่ในช่วงเห็นด้วยถึงเห็นด้วยอย่างยิ่งแต่คำตอบมีความหลากหลายเพราะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ที่ 0.8 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการนำโปรแกรมไปใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้นผู้ตอบอาจจะยังไม่เห็นภาพ หรือแนวทางที่ชัดเจน สำหรับประเด็นอื่นที่น่าสนใจคือในประเด็นที่ 2 คำตอบที่ได้ส่วนใหญ่มีความเป็นเอกฉันท์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.24 ซึ่งตอบว่าเห็นด้วยอยู่ในระดับ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

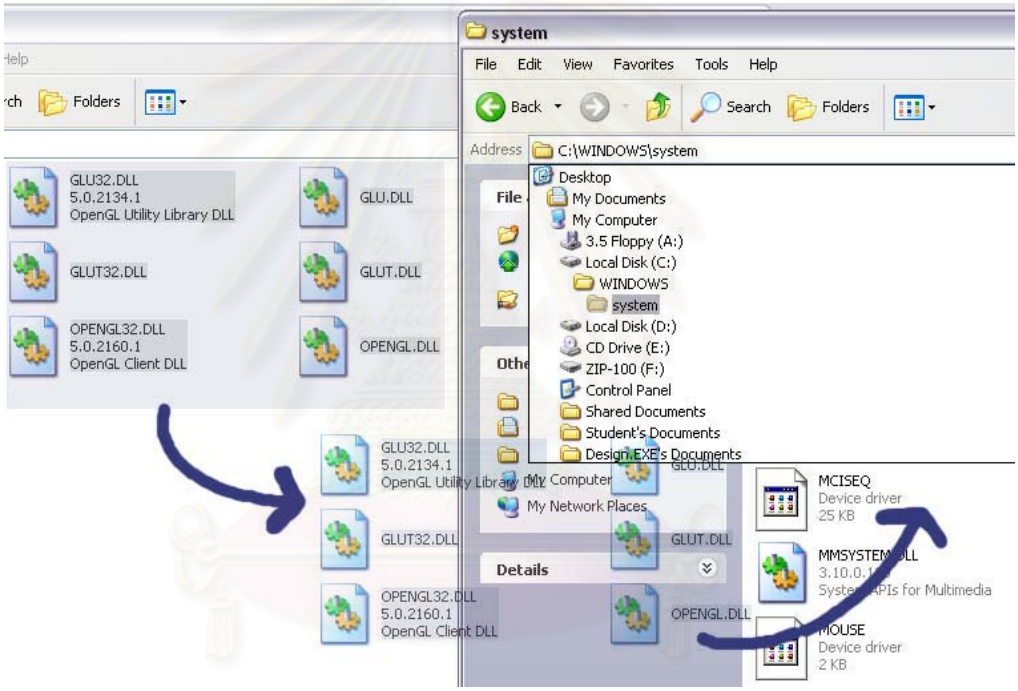
บทที่ 4

ขั้นตอนและลักษณะการใช้งานโปรแกรม

4.1 การติดตั้งโปรแกรม

โปรแกรมนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ Windows ดังนั้นการที่จะสามารถใช้งานโปรแกรมนี้ภายในระบบปฏิบัติการของวินโดวส์ได้ต้องมีขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมเพื่อการใช้งานดังนี้

1. ให้คัดลอก (Copy) ไฟล์ต่างๆลงในโฟลเดอร์ที่ C:/ WINDOWS/ system ตามแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 4.1 แสดง การคัดลอก (Copy) ไฟล์ต่างๆลงในโฟลเดอร์ที่ C:/ WINDOWS/ system

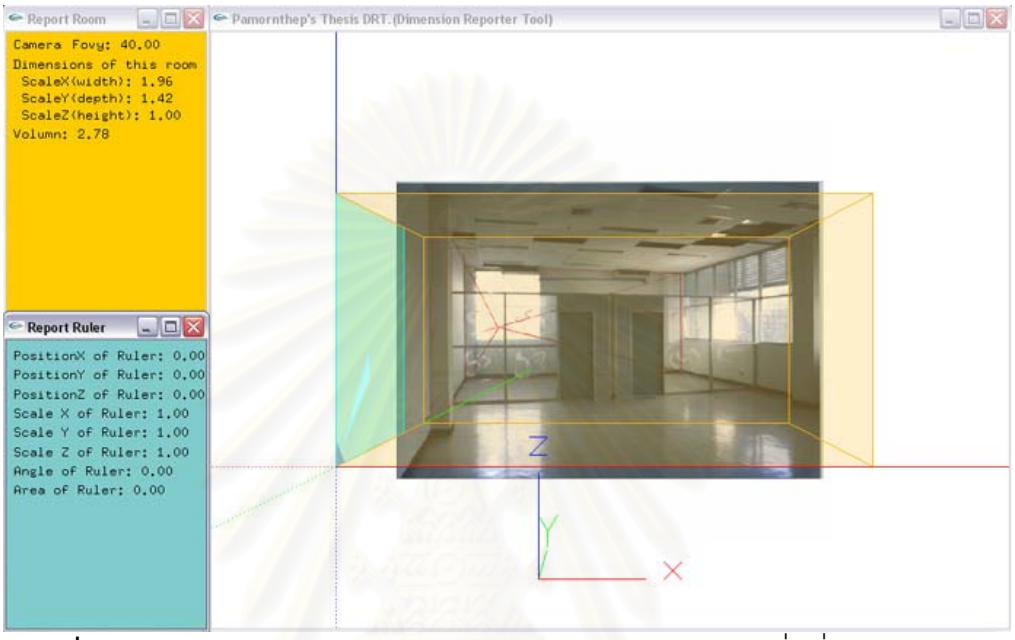
2. ให้คัดลอก (Copy) โฟลเดอร์ของโปรแกรม ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ในที่ที่ต้องการ
3. ให้นำไฟล์รูปภาพนามสกุล .bmp ที่ต้องการหาระยะจากโปรแกรมนี้ไปไว้ในโฟลเดอร์เดียวกันกับตัวโปรแกรมที่มีนามสกุล .exe แล้วเปลี่ยนชื่อไฟล์รูปภาพเป็น “project”
4. การติดตั้งได้เสร็จสมบูรณ์สามารถ Double Click ที่ไฟล์นามสกุล .exe เพื่อเปิดโปรแกรมเพื่อใช้งานได้ทันที

4.2 ขั้นตอนและการควบคุมใช้งานโปรแกรม

ในการใช้งานโปรแกรมผู้ใช้งานสามารถใช้งานหรือติดต่อกับโปรแกรมด้วยอุปกรณ์เมาส์ (Mouse) และแป้นพิมพ์ (Keyboard) เป็นหลัก ซึ่งขั้นตอนและการควบคุมใช้งานโปรแกรมสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

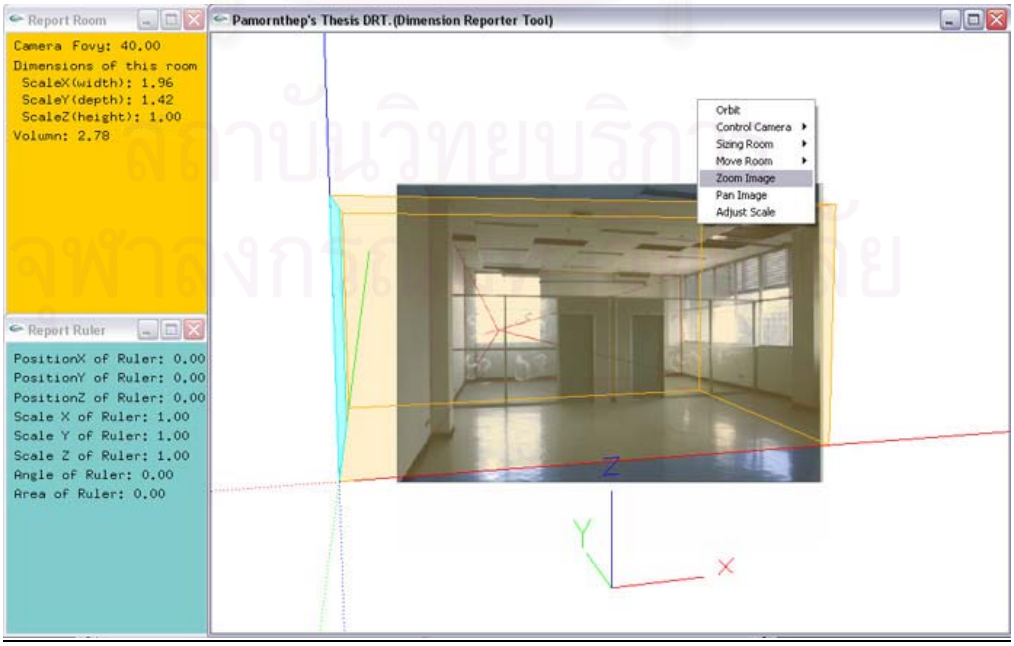
4.2.1 การหาระยะ กว้าง ยาว สูง และปริมาตรของห้อง

- ขั้นที่ 1 เมื่อเปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นใช้งานจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.2



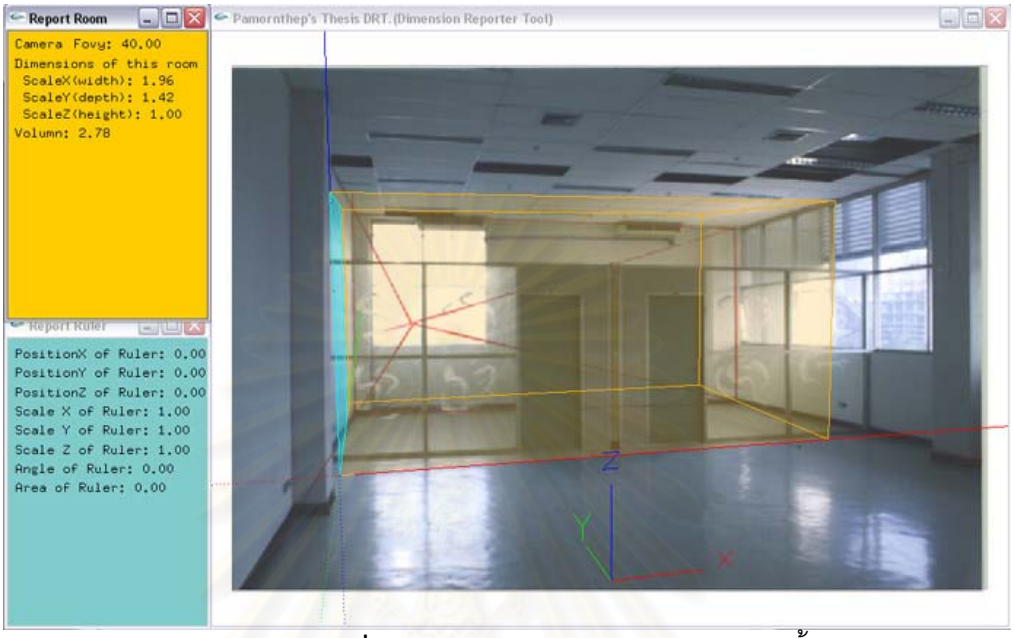
ภาพที่ 4.2 แสดงส่วนติดต่อการใช้งาน (Graphic User Interface) เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม

- ขั้นที่ 2 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรมโดยการคลิกเมาส์ปุ่มขวา จะเกิดเมนูรวมคำสั่งต่างๆดังภาพที่ 4.3 ซึ่งในตัวอย่างได้เลือกคำสั่ง “Zoom Image” เพื่อปรับภาพให้ขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ทำงานได้สะดวก



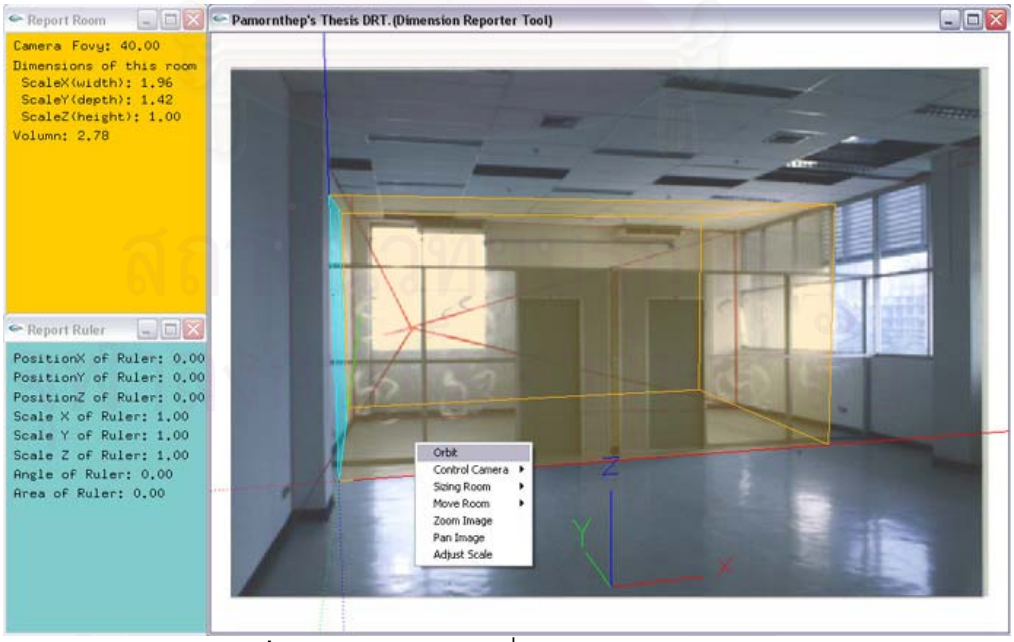
ภาพที่ 4.3 แสดงเมนูที่รวมคำสั่งต่างๆที่เกิดขึ้นจากการคลิกเมาส์ปุ่มขวา

- <u>ขั้นที่ 3</u> เมื่อเลือกคำสั่งจากเมนูแล้ว ให้กดเมาส์ปุ่มซ้ายค้างไว้แล้วลากเมาส์ในทิศทางต่างๆเพื่อปรับเปลี่ยนค่าให้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะที่ต้องการดังภาพที่ 4.4



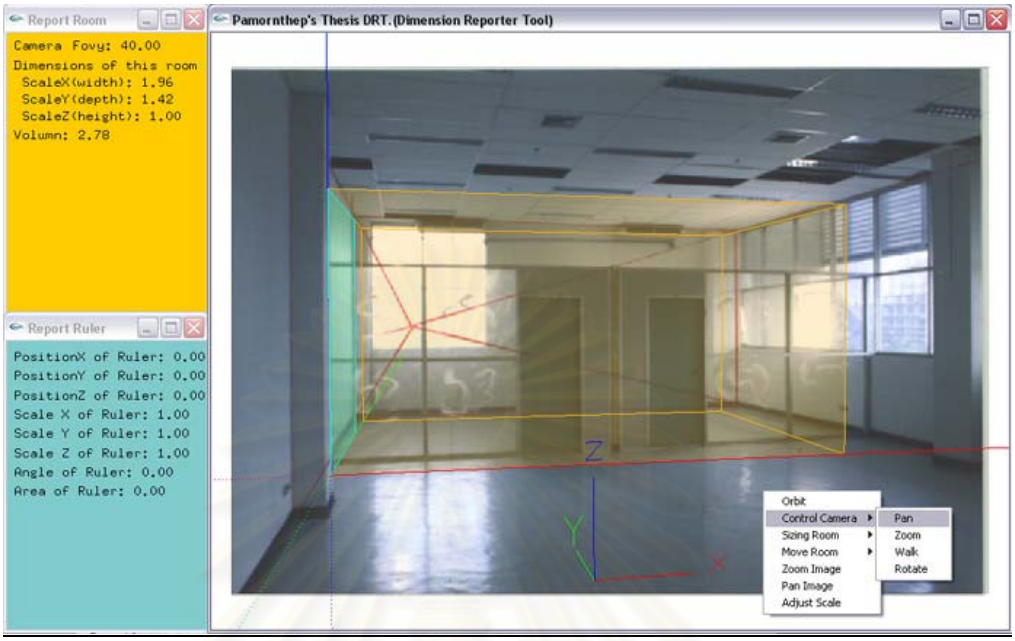
ภาพที่ 4.4 แสดงการปรับขนาดภาพให้ใหญ่ขึ้น

- <u>ขั้นที่ 4</u> คลิกเลือกคำสั่ง “Orbit” เพื่อปรับมุมมองของวัตถุในโปรแกรมให้เป็นไปตามมุมมองของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพนั้นดังภาพที่ 4.5



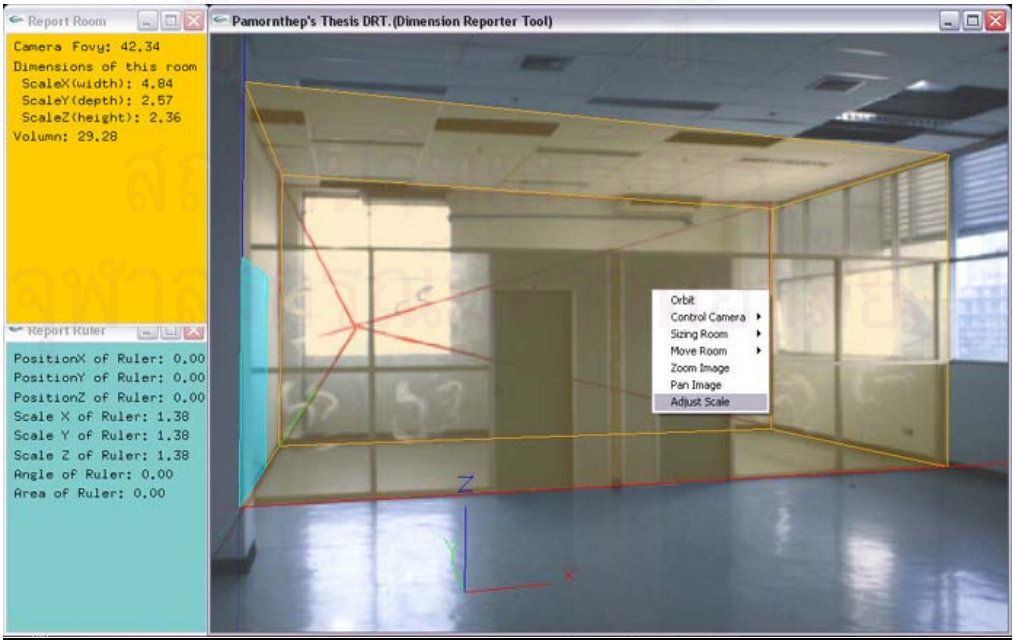
ภาพที่ 4.5 แสดงการใช้คำสั่งในการปรับมุมมองให้พอดีกับภาพ

- ขั้นที่ 5 คลิกเลือกคำสั่ง “Pan” เพื่อใช้ปรับตำแหน่งของวัตถุร่วมกับการปรับมุมมองของวัตถุในโปรแกรมให้เป็นไปตามมุมมองของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพนั้นดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงการใช้คำสั่งในการปรับตำแหน่งของจุดอ้างอิงให้พอดีกับภาพ

- ขั้นที่ 6 เมื่อปรับมุมมองได้พอดีกับมุมมองของภาพแล้วเป็นขั้นตอนที่ทำการปรับขนาดของวัตถุสีส้มเพื่อใช้เทียบกับขนาดห้องให้ได้พอดีกันโดยใช้คำสั่ง “Sizing Room” ในแกนต่างๆตามรูปของแกนที่แบ่งด้วยสีและตัวอักษรที่ได้กำกับไว้ซึ่งจะมีลักษณะดังในภาพที่ 4.7



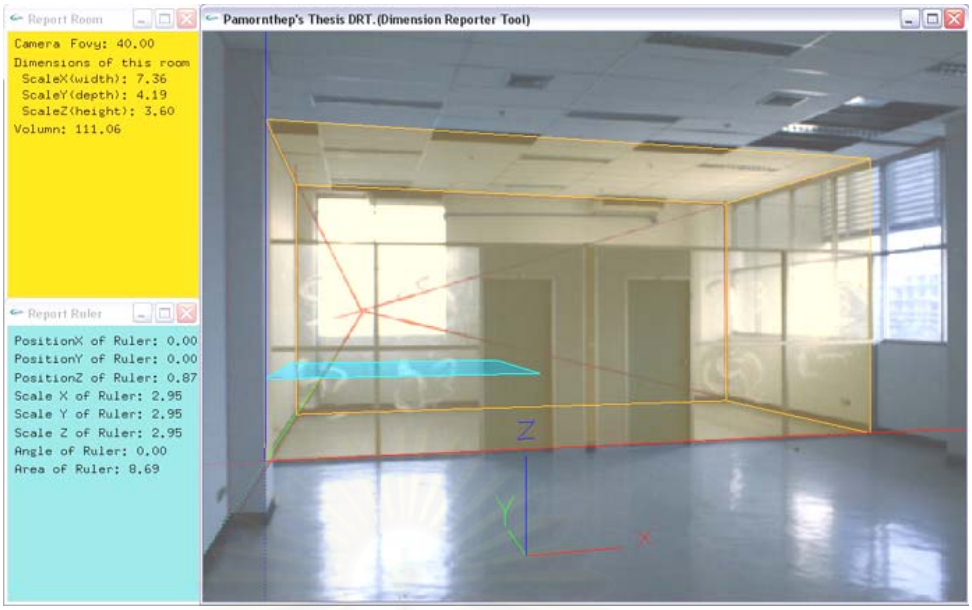
ภาพที่ 4.7 แสดงความพอดีกันระหว่างวัตถุและภาพ และการใช้คำสั่ง “Adjust Scale”

- ขั้นที่ 7 เมื่อปรับทั้งมุมมองและขนาดของวัตถุได้ตามภาพแล้วในขั้นต่อไปเป็นการใช้คำสั่ง “Adjust Scale” เพื่อขยับตัวเลขของระยะในแกนใดๆก็ได้ที่เรารู้ระยะจริงที่จะใช้อ้างอิงอย่างน้อย 1 แกนให้ตัวเลขที่โปรแกรมรายงานในครั้งแรกเปลี่ยนแปลงไปเป็นตัวเลขที่ตรงกับค่าที่เป็นระยะตามจริงซึ่งจากนั้นตัวเลขที่เหลือจะได้เทียบเป็นตัวเลขของระยะจริงตามทั้งหมด
- ขั้นที่ 8 เมื่อมีการปรับให้ตัวเลขต่างๆเป็นไปตามระยะจริงแล้วก็ทำให้ทราบระยะในด้านต่างๆรวมทั้งปริมาตรของห้องได้ในทันที จากนั้นเมื่อต้องการทราบระยะต่างๆของสิ่งที่อยู่ภายในห้องได้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

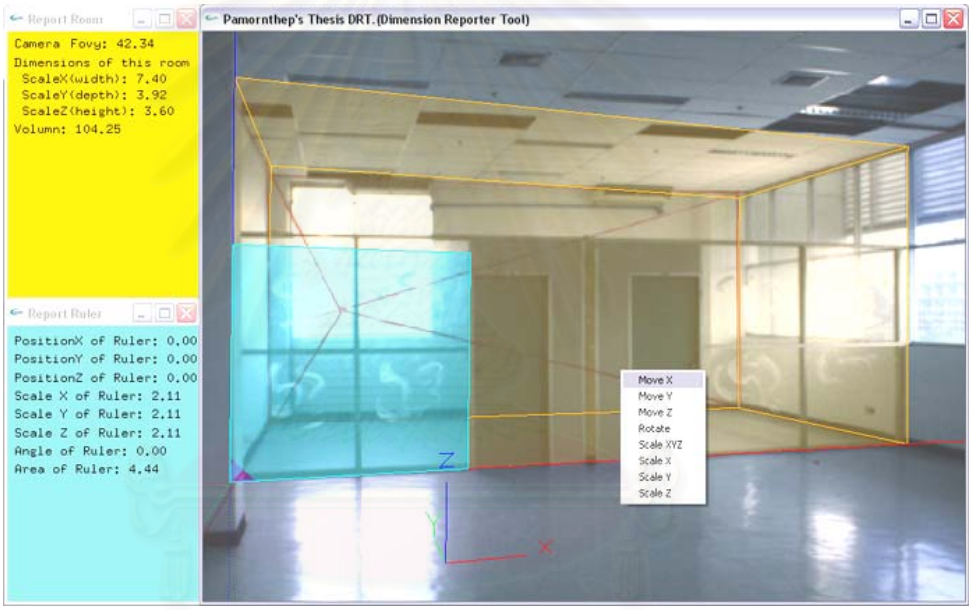
4.2.2 การหาระยะ กว้าง ยาว สูง และพื้นที่ของสิ่งหรือพื้นผิวใดๆที่อยู่ภายในห้อง

- ขั้นที่ 9 การที่จะหาระยะต่างๆของสิ่งที่อยู่ภายในห้องนั้นทางโปรแกรมจะมีขั้นตอนและวิธีคือต้องมีการใช้ระนาบโปร่งใสสีฟ้าครามเป็นตัวเทียบวัดโดยระนาบนี้มีด้วยกัน 3 แบบคือได้วางตัวตามแกนต่างๆทั้ง 3 แกน และสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆภายในห้องได้ พร้อมทั้งปรับขนาดและบิดเอียงในองศาต่างๆได้ทั้งนี้เพื่อรองรับกับลักษณะการวางตัวของวัตถุต่างๆภายในห้องที่ต้องการจะทราบระยะได้ดังภาพที่ 4.8 ภาพที่4.9 และภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.8 แสดงระนาบตามแกน YZ



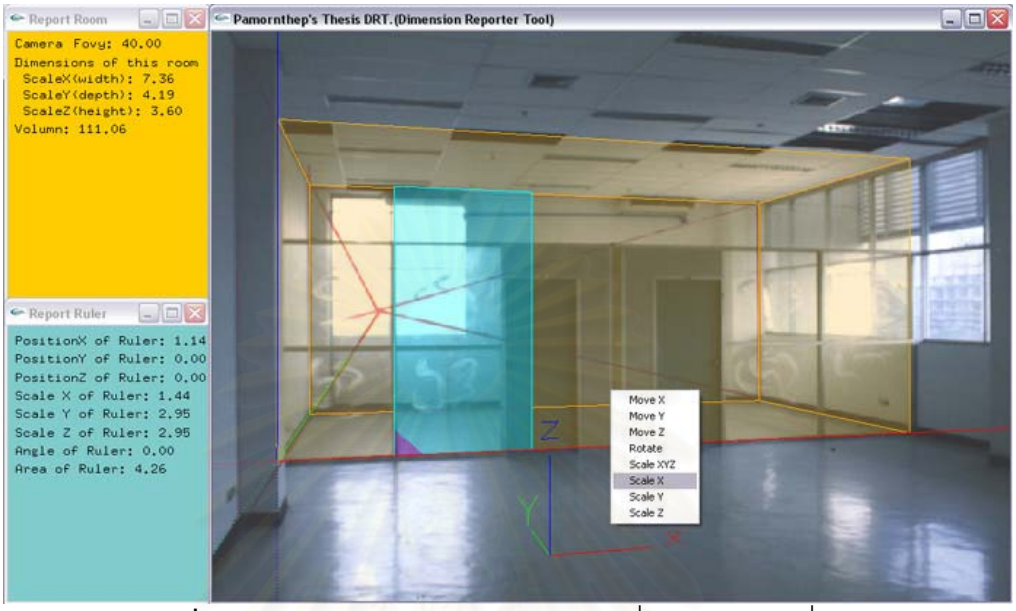
ภาพที่ 4.9 แสดงระนาบตามแกน XY



ภาพที่ 4.10 แสดงระนาบตามแกนXZ

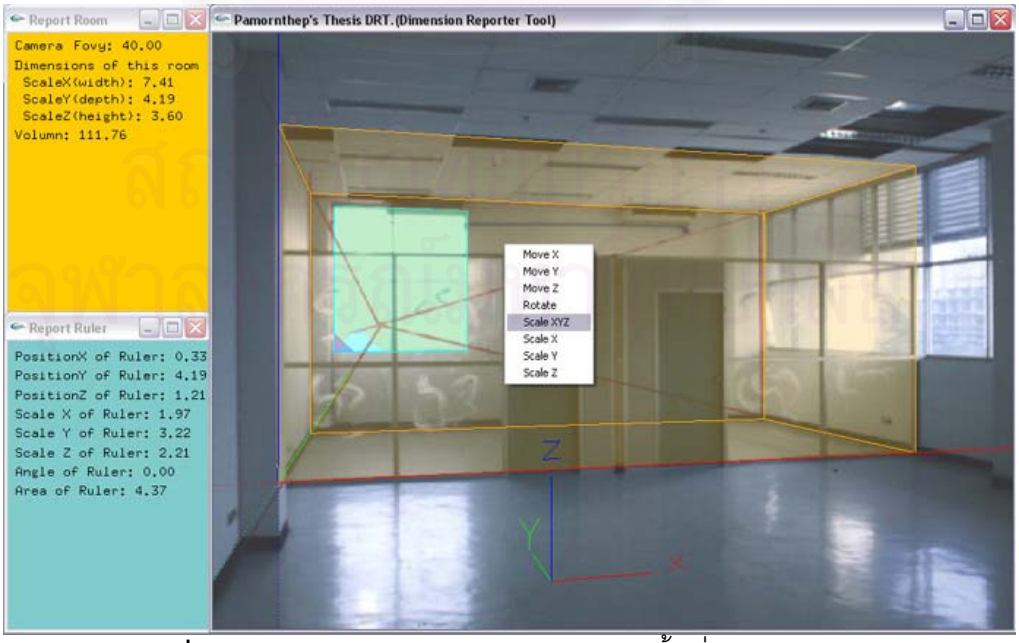
- ขั้นที่ 10 ให้กดปุ่ม F2 ในการเรียกระนาบตามแกน YZ ขึ้นมาใช้งาน (ภาพที่ 4.8) หรือให้กดปุ่ม F3 ในการเรียกระนาบตามแกน XY ขึ้นมาใช้งาน (ภาพที่ 4.9) หรือให้กดปุ่ม F4 ในการเรียกระนาบตามแกน XZ ขึ้นมาใช้งาน (ภาพที่ 4.10) จากนั้นการควบคุมระนาบสีฟ้าครามทั้งหมดสามารถควบคุมได้โดยเรียกชุดคำสั่งในเมนูโดยการกดปุ่มกลางของเมาส์จะเห็นลักษณะของเมนูตามในภาพที่ 4.10 และเคลื่อนตำแหน่งของระนาบโดยให้มุมของระนาบที่มีสามเหลี่ยมสีม่วงนั้นตรงกับจุดเริ่มต้นของสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งจุดนี้ถือเป็นจุดอ้างอิงและใช้คำสั่ง “Scale X”(ตามภาพตัวอย่าง) เพื่อปรับให้ปลายอีกด้านของระนาบไปสิ้นสุดที่ปลายอีก

ด้านของสิ่งที่ต้องการวัด และอ่านค่าที่ได้จากหน้าต่างรายงานสีฟ้าครามเพื่อทราบระยะนั้นที่ต้องการดูภาพที่ 4.11 ประกอบ



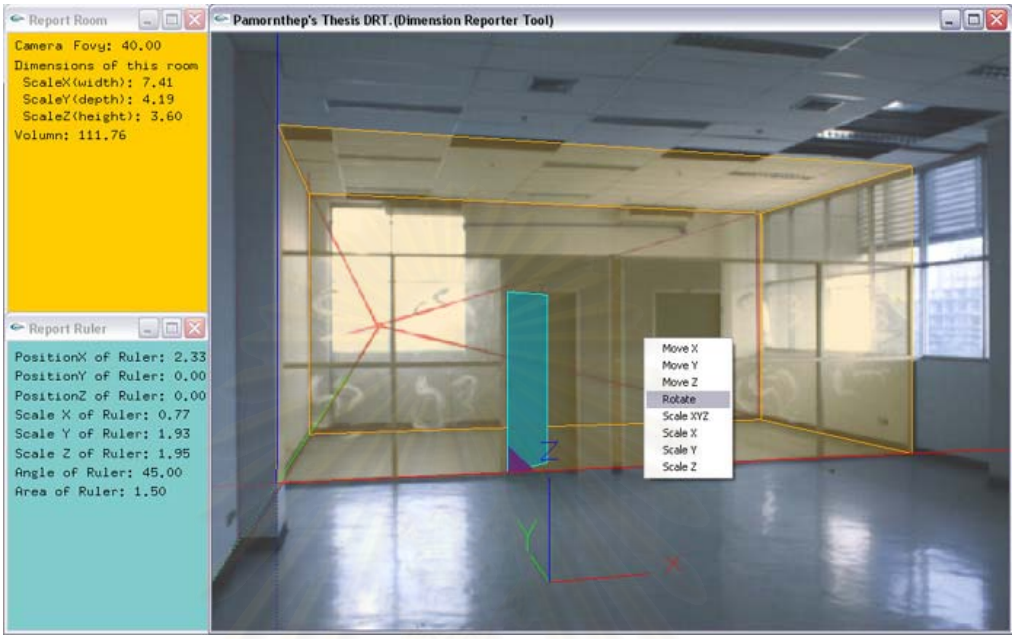
ภาพที่ 4.11 แสดงการปรับขนาดของระนาบที่จะใช้เทียบวัดสิ่งต่างๆ

- ขั้นที่ 11 เนื่องจากโปรแกรมสามารถรายงานพื้นที่ของระนาบสีฟ้าครามนี้ได้ดังนั้นนอกจากระยะแล้วยังสามารถใช้โปรแกรมนี้ในการหาพื้นที่พื้นผิวต่างๆในแกนต่างๆได้ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.12 แสดงการหาพื้นที่ของช่องเปิดที่ด้านในของห้อง



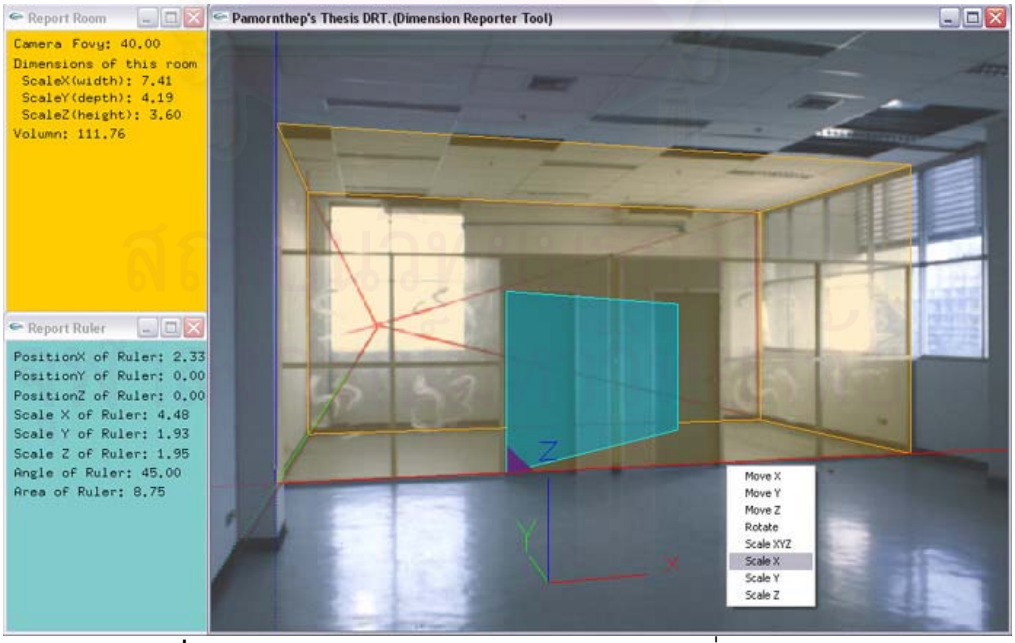
ภาพที่ 4.12 แสดงการใช้ระนาบในการเทียบหาพื้นที่ของช่องเปิด

- <u>ขั้นที่ 12</u> ใช้การควบคุมให้ระนาบบิดเอียงเป็นไปตามสิ่งของที่วางบิดเอียงไม่ขนานกับแนวผนังห้องได้โดยการกดปุ่มเมาส์กลางแล้วเลือกคำสั่ง “Rotate” จากเมนูที่ปรากฏขึ้นมาดังในภาพที่ 4.13



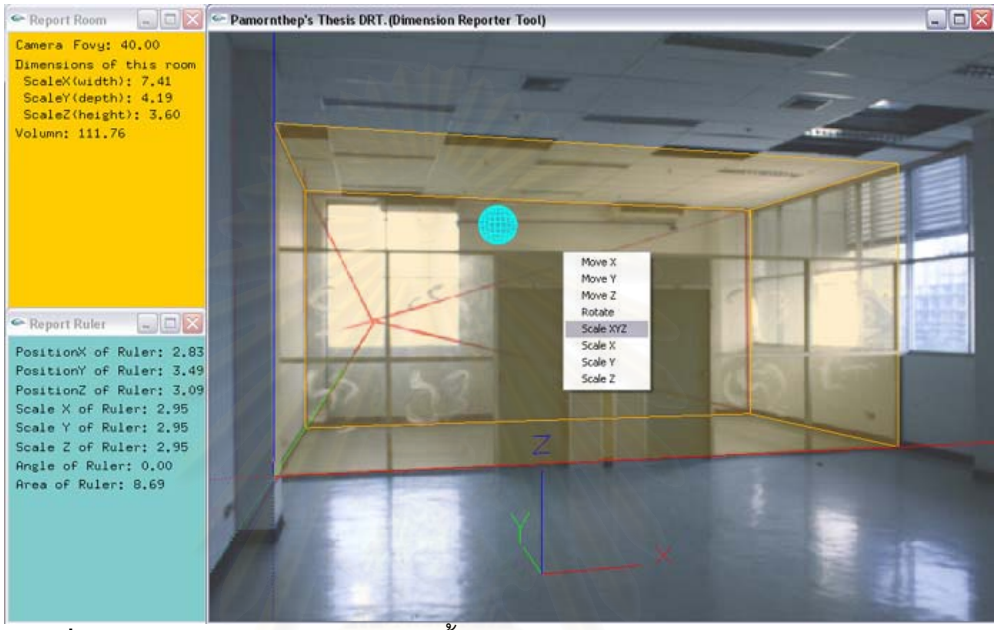
ภาพที่ 4.13 แสดงการควบคุมให้ระนาบบิดเอียงได้

- <u>ขั้นที่ 13</u> เมื่อระนาบมีการวางตัวตามองศาที่ต้องการแล้วให้ใช้คำสั่งที่ใช้ปรับขนาดของระนาบเทียบวัดสิ่งของได้ตามต้องการดังในภาพที่ 4.14



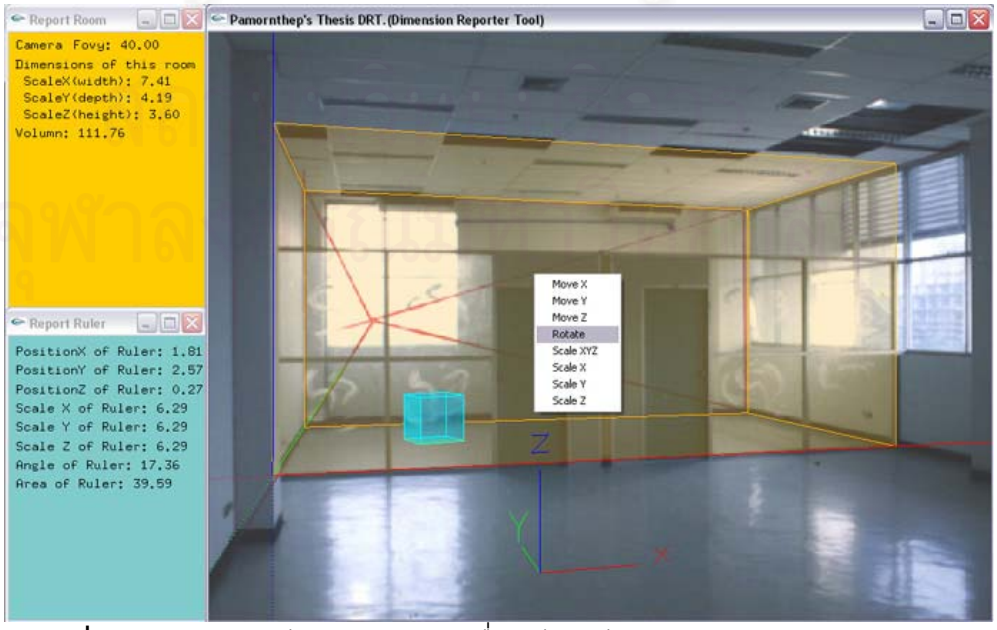
ภาพที่ 4.14 แสดงการปรับขนาดของระนาบในขณะที่บิดเอียง

- ขั้นที่ 14 เป็นการใช้ความสามารถเพิ่มเติมของโปรแกรมคือสามารถประยุกต์ใช้ในกรณีที่ต้องการทดลองนำสิ่งของที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น รูปทรงกลม รูปทรงกรวย และรูปทรงลูกบาศก์ เข้ามาเปรียบเทียบกันระหว่างสัดส่วนของห้องและสัดส่วนของวัตถุนั้นๆ โดยกดปุ่ม F5 ที่แป้นพิมพ์เพื่อเรียกรูปทรงกลมขึ้นมาใช้งาน ดังภาพที่ 4.15 และสามารถปรับตำแหน่งและขนาดในแกนต่างๆได้โดยกดปุ่มกลางที่เมาส์เพื่อเรียกเมนูที่รวมชุดคำสั่งต่างๆขึ้นมาใช้งานได้



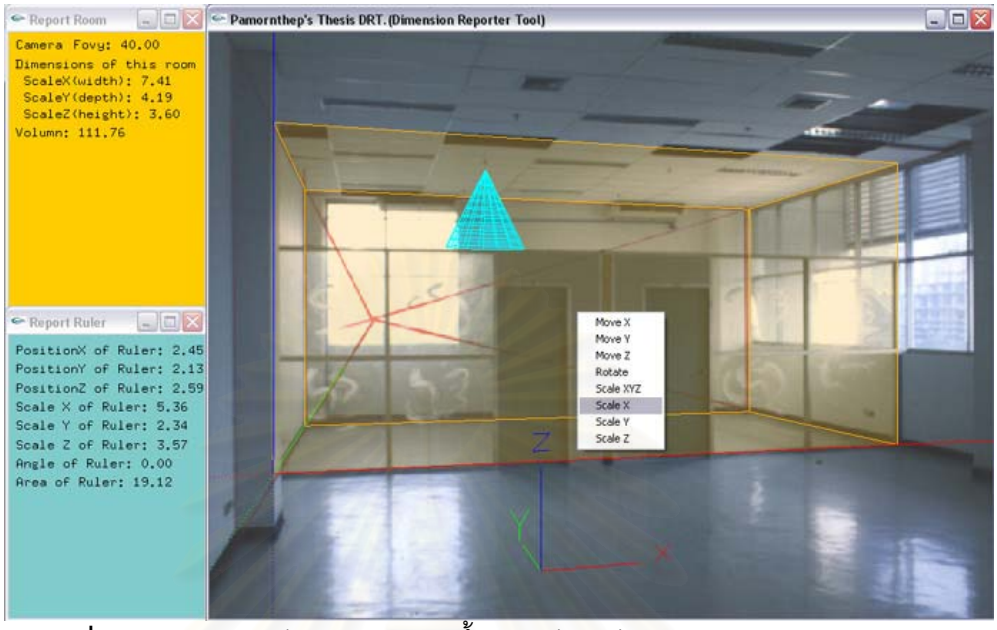
ภาพที่ 4.15 แสดงการเรียกรูปทรงกลมขึ้นมาเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง

- ขั้นที่ 15 กดปุ่ม F6 ที่แป้นพิมพ์เพื่อเรียกรูปทรงลูกบาศก์ขึ้นมาใช้งานดังภาพที่ 4.16 และสามารถปรับตำแหน่งและขนาดในแกนต่างๆได้โดยกดปุ่มกลางที่เมาส์เพื่อเรียกเมนูที่รวมชุดคำสั่งต่างๆขึ้นมาใช้งานได้



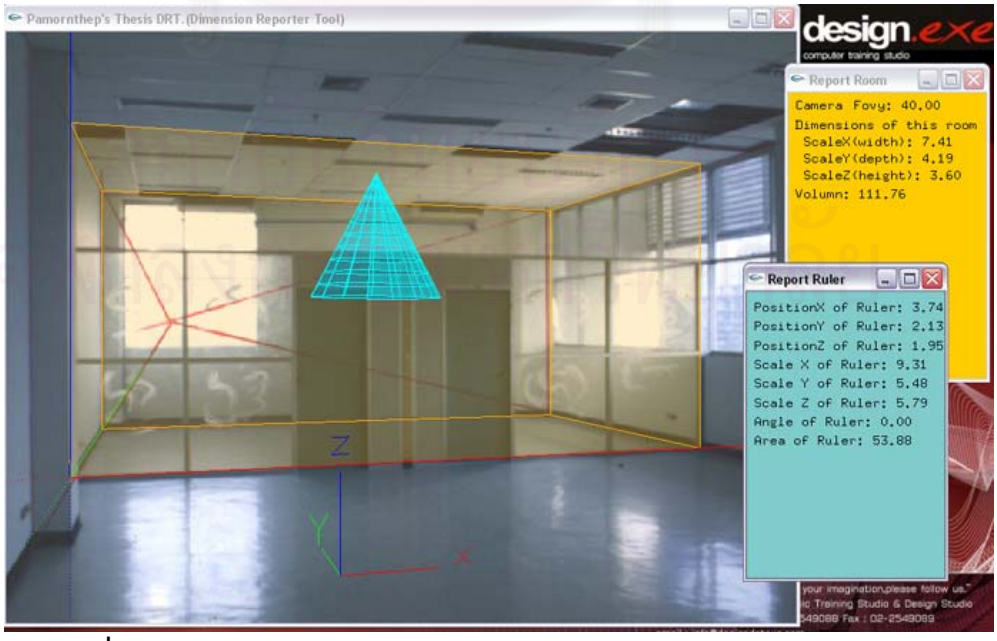
ภาพที่ 4.16 แสดงการเรียกรูปลูกบาศก์เพื่อเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง

- ขั้นที่ 16 กดปุ่ม F7 ที่แป้นพิมพ์เพื่อเรียกรูปทรงกรวยขึ้นมาใช้งานดังภาพที่ 4.17 และสามารถปรับตำแหน่งและขนาดในแกนต่างๆได้โดยกดปุ่มกลางที่เมาส์เพื่อเรียกเมนูที่รวมชุดคำสั่งต่างๆขึ้นมาใช้งานได้



ภาพที่ 4.17 แสดงการเรียกรูปทรงกรวยขึ้นมาเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนของวัตถุและห้อง

- ขั้นที่ 17 การทำงานของโปรแกรมนี้ได้แบ่งส่วนการทำงานและส่วนรายงานผลออกเป็นหน้าต่างหลักและหน้าต่างย่อยแยกออกจากกันตามลำดับเพื่อความชัดเจนและไม่สับสน โดยหน้าต่างทั้งหลายสามารถที่จะมีการจัดวางตำแหน่งและปรับขนาดได้ตามแต่ผู้ใช้งานต้องการได้เช่นในลักษณะตามตัวอย่างในภาพที่ 4.18 นี้



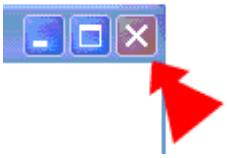
ภาพที่ 4.18 แสดงตัวอย่างการจัดวางตำแหน่งของหน้าต่างในโปรแกรม

4.3 การยกเลิกการใช้งานและการถอนการติดตั้งโปรแกรม

4.3.1 การยกเลิกการใช้งานโปรแกรม

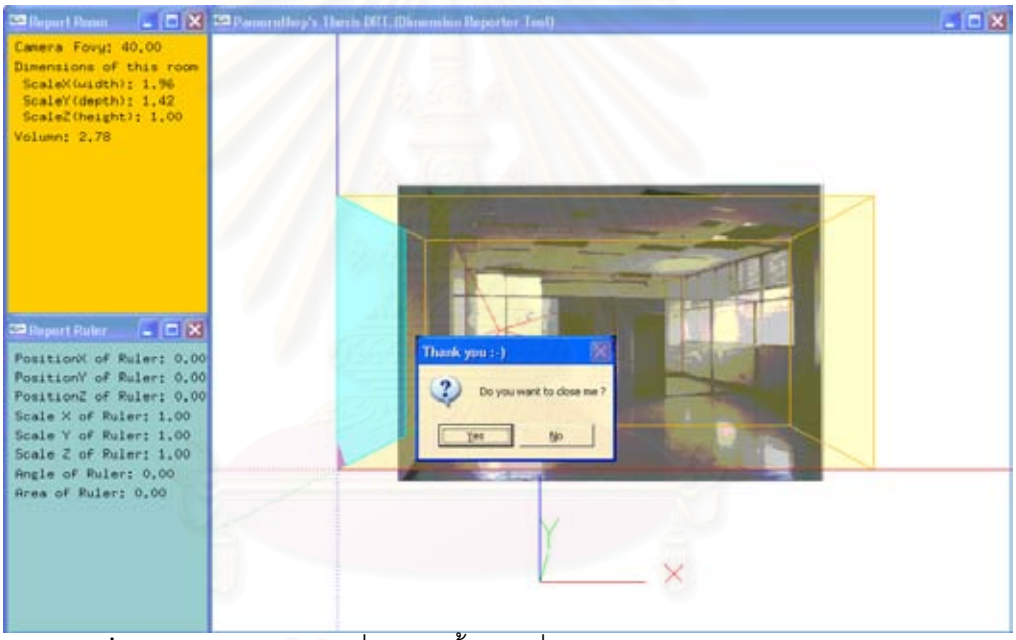
เมื่อใช้งานโปรแกรมเสร็จแล้วต้องการที่จะยกเลิกการใช้งานสามารทำได้โดย 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 สามรถกดปุ่ม Close Window ด้วยเมาส์ได้ดังภาพที่ 4.19 ที่หน้าต่างใดก็ได้



ภาพที่ 4.19 แสดงปุ่ม Close Window

วิธีที่ 2 สามารถกดปุ่ม Esc ที่แป้นพิมพ์เพื่อออกจากโปรแกรมโดยเมื่อกดปุ่มนี้แล้วจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.20 คือมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาพร้อมข้อความถามยืนยันว่าต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันกรณีที่ผู้ใช้งานกดปุ่มต่างๆที่แป้นพิมพ์แล้วกดผิดตำแหน่งอาจจะทำให้มีการออกจากโปรแกรมโดยไม่ตั้งใจได้



ภาพที่ 4.20 แสดงหน้าต่างที่ปรากฏขึ้นมาเพื่อยืนยันการออกจากโปรแกรม

4.3.2 การถอนการติดตั้งโปรแกรม

สำหรับการถอนการติดตั้งนั้นสามารถทำได้โดยเพียงคลิกเลือกโฟลเดอร์ที่บรรจุไฟล์ต่างๆของโปรแกรมแล้วกดปุ่ม Delete ที่แป้นพิมพ์โปรแกรมนี้จะถูกเก็บไว้ใน Recycle Bin แต่ถ้าต้องการลบหรือถอนการติดตั้งโปรแกรมนี้อย่างถาวรให้คลิกเมาส์ขวาเลือกที่ปุ่มสัญรูป (Icon) ของ Recycle Bin และเลือกคำสั่ง “Empty Recycle Bin” ข้อมูลต่างๆ และตัวโปรแกรมจะถูกลบออกจากคอมพิวเตอร์อย่างถาวร แต่ถ้าต้องการถอนการติดตั้งและลบข้อมูลต่างๆของโปรแกรมอย่างรวดเร็วสามารถทำได้โดยคลิกเลือกโฟลเดอร์ที่บรรจุไฟล์ต่างๆของโปรแกรมแล้วกดปุ่ม Shift ที่แป้นพิมพ์ค้างไว้แล้วจึงกดปุ่มDelete ที่แป้นพิมพ์ด้วย โปรแกรมนี้จะถูกลบออกจากคอมพิวเตอร์อย่างถาวรเช่นกัน

บทที่ 5
แสดงระยะและผลต่างที่วัดจากเทปวัดระยะกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องตัวอย่าง

การทดลองวัดระยะต่างๆของห้องตัวอย่างด้วยเทปวัดระยะและด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดด้วยเทปวัดระยะจำนวน 2 ครั้งและทำการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวน 4 ครั้งโดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ได้จากการวัดด้วยเทปวัดระยะ		ระยะที่ได้จากการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
ครั้งที่	ผู้ทำการวัด	ครั้งที่	ผู้ทำการวัด
1.	นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ	1.	นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ ครั้งที่ 1
2.	นาย อธิป อุทัยวัฒนานนท์	2.	นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ ครั้งที่ 2
		3.	นาย อธิป อุทัยวัฒนานนท์
		4.	นาย สัญชัย สันติเวส

ตารางที่ 5.1 แสดงทำผู้การวัดห้องตัวอย่างด้วยเทปวัดระยะและด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในแต่ละครั้ง

ทั้งนี้ได้มีการบันทึกระยะต่างๆที่ได้จากการวัดในแต่ละครั้งเพื่อใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีแล้วจึงนำค่าเฉลี่ยของวิธีทั้งสองมาเปรียบเทียบหาผลต่างกันเพื่อดูความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จาก 2 วิธี โดยมีการวัดหลายครั้งนั้นและมีผู้ทำการวัดนอกเหนือจากผู้ทำวิจัยด้วยโดยเฉพาะการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการทดลองโดยผู้ทำวิจัย 2หน และมีผู้อื่นอีก 2 คนในการทดลองครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เพื่อต้องการสร้างความเชื่อมั่นของค่าที่ได้จากการวัดและเป็นการตรวจสอบค่าที่ได้ด้วย โดยการบันทึกระยะในแต่ละครั้งและผลต่างของค่าเฉลี่ยจากวิธีการวัดทั้งสองได้แสดงในแต่ละห้องตัวอย่างดังต่อไปนี้

<u>หมายเหตุ</u> สามารถดูค่าระยะต่างๆของการทดลองวัดระยะต่างๆของงานสถาปัตยกรรมและงานภูมิสถาปัตยกรรมในภาคผนวก ค.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

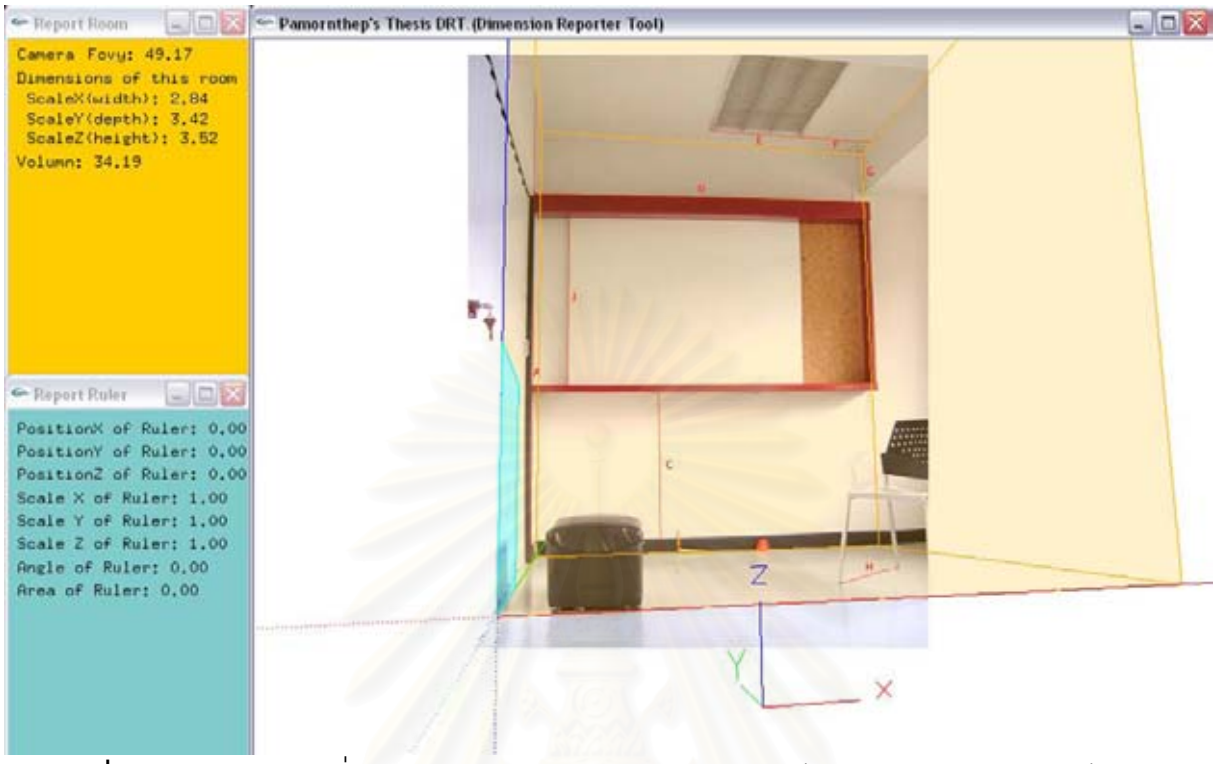
5.1 ระยะที่ได้จากการวัดด้วยวิธีทั้ง 2 ของห้องตัวอย่างที่ 1

ภาพที่ 5.1 แสดงภาพห้องตัวอย่าง 1

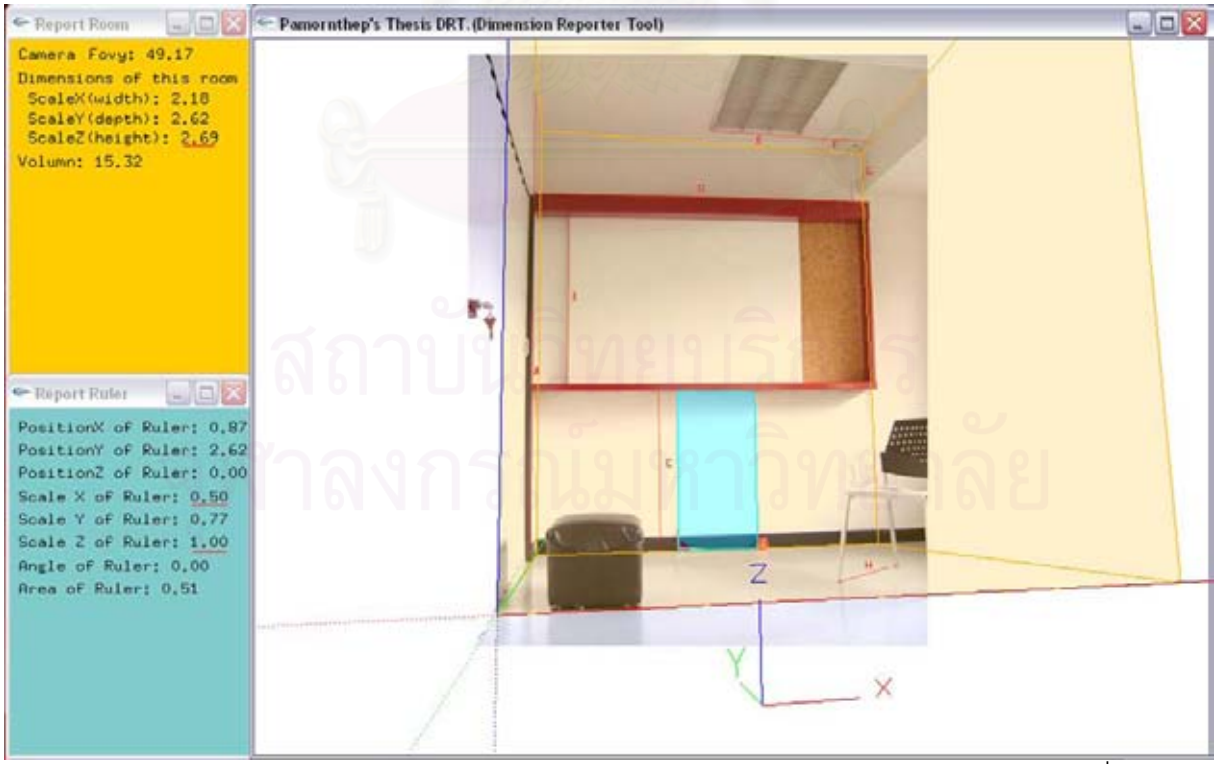
ระยะที่ต้องการ	ระยะที่ได้จากการวัดด้วยเทป			ระยะที่ได้จากการใช้งานโปรแกรม					ผลต่าง
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย	
A	2.675	2.675	2.675	2.690	2.680	2.690	2.710	2.692	0.017
B	1.075	1.075	1.075	1.070	1.070	1.075	1.080	1.073	0.002
C	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.050	1.012	0.012
D	2.145	2.145	2.145	2.150	2.145	2.150	2.155	2.150	0.005
E	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.615	0.611	0.001
F	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.475	0.471	0.001
G	0.315	0.315	0.315	0.310	0.310	0.310	0.315	0.310	0.005
H	0.530	0.530	0.530	0.550	0.570	0.550	0.580	0.562	0.032

ตารางที่ 5.2 แสดงระยะที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีของห้องตัวอย่าง1

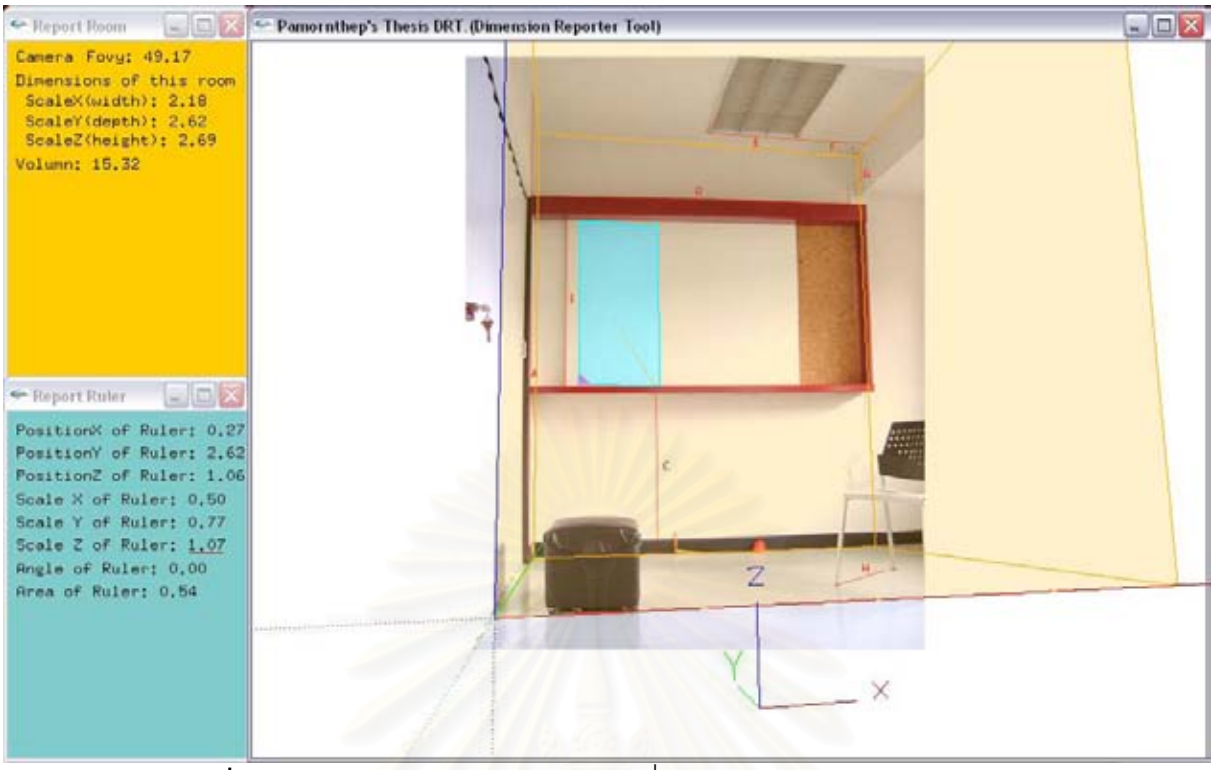
จากตัวอย่างที่ 5.1 ได้ค่าตัวเลขต่างๆจากการใช้งานโปรแกรมเป็นขั้นตอนดังแผนภาพดังต่อไปนี้



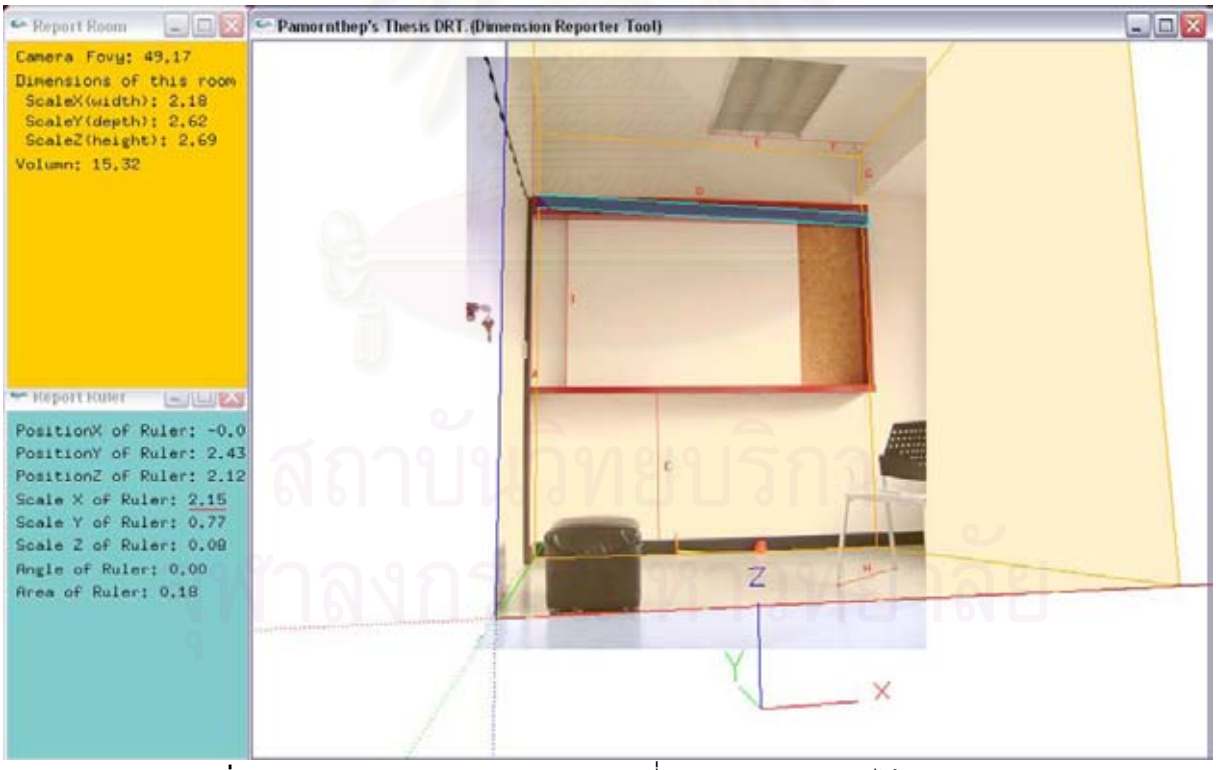
ภาพที่ 5.1 – 1 แสดงการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมปรับให้วัตถุอ้างอิงมีมุมมองและขนาดให้พอดีกับภาพ



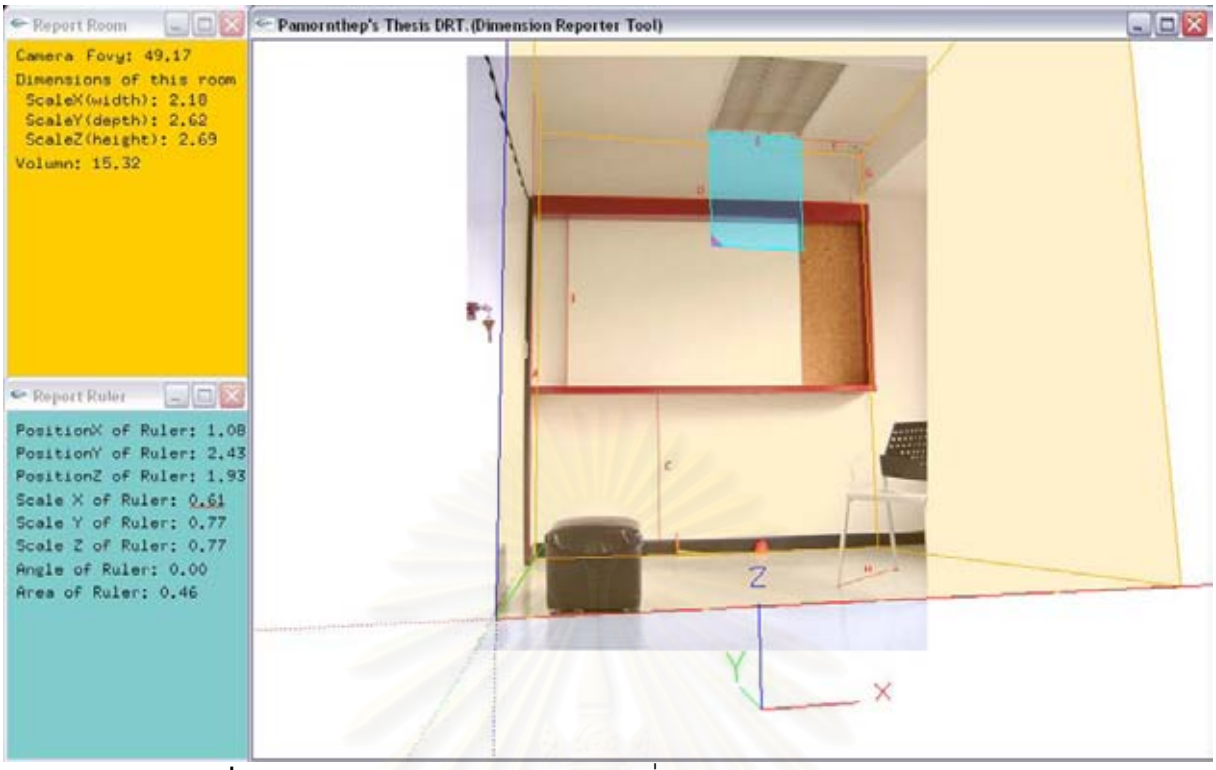
ภาพที่ 5.1 – 2 แสดงการหาระยะ A และ C โดยเทียบกับระยะจริงโดยการเทียบกับตลับเมตรที่วางไว้



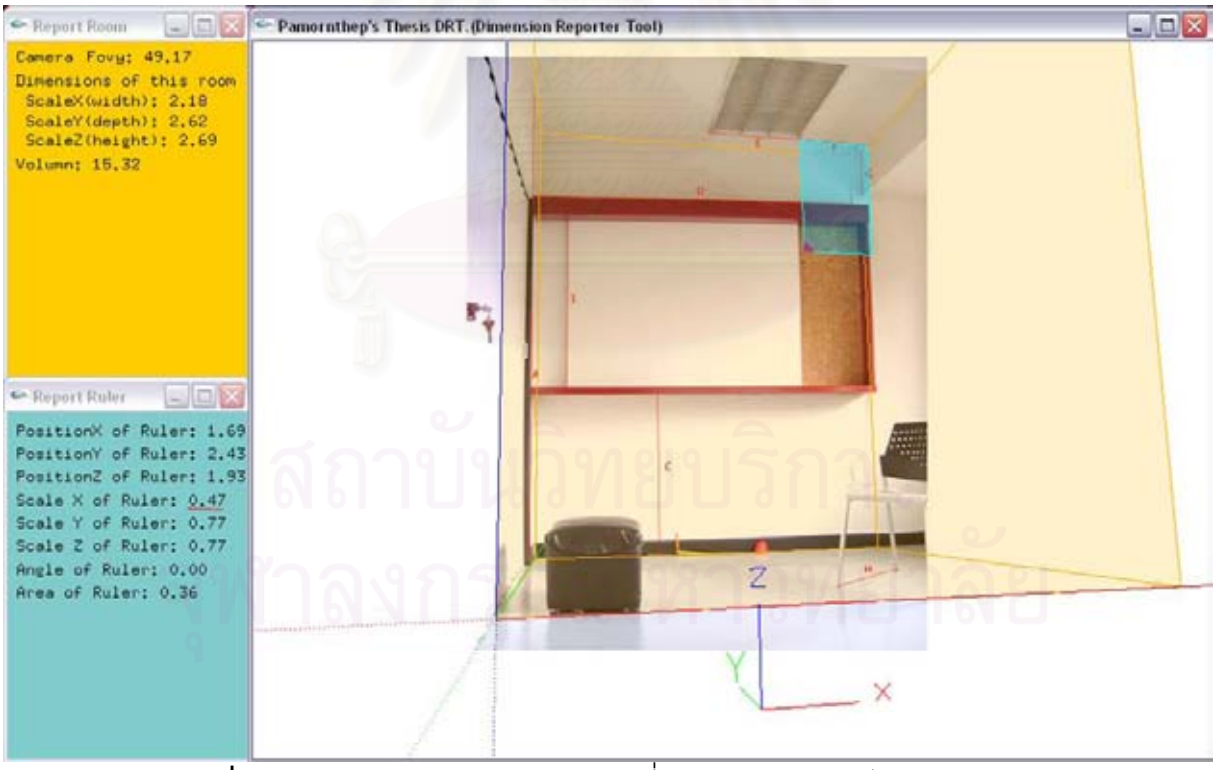
ภาพที่ 5.1 – 3 แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 1.07 ม.



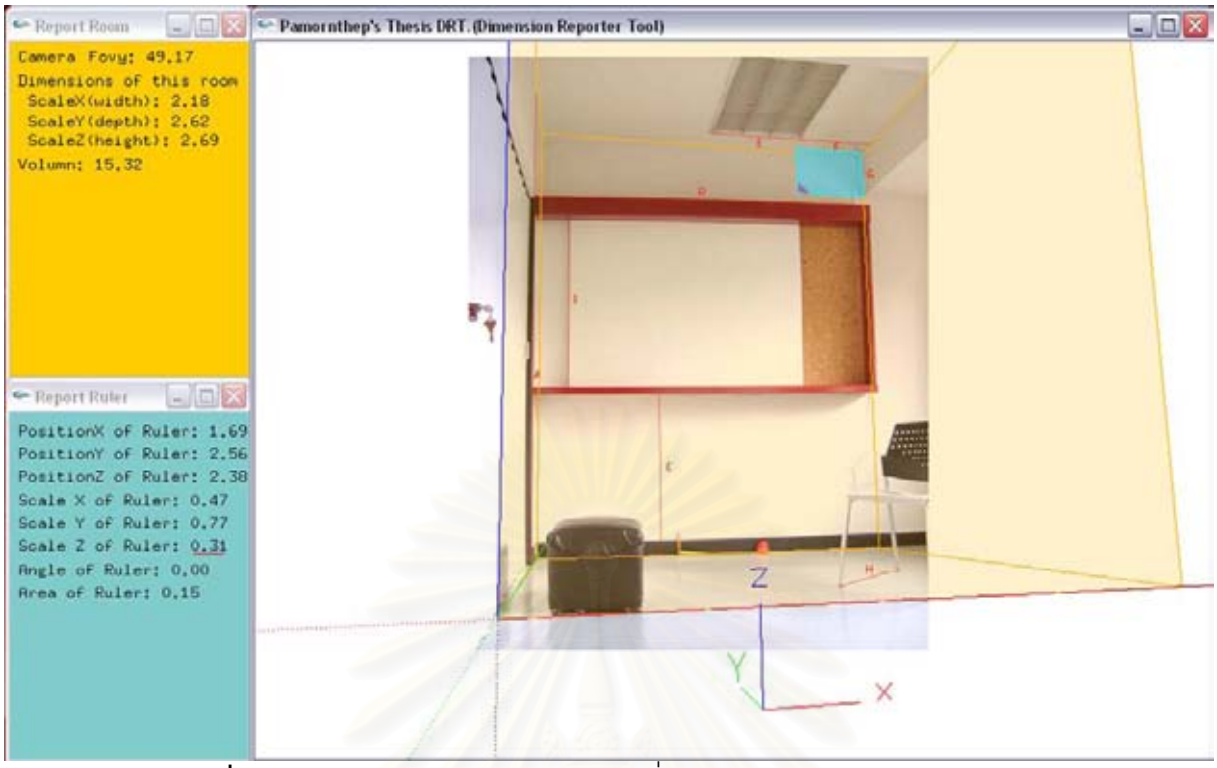
ภาพที่ 5.1 – 4 แสดงการหาระยะ D โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 2.15 ม.



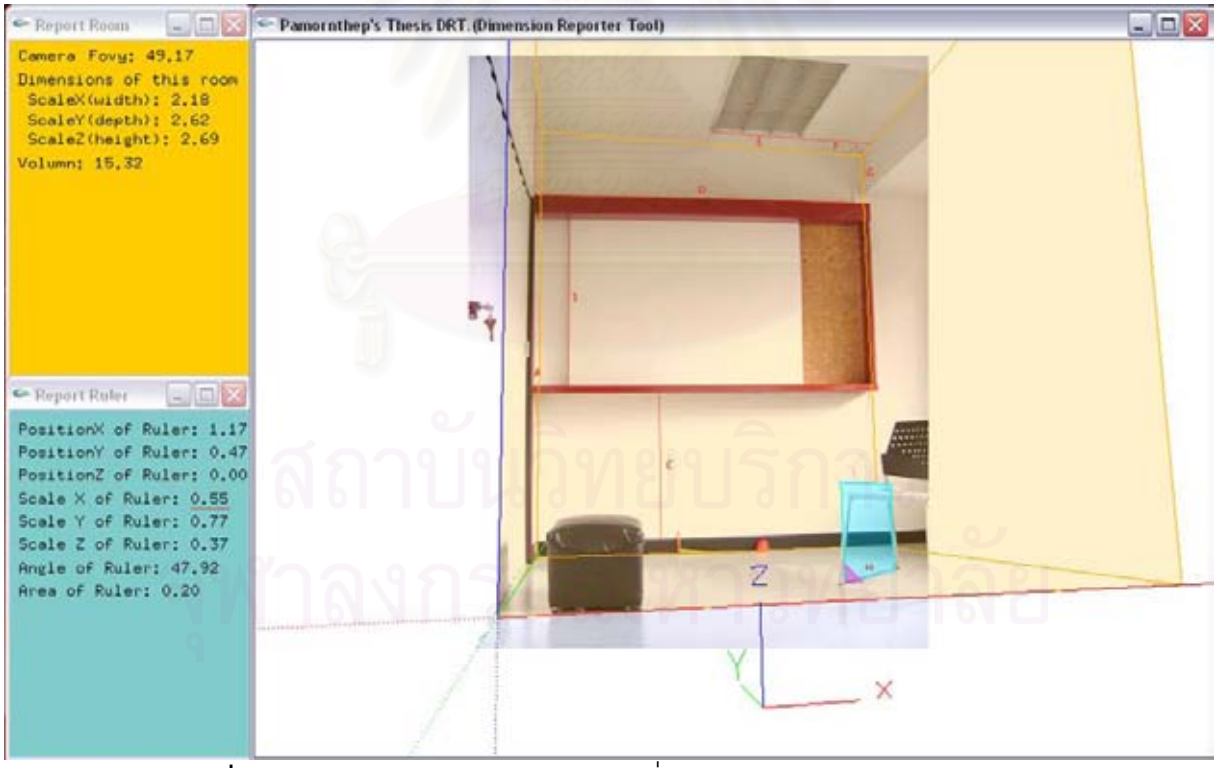
ภาพที่ 5.1 – 5 แสดงการหาระยะ E โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.61 ม.



ภาพที่ 5.1 – 6 แสดงการหาระยะ F โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.47 ม.



ภาพที่ 5.1 – 7 แสดงการหาระยะ G โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 0.31 ม.



ภาพที่ 5.1 – 8 แสดงการหาระยะ H โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.55 ม.

(การหาระยะที่ไม่ขนานไปกับแนวห้องต้องใช้คำสั่งบิดมุมของไม้บรรทัดก่อนให้พอดีกับสิ่งที่ต้องการวัด)

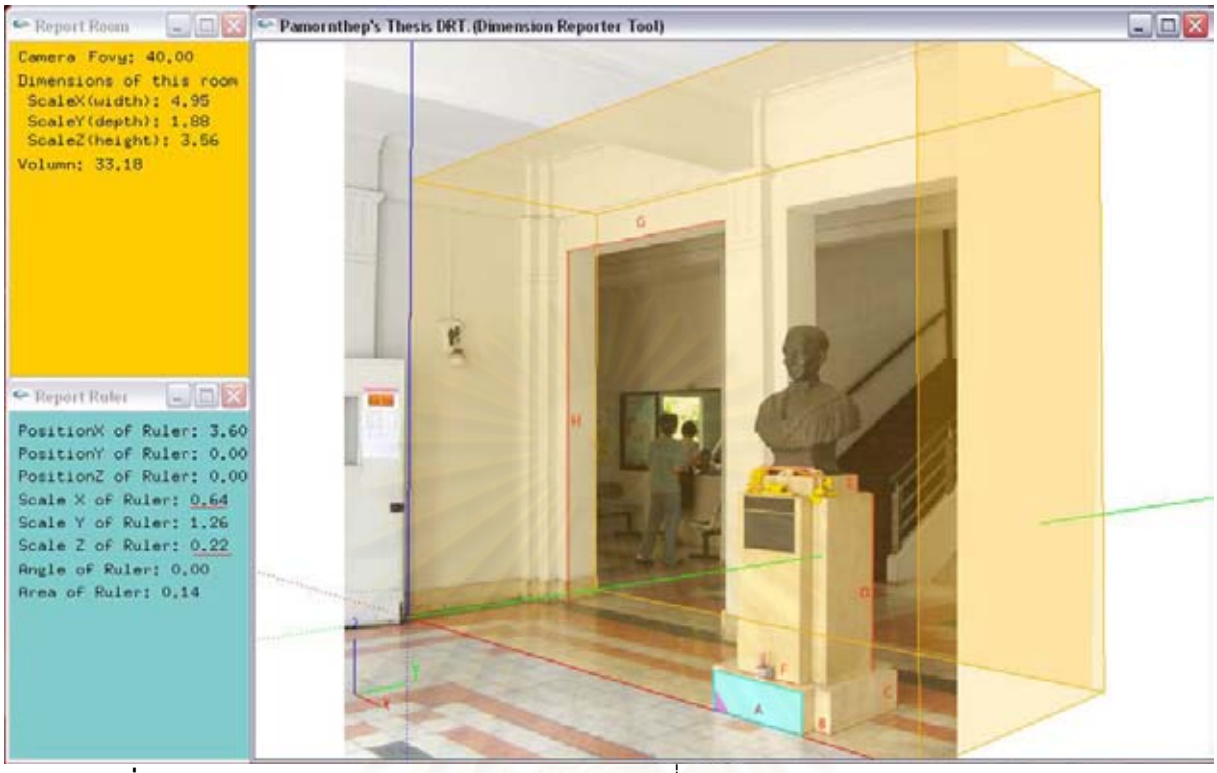
5.2 ค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีทั้ง 2 ของห้องตัวอย่าง 2

ภาพที่ 5.2 แสดงห้องตัวอย่าง 2

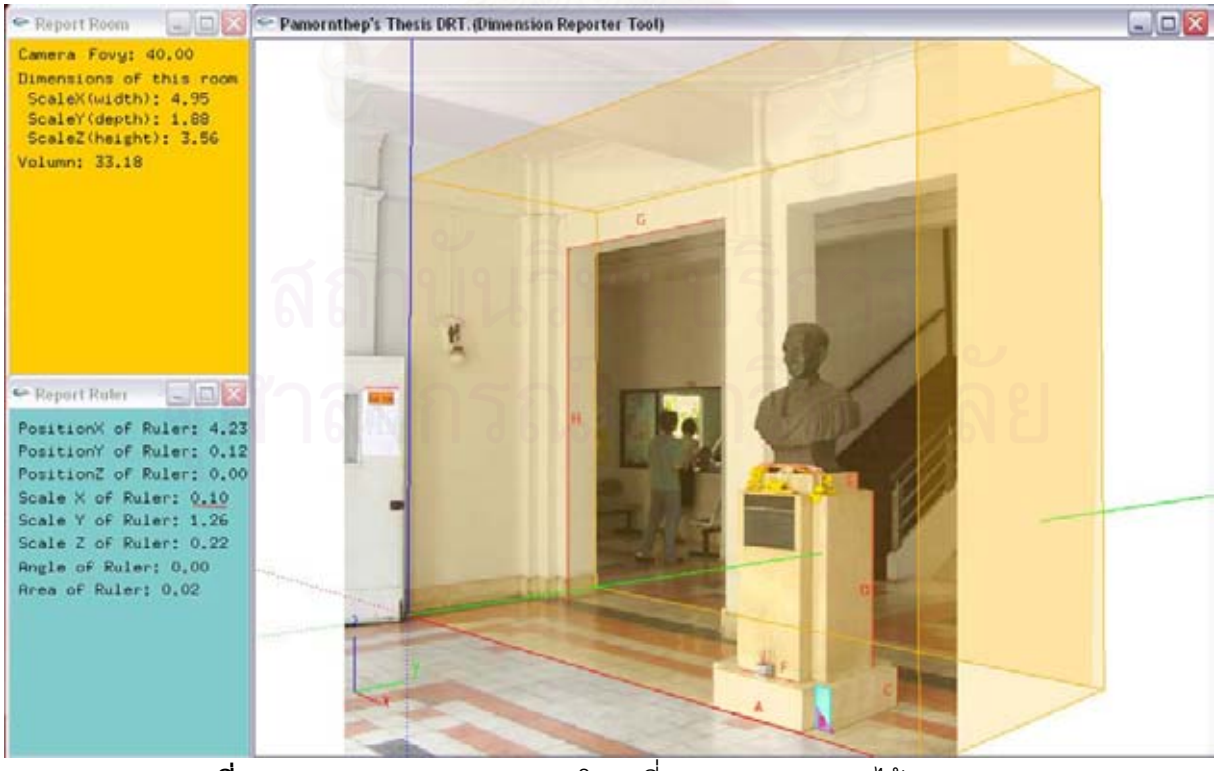
ระยะที่ต้องการ	ระยะที่ได้จากการวัดด้วยเทป			ระยะที่ได้จากการใช้โปรแกรม					ผลต่าง
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย	
A	0.64	0.64	0.640	0.64	0.64	0.63	0.65	0.640	0.000
B	0.10	0.10	0.100	0.10	0.10	0.10	0.12	0.105	0.005
C	0.22	0.22	0.220	0.22	0.22	0.21	0.22	0.217	0.003
D	1.01	1.01	1.010	1.00	1.00	1.00	1.02	1.005	0.005
E	0.10	0.10	0.100	0.10	0.10	0.10	0.10	0.100	0.000
F	0.43	0.43	0.430	0.43	0.43	0.42	0.44	0.430	0.000
G	1.95	1.95	1.950	1.96	1.96	1.94	1.97	1.957	0.007
H	3.18	3.18	3.180	3.19	3.19	3.16	3.20	3.185	0.005

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีของห้องตัวอย่าง 2

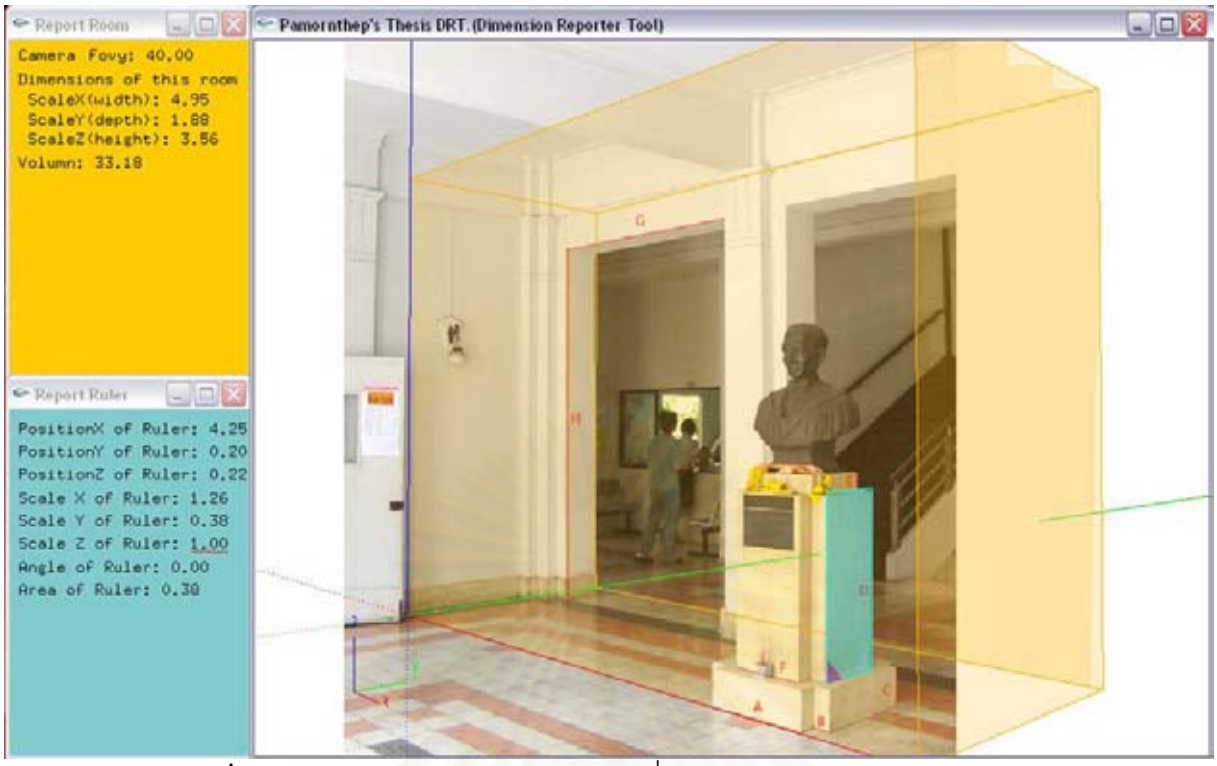
จากตัวอย่างที่ 5.2 ได้ค่าตัวเลขต่างๆจากการใช้งานโปรแกรมเป็นขั้นตอนดังแผนภาพดังต่อไปนี้



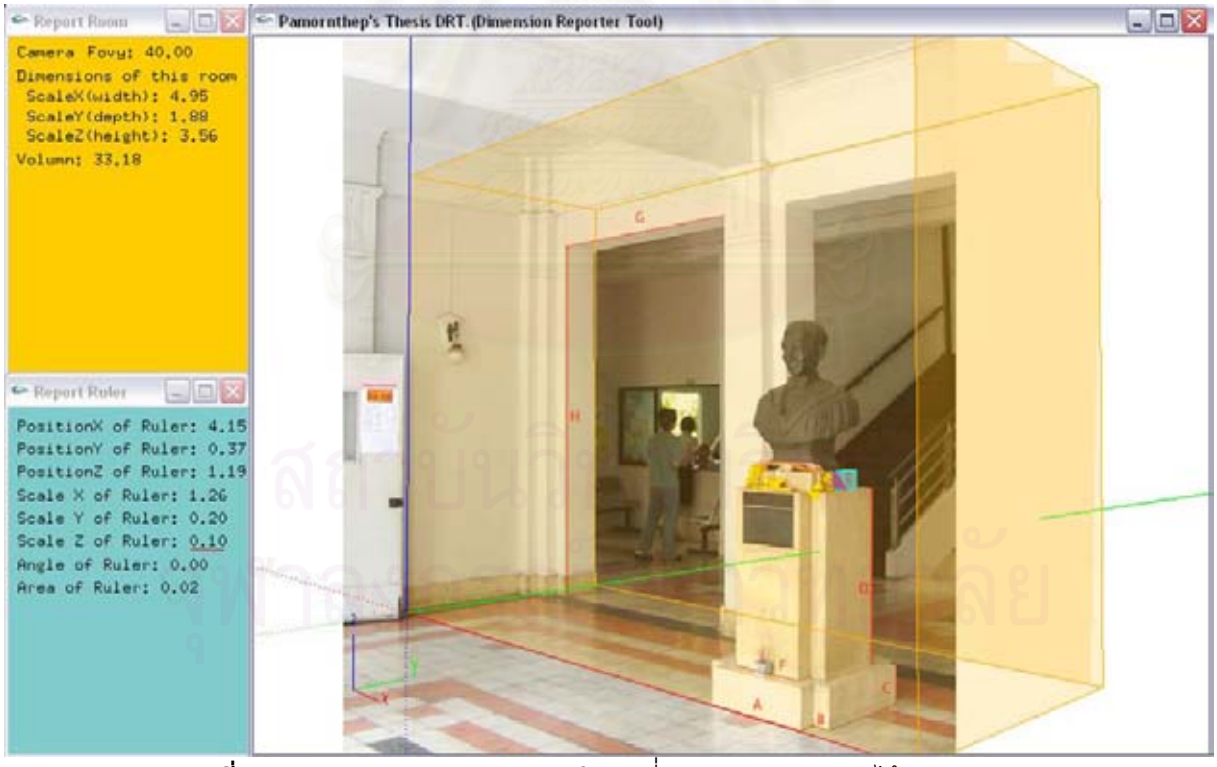
ภาพที่ 5.2 – 1 แสดงการหาระยะ A และ C โดยดูค่าที่ Scale X of Ruler และ Scale Z of Ruler โดยได้ค่าเป็น 0.64 และ 0.22 ตามลำดับ



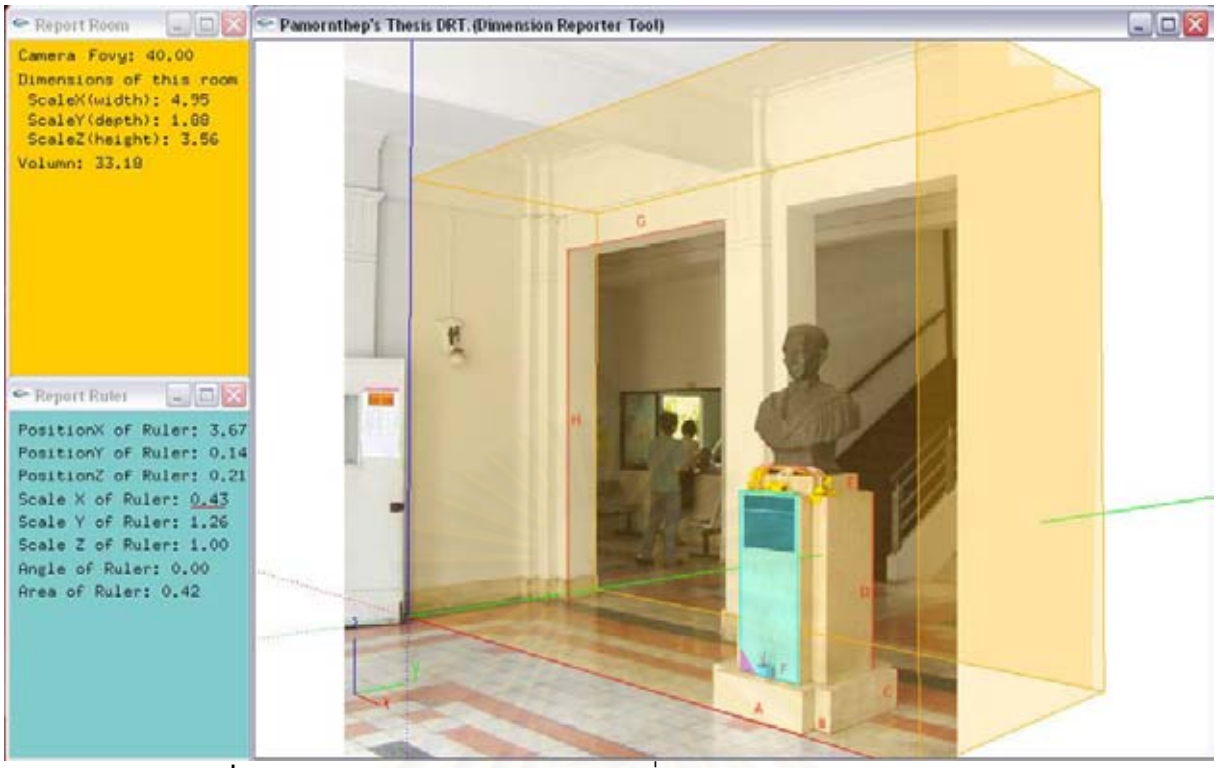
ภาพที่ 5.2 – 2 แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.10 ม.



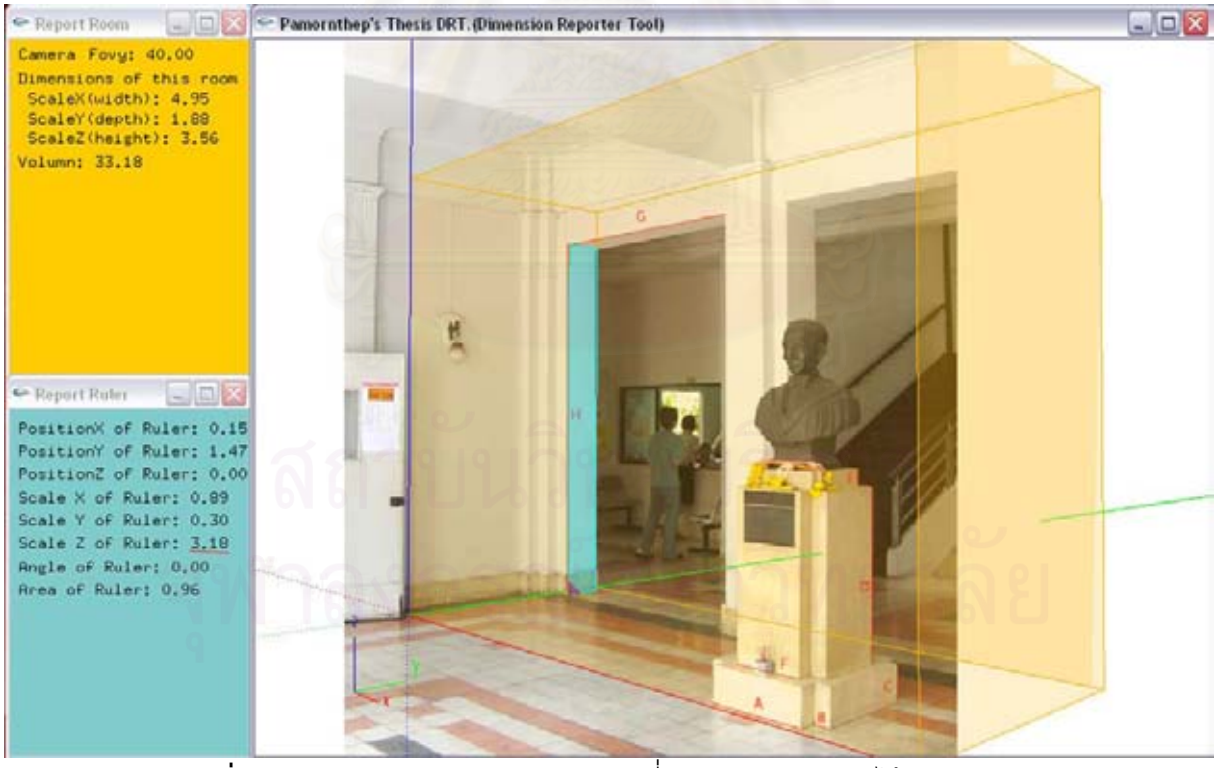
ภาพที่ 5.2 – 3 แสดงการหาระยะ D โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 1.00 ม.



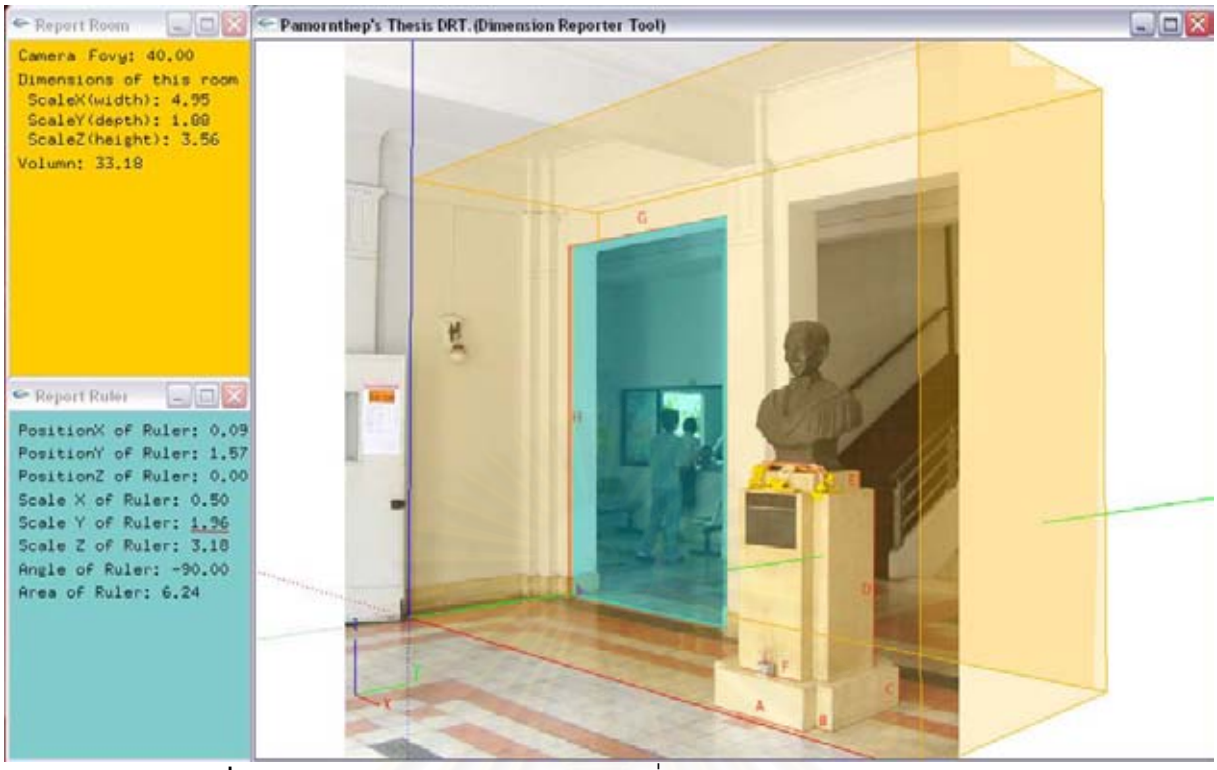
ภาพที่ 5.2 – 4 แสดงการหาระยะ E โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 0.10 ม.



ภาพที่ 5.2 – 5 แสดงการหาระยะ F โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.43 ม.



ภาพที่ 5.2 – 6 แสดงการหาระยะ H โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 3.18 ม.



ภาพที่ 5.2 – 7 แสดงการหาระยะ G โดยดูที่ Scale Y of Ruler ได้ระยะ 1.96 ม.

5.3 สรุปผลจากการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆที่ได้มาจากทั้ง 2 วิธีที่มีความแตกต่างกัน

จากตัวอย่างทั้งหมดสามารถสรุปผลการทดสอบการวัดด้วยวิธีวัดด้วยเทปวัดระยะทางตรง กับวิธีการวัดระยะทางอ้อมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนั้น ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากสุดที่ 0.017 ซม.ในระนาบที่ทำมุมปกติ ส่วนระนาบที่มีการบิดเอียงจากระนาบตามมุมของกล้องแตกต่างกันเป็น 0.032 ซม. ซึ่งการที่ค่าความคลาดเคลื่อนมากนี้เป็นเพราะการบิดเอียงนั้นอาจเกิดความคลาดเคลื่อนที่การปรับมุมให้มีความพอดีด้วย ส่วนระยะที่มีความยาวสั้นหรือเป็นระยะที่อยู่ภายในด้านระนาบด้านตรงข้ามกับจุดมองจะมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของวิธีวัดทั้งสองไม่มากคืออยู่ในช่วง 0.000 ถึง 0.007 ซม. แต่สำหรับระยะที่อยู่ภายในระนาบที่อยู่ด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของจุดมองนั้น มักจะมีระยะที่แตกต่างกันมากต้องอาศัยความละเอียดอ่อนในการปรับแต่งวัตถุอ้างอิงในโปรแกรมให้มีมุมมองที่พอดีกับภาพ ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่างๆคือการปรับค่าต่างๆไม่ได้ใกล้เคียงกับภาพ ค่าต่างๆที่ถูกรายงานออกมาก็จะมีความคลาดเคลื่อน แต่อย่างไรก็ตามการวัดทั้ง 2 วิธีนี้ที่มีค่าแตกต่างกันอาจจะมาจากความคลาดเคลื่อนของเทปวัดได้เช่นกัน เพราะเทปวัดระยะก็ไม่ใช่เครื่องมือที่จะรายงานค่าที่แท้จริงของสิ่งที่ทำการวัดได้เสมอไป เช่น เทปที่ใช้วัดเมื่อถูกดึงให้ยาวออกมากๆก็มีการหย่อนตัว หรือผู้ทำการวัดดึงเทปตึงเกินไปความยาวของเทปวัดระยะก็มีการรายงานค่าออกมาไม่ตรงกับความเป็นจริงได้ ดังนั้นการวัดระยะของสิ่งที่มีขนาดไม่ใหญ่มากความคลาดเคลื่อนก็จะลดลงตาม ซึ่งก็สามารถกล่าวได้ว่าสิ่งที่ต้องการวัดระยะยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าใดความคลาดเคลื่อนก็ย่อมเกิดขึ้นมากตามเช่นกัน

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทำวิจัยนี้ได้ทำให้ทราบว่ามนุษย์มักที่ต้องพบกับข้อจำกัดในการทำงานด้านต่างๆเนื่องด้วยมนุษย์นั้นไม่ได้ถูกสร้างมาสำหรับทำงานได้ในทุกด้าน ความสามารถของอวัยวะต่างๆของมนุษย์มีข้อจำกัด เช่นเราไม่ได้มีประสาทในการรับรู้กลิ่นดีเท่าสุนัข หรือการใช้สายตารับรู้เห็นสิ่งต่างๆก็ไม่สามารถทำได้ดีนักในเวลากลางคืนหรือที่ที่มีแสงน้อยมากๆ หรือการที่จะใช้สายตามองสิ่งต่างๆในระยะไกลๆ ทำให้มนุษย์จำเป็นต้องมีการสร้างเครื่องมือขึ้นมาช่วยทำงานในด้านต่างๆที่จะสามารถขยายขีดความสามารถหรือข้อจำกัดของตนให้ไกลออกไปเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้นสะดวกขึ้นกว่าสิ่งที่เป็นอยู่เดิม ดังนั้นเราจะพบว่ามนุษย์ได้ทำการวิจัย คิดค้น และประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ต่างๆขึ้นมาใช้ช่วยทำงานแบบใหม่ๆอยู่เสมอๆ

โดยในกรณีของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เน้นที่การหาเครื่องมือและวิธีการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างๆไปจากเครื่องมือและวิธีการหาระยะต่างๆ ในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายในแบบเดิมที่เป็นอยู่ซึ่งได้มีข้อจำกัดที่ผู้วิจัยเห็นเป็นประเด็นปัญหาต่างๆตามที่ได้เสนอไว้แล้วในบทที่ 1 จึงได้มีการดำเนินการ และพัฒนาจนได้ผลวิจัยออกมาเป็นเครื่องมือคือโปรแกรมคอมพิวเตอร์และวิธีการใช้งานเครื่องมือ ถือเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งหรืออีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมหรือแก้ข้อจำกัดต่างๆที่ได้นิยามปัญหาไปแล้วได้

จากการทดลองใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ได้ผลการทดลองที่สามารถสรุปได้ว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ได้ในระดับที่น่าพอใจภายใต้ขอบเขตและเงื่อนไขการใช้งาน[1]และควรที่จะมีการพัฒนาต่อไปให้มีประสิทธิภาพและการใช้งานได้สะดวกขึ้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดที่ใช้กันอยู่เดิมก็ยังคงจำเป็นที่จะขาดไปเสียมิได้ เพราะในบางสถานการณ์หรือในบางเงื่อนไขก็ยังคงได้รับความสะดวกจากการใช้เครื่องมือและวิธีการแบบเดิมอยู่ และเครื่องมือตัวใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้นในเวลานี้ก็ยังไม่สามารถที่จะนำเข้ามาแทนที่เครื่องมือและวิธีการแบบเดิมได้ทั้งหมดแต่ได้เข้ามามีบทบาทในลักษณะที่จะเป็นตัวช่วยในสิ่งที่วิธีการแบบเดิมยังขาดอยู่ หรือช่วยส่งเสริมกิจกรรมที่ต้องเกี่ยวข้องกับการวัดหาระยะต่างๆให้เอื้อประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในภาพรวมได้เป็นอย่างดี เช่น ผลของงานวิจัยนี้ได้มีความสามารถอื่นๆที่ได้เพิ่มเติมในลักษณะเป็นผลพลอยได้ตามมานอกจากที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้คือสามารถที่จะหาปริมาตร หรือพื้นที่บริเวณที่ต้องการได้ทันที หรือใช้ในการเทียบหาในเรื่องของสัดส่วนของสิ่ง

---

[1] ได้อธิบายในรายละเอียดในหัวข้อ 6.1.2

ต่างๆที่จะต้องออกแบบในงานนั้นๆได้อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงถือสรุปได้ว่าควรมีการใช้งานร่วมกันระหว่างวิธีการแบบเดิมและวิธีการของเครื่องมือตัวใหม่นี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้งานและควรที่จะมีการพัฒนาเครื่องมือนี้เพิ่มเติมเพื่อขยายความสามารถของเครื่องมือตัวใหม่นี้ต่อไป ส่วนข้อสรุปในรายละเอียดของประเด็นสำคัญๆได้อธิบายสรุปตามหัวข้อดังต่อไปนี้

6.1.1 **ความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ**

ในการวัดระยะทางไม่ว่าด้วยวิธีใดย่อมมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ แต่ประเด็นสำคัญอยู่ที่ว่าความคลาดเคลื่อนนั้นมีความมากน้อยเหมาะสำหรับความต้องการความละเอียดมากน้อยขนาดไหนซึ่งงานบางงานได้มีความต้องการแค่ทราบระยะโดยประมาณ ค่าที่ได้จากการวัดแม้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างก็สามารถนำไปใช้งานได้ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้มาจากปัจจัยต่างๆกล่าวโดยสรุปคือ

1. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเลนส์ ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพมาย่อมมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น คือมีความไม่ตรงกับความเป็นจริงเพราะเป็นไปตามข้อจำกัดในเรื่องของเลนส์ เช่นถ้ามีการใช้เลนส์แบบสั้น หรือแบบยาวถ่ายภาพภาพที่ได้จะมีความเพี้ยนเกิดขึ้น (สามารถดูรายละเอียดได้ที่บทที่ 2 หัวข้อ 2.5.4 ถึง 2.5.6)
2. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องกราดภาพ (Scanner) ไฟล์ข้อมูลที่ได้อาจมีความครบถ้วนของข้อมูลน้อย หรือมีความผิดเพี้ยนไปได้
3. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน เช่นขาดความชำนาญ ความสะเพร่า หรือความไม่ประณีตในการปรับค่าต่างๆ
4. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของภาพ หรือภาพถ่ายมีรายละเอียดไม่เพียงพอ เช่นไม่เห็นส่วนที่เป็นระนาบ พื้น ผนัง เพดานได้ครบ เพราะสภาพหน้างานอาจมีสิ่งกีดขวางมาก หรือสภาพแสงไม่เอื้อต่อการถ่ายภาพ เป็นต้น
5. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้ระยะอ้างอิงไม่เหมาะสมในการวัดด้วยโปรแกรม เช่นการวัดห้องขนาดใหญ่ แต่เทียบจากระยะอ้างอิงที่สั้น ทำให้โอกาสที่เกิดความคลาดเคลื่อนมีสูง แต่ถ้ารู้ระยะอ้างอิงที่เป็นระยะที่ถูกต้องและชัดเจนที่มีความยาวยาวตามด้วย การเทียบหาระยะก็จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง
6. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพห้องหรือสถานที่ที่ทำการวัดมีความบิดเอียงของระนาบต่างๆสูง เช่นมีการแอ่นตกท้องช้าง ผนังเอียงไม่ได้ฉาก หรือระดับพื้นไม่ได้ระดับเป็นต้น

ดังนั้นจากสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่างๆและวัตถุประสงค์ในการนำระยะไปใช้งานว่าต้องการความละเอียดเพียงไร ได้ส่งผลให้มีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขในการใช้งานโปรแกรมดังจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

6.1.2 เงื่อนไขการใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมในงานวิจัยนี้ได้มีการวางขอบเขตและสรุปเงื่อนไขการใช้งานคือ

1. ควรใช้งานโปรแกรมนี้สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดของระยะต่างๆในระดับโดยประมาณในงานสถาปัตยกรรมภายใน [2] ไม่รวมงานที่ต้องการความละเอียด หรือมีความถูกต้องแม่นยำสูง
2. ต้องใช้ภาพถ่ายที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้เลนส์แบบปกติ [3] ที่มีองค์ประกอบสำคัญในงานสถาปัตยกรรมภายในคือ พื้น ผนัง เพดาน ครบถ้วน ดังนั้นบริเวณที่ต้องการถ่ายภาพต้องมีระยะที่ใช้ยืนถ่ายภาพเพียงพอที่จะถ่ายภาพได้ครบ และมีสภาพแสงที่เหมาะสม ดังนั้นสำหรับสถานที่หรือห้องที่มีขนาดใหญ่อาจมีการถ่ายภาพในแต่ละมุมมองย่อยๆที่มีความสมบูรณ์หลายๆมุมมองประกอบกัน
3. ถ้าต้องการค่าที่เชื่อถือได้ควรใช้งานโปรแกรมซ้ำหลายครั้งเพื่อตรวจสอบค่าที่ได้และบันทึกค่าที่ได้ในแต่ละครั้งไปใช้หาค่าเฉลี่ยก่อนนำไปใช้งาน หรือมีการวัดด้วยวิธีทางตรงเพื่อตรวจสอบค่าด้วย
4. ผู้ใช้งานควรฝึกฝนการใช้งานโปรแกรมให้มีความคุ้นเคยและมีความชำนาญก่อนใช้งานโปรแกรมเพื่อหาระยะในการนำไปใช้งานจริงทั้งนี้ระหว่างการใช้งานควรใช้งานโปรแกรมอย่างตั้งใจมีความประณีตในการปรับค่าต่างๆ
5. ควรหาระยะอ้างอิงให้มีความเหมาะสมกับขนาดของสถานที่หรือห้องที่ทำการวัดเช่นห้องโถงขนาดใหญ่ก็ควรใช้ระยะอ้างอิงที่มีความยาว จะลดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการใช้ระยะอ้างอิงที่สั้น
6. โปรแกรมนี้ได้ใช้แนวคิดในการปรับรูปทรงที่เตรียมไว้ให้ให้มีความพอดีกับรูปทรงของห้องดังนั้นถ้ารูปทรงของห้องประกอบกันขึ้นมาจากระนาบที่มีความบิดเอียงหรือวางต่อกันแบบไม่ได้ฉากหรือมีการแอ่นตัวของระนาบต่างๆจะใช้โปรแกรมนี้ได้ไม่ดีเท่าที่ควรและมักจะได้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนสูง เพราะรูปทรงที่โปรแกรมเตรียมไว้จะเป็นรูปทรงที่ประกอบกันขึ้นจากระนาบตรงมีการต่อกันได้ฉากดังนั้นการปรับให้ได้มุมมองพอดีกันระหว่างรูปทรงที่สมบูรณ์กับรูปทรงที่มีความบิดเอียงจะไม่มีความเป็นไปได้

---

[2] งานสถาปัตยกรรมภายในที่ต้องการทราบระยะที่มีความละเอียดในระดับโดยประมาณได้เสนอไว้ ในตารางที่ 2.2

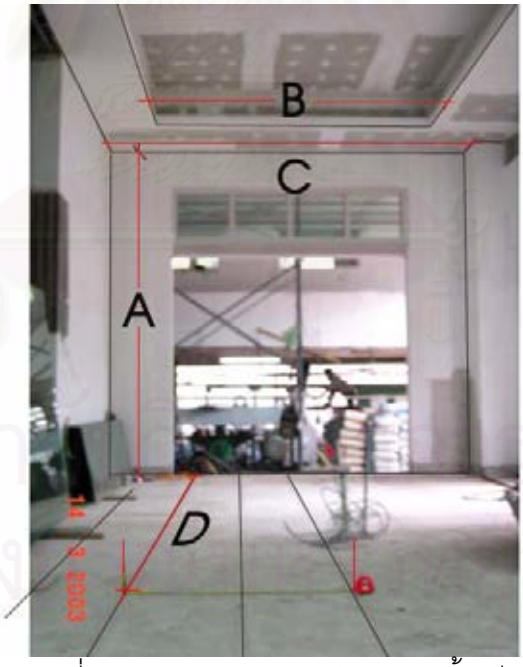
[3] ทฤษฎีเกี่ยวกับเลนซ์เสนอไว้ในบทที่ 2 โดยเลนส์แบบปกติเสนอรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2.5.3

6.1.3 การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม

การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมได้มีการประเมินตามประเด็นที่สำคัญที่ได้เสนอไว้ในส่วนการนิยามปัญหาในงานวิจัยนี้ในบทที่ 1เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลของงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพตอบรับกับปัญหาที่ได้นิยามไว้ได้ โดยอธิบายเป็นประเด็นๆได้ดังนี้

การสิ้นเปลืองแรงงาน โปรแกรมนี้สามารถใช้หาระยะต่างๆจากภาพถ่ายได้โดยผู้ทำการสำรวจเป็นผู้ถ่ายภาพต่างๆ โดยลำพังได้

การสิ้นเปลืองเวลา ในการหาระยะที่เป็นระยะที่วัดได้โดยปกตินั้นการใช้ตลับเมตรวัดโดยตรงย่อมมีความสะดวกและเร็วกว่าการใช้โปรแกรมหาระยะ แต่การใช้โปรแกรมนั้นถ้าปรับมุมมองของรูปทรงในโปรแกรมให้พอดีกับมุมมองของภาพได้แล้วการวัดระยะต่างๆภายในภาพโดยรวมจะมีความเร็วกว่าหรือเทียบเท่ากับการวัดด้วยเทปวัดได้เพราะการวัดด้วยเทปต้องวัดด้วยการลากเทปแล้วจดบันทึกค่า แล้วลากเทปในจุดที่ทำการวัดต่อไปแล้วบันทึกค่าสลับกันไปและบางระยะนั้นอาจจะต้องมีการต่อบันไดเพื่อปีนขึ้นไปวัดความสูงเป็นช่วงๆในส่วนที่มีความสูงมากๆเช่นในตัวอย่าง ที่ A ขึ้นลง 1 ครั้ง ที่ B ขึ้นลง 4 ครั้ง และที่ C ขึ้นลง 4 ครั้ง (ทั้ง ระยะ Bและ C ต้องวัด 4 ช่วงต่อ) รวมเป็น 9 ครั้งทำให้เมื่อมีการทดลองจับเวลาโดยรวมแล้วการใช้งานโปรแกรมกับห้องที่มีระยะที่ไม่สามารถทำการวัดทันที การวัดโดยใช้งานโปรแกรมจะใช้เวลาน้อยกว่าดังตัวอย่างดังนี้



ภาพที่ 6.1 แสดงห้องตัวอย่างที่ทำการทดลองจับเวลาในการวัดทั้งวิธีใช้โปรแกรมและวิธีใช้เทปวัด

วิธีการวัดระยะ	เวลาที่ใช้	หมายเหตุ
ใช้เทปวัดระยะวัดระยะ A, B, C และ D	7.57นาที	รวมเวลาในการใช้บันไดและปีนขึ้นลงรวม 9 ครั้ง
ใช้โปรแกรมวัดระยะ A, B, C และ D (ครั้งที่ 1)	4.43 นาที	ผู้ทำวิจัยเป็นผู้ใช้โปรแกรม
ใช้โปรแกรมวัดระยะ A, B, C และ D (ครั้งที่ 2)	6.32 นาที	ผู้ที่ได้ลองฝึกใช้โปรแกรมก่อนทดลอง 1 ชม.

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบของเวลาที่ใช้ในการวัดทั้งวิธีใช้โปรแกรมและวิธีใช้เทปวัด

ความไม่สะดวก จากการทดลองในภาพที่ 6.1 เป็นห้องโถงสูงถึง 3.40 ซม. ดังนั้นในการวัดระยะ A, B, C และ D นั้นต้องมีการวัดต่อกันเป็นช่วงๆ ซึ่งระยะ Bและ C ต้องวัด 4 ช่วงต่อจึงทำให้ต้องขึ้นลงบันไดถึง 8 ครั้ง แต่ถ้าใช้โปรแกรมสามารถหาระยะ A, B, C และ D ได้ทันทีเมื่อปรับมุมมองของภาพและวัตถุในโปรแกรมได้พอดีกัน และการวัดด้วยเทปต้องทำการวัดที่หน้างานซึ่งบางหน้างานมักเต็มไปด้วยฝุ่นส่วนการใช้โปรแกรมสามารถทำการวัดได้ที่ใดก็ได้

เกิดความผิดพลาดของผู้ทำการวัด การใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องวัดต่อเป็นช่วงๆทำให้ลดโอกาสที่จะจดบันทึกระยะในแต่ละช่วงผิดหรือการรวมระยะผิดหรือการวัดต่ออาจจะกำหนดจุดต่อผิดเป็นต้น ได้

มีข้อจำกัดไม่สามารถทำการวัดหาระยะโดยตรงได้ ถ้าห้องตัวอย่างไม่เอื้อให้มีการเข้าไปทำการวัดด้วยเทปวัดระยะได้แล้ว แต่ถ้ามีการถ่ายภาพไว้สามารถนำภาพมาใช้ในโปรแกรมเพื่อหาระยะที่จำเป็นในการออกแบบได้ทันที

6.1.4 **สรุป ข้อดี ข้อเสีย**

ข้อดี โปรแกรมที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถเป็นเครื่องมือเสริมให้การวัดระยะในงานสำรวจมีความสะดวกและตอบรับกับปัญหาต่างๆที่ได้นิยามไว้เป็นอย่างดี ถ้าใช้ภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่ได้กล่าวไว้และนอกเหนือจากการใช้งานเพื่อตอบปัญหาเหล่านั้น โปรแกรมนี้ยังสามารถใช้ในการหาปริมาตร หรือพื้นที่บริเวณที่ต้องการได้ทันที หรือใช้ในการเทียบหาในเรื่องของสัดส่วนของสิ่งต่างๆที่จะต้องออกแบบในงานนั้นๆได้อีกด้วย และการติดตั้งโปรแกรมนี้ก็ไม่ซับซ้อนเพียงแค่มีการคัดลอกไฟล์ที่จัดเตรียมไว้ลงในแฟ้มที่กำหนดซึ่งเป็นมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ และสามารถเปิดไฟล์ที่มีสกุลเป็น .exe เพื่อใช้งานได้ทันทีโดยนำภาพที่ใช้เก็บไว้ที่เดียวกันกับแฟ้มที่เก็บไฟล์ .exe นี้โดยตั้งชื่อภาพว่า “project” แต่ภาพต้องมีสกุลเป็น .bmp และมีขนาด 512 * 512 pixel

ข้อเสีย โปรแกรมนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านความละเอียดของค่าที่ได้และระยะที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถใช้กับงานที่ต้องการความละเอียดและมีความถูกต้องสูงได้ จึงจำกัดการใช้อยู่ที่งานที่ต้องการระดับความละเอียดถูกต้องโดยประมาณ และการใช้งานโปรแกรมมีลักษณะที่ต้องอาศัยความตั้งใจในการทำงานจากผู้ใช้มากดังนั้นในการทำงานบางขั้นตอนผู้ใช้งานจึงมีความเห็นว่าโปรแกรมยังใช้งานค่อนข้างยากตามการสรุปผลในบทที่ 3 ในหัวข้อ 3.5.3 และถ้าผู้ใช้งานมีความชำนาญหรือความละเอียดอ่อนในการปรับค่าต่างๆน้อยโอกาสที่โปรแกรมจะรายงานระยะที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นไปได้สูง และนอกจากผู้ใช้งาน เรื่องอุปกรณ์ต่างๆ เช่นกล้องถ่ายภาพ และวิธีการถ่ายภาพก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคต่างๆหรือปัจัยที่ทำให้โปรแกรมรายงานค่าที่มีความคลาดเคลื่อนและทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้อย่างไม่เต็มที่ สามารถสรุปแบ่งออกมาเป็นหัวข้อย่อยต่างๆดังนี้

6.2.1 ความชำนาญและความสามารถในการถ่ายภาพหรือคุณภาพของภาพถ่ายที่จะมีผลต่อการใช้งานโปรแกรม

สำหรับการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมนี้นั้นในการทำงานจริงแล้วควรจะนับเริ่มต้นตั้งแต่การที่ผู้สำรวจได้ออกภาคสนามไปบันทึกภาพต่างๆที่จำเป็นเพื่อนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมในการหาระยะต่างๆของสถานที่นั้นๆออกมา เมื่อมองที่ค่าตั้งต้นที่ได้เตรียมไว้ในโปรแกรมภาพที่เหมาะที่จะนำมาใช้งานมากที่สุดคือภาพสถานที่ที่มีมุมมองใกล้เคียงกับลักษณะทางทัศนียภาพแบบมีจุดอันตรธาน (Vanishing Point: VP) เพียงจุดเดียวหรือถ้ามีจุดนี้ 2 จุดก็จะเป็นลักษณะที่เบี่ยงออกไปจากจุดเดียวไม่มาก เพราะภาพนั้นจะสามารถทำให้ปรับมุมมองของวัตถุในโปรแกรมให้ไปทาบพอดีได้ง่ายขึ้นกว่ามุมมองที่เพี้ยนไปจากทัศนียภาพแบบมีจุดอันตรธานจุดเดียวมากๆ และภาพนั้นควรมีสิ่งที่จะใช้เป็นสิ่งอ้างอิงถึงระยะจริงอยู่ในภาพนั้นด้วย และควรเป็นภาพที่ที่มีลักษณะของเส้นขอบของสิ่งต่างๆที่จะทำการวัดชัดเจนเพราะสิ่งเหล่านี้มีความจำเป็นในขณะใช้งานโปรแกรมแบบที่ขาดไม่ได้ และข้อจำกัดของโปรแกรมจะอยู่ที่ระนาบทางด้านข้างของจุดมอง คือระยะที่อยู่ภายในระนาบนี้จะมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงควรที่จะมีการถ่ายภาพด้านข้างทั้ง 2นั้นให้มีลักษณะเป็นด้านตรงด้วยคือเปลี่ยจุดมองใหม่ให้ด้านข้างกลายเป็นด้านตรงข้ามของจุดมอง ดังนั้นผู้ที่จะทำการบันทึกภาพที่จะนำมาใช้ในโปรแกรมควรที่จะมีความชำนาญและรู้ถึงข้อจำกัดของสิ่งต่างๆเหล่านี้ด้วย อย่างไรก็ตามถ้าสภาพการณ์ในขณะถ่ายภาพหรือข้อจำกัดในด้านเครื่องมืออุปกรณ์ไม่เอื้อต่อการบันทึกภาพให้มีความสมบูรณ์ได้ การทำงานในภาพรวมผู้ใช้งานอาจจะต้องอาศัยโปรแกรมที่ใช้ในการปรับแต่งภาพนั้นก่อนให้มีลักษณะที่เหมาะสมที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพิ่มเติมก่อนที่จะนำภาพนั้นเข้ามาใช้ในโปรแกรมนี้เพราะขอบเขตการทำงานของโปรแกรมนี้ยังไม่ได้ครอบคลุมถึงความสามารถในการตกแต่งภาพให้มีลักษณะที่เหมาะสม

6.2.2 ความสามารถและความละเอียดอ่อนของผู้ใช้งานโปรแกรม

เนื่องด้วยการใช้งานโปรแกรมนี้ต้องอาศัยทั้งจากการทำงานของผู้ใช้งานและจากการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบเข้าด้วยกันจึงจะสามารถได้งานหรือสิ่งต่างๆที่ต้องการได้ ดังนั้นความถูกต้องแม่นยำของค่าต่างๆที่โปรแกรมได้รายงานออกมานั้นย่อมได้รับอิทธิพลมาจากการทำงานของผู้ใช้งานเป็นส่วนหนึ่งสำคัญ ถ้าการทำงานในฝั่งผู้ใช้งานไม่มีข้อผิดพลาดหรือผู้ใช้งานมีความละเอียดอ่อนต่อการควบคุมหรือปรับค่าต่างๆของโปรแกรม เช่น สามารถปรับมุมมองของวัตถุในโปรแกรมได้พอดีกับมุมมองของภาพอย่างพอดี ผลที่ตามมาก็คือทางฝั่งการทำงานของโปรแกรมก็จะมีการรายงานค่าต่างๆออกมาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่อย่างไรก็ตามสิ่ง

ที่ผู้ใช้งานคาดหวังจากโปรแกรมนี้ก็เป็นค่าต่างๆที่สามารถมีการรายงานออกมาในลักษณะหยาบๆ ได้เพราะเพียงต้องการนำตัวเลขหรือค่าบางอย่างไปใช้ในการคำนวณเพื่อออกแบบในขั้นต้นเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการขึ้นอยู่ที่ตัวผู้ใช้งานด้วยว่าในขณะนั้นมีความจำเป็นที่ต้องการค่าที่มีความถูกต้องแม่นยำในระดับใดก็จะต้องทำงานให้มีความละเอียดอ่อนเป็นไปตามระดับของความต้องการนั้น

6.2.3 **ความสมบูรณ์ของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการหาระยะ**

คือ สภาพของห้องหรือสถานที่ที่ต้องการหาระยะด้วยโปรแกรมนี้ได้เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่จะทำให้เกิดอุปสรรคหรือก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ คือ ถ้าห้องนั้นๆไม่ได้ฉาก มีความบิดเอียงในแกนใดแกนหนึ่งหรือทั้งหมดหรือมีเหลี่ยมมุมมากก็ทำให้การนำภาพของห้องนั้นมาใช้งานในโปรแกรมมีความยากลำบากขึ้นในการปรับค่าต่างๆให้ถูกต้องแล้วหาระยะออกมา

6.2.4 **ความสามารถในการแสดงผลภาพของคอมพิวเตอร์**

จากการทดลองติดตั้งโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ในรุ่นต่างๆนั้น พอจะสรุปได้ว่าถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆมีประสิทธิภาพในการประมวลผลเพียงพอ การทำงานของโปรแกรมนั้นไม่ได้เกิดปัญหาใดๆ แต่สิ่งที่เป็นปัญหากับโปรแกรมนี้มากที่สุดก็คือความสามารถในการแสดงผลภาพของจากการ์ดที่ใช้สำหรับแสดงผลภาพของคอมพิวเตอร์ คือถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ใดมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลออกมาทางจอภาพมีหน่วยความจำต่ำกว่า 8 MB การเคลื่อนไหวของวัตถุต่างๆในระหว่างการทำงานจะเกิดการกระตุก หรือถ้ามีการ์ดสำหรับแสดงผลภาพที่มีหน่วยความจำเพียงพอแต่ไม่ได้มีการติดตั้งไดร์ฟเวอร์ที่ตรงกับรุ่นของการ์ดและตรงกับระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์การแสดงผลภาพต่างๆในขณะการใช้งานโปรแกรมจะมีการกระตุกและมีการแสดงผลที่ช้ามาก ดังนั้นการที่จะใช้งานโปรแกรมนี้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพต้องมีการคำนึงถึงอุปกรณ์และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลเป็นหลักสำคัญ

6.2.5 **ความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับโปรแกรม**

ปัญหาและอุปสรรคอีกอย่างหนึ่งคือเรื่องของอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการติดต่อกับโปรแกรมหรือไว้ใช้ควบคุมโปรแกรมก็คือ ปุ่มของเมาส์ คือการใช้งานโปรแกรมนี้มีความจำเป็นที่จะต้องเรียกเมนูที่ใช้รวมชุดคำสั่งต่างๆจากการคลิกเมาส์ปุ่มกลางด้วย ดังนั้นถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ใดไม่ได้มีเมาส์ที่มีปุ่มกลางก็จะใช้งานโปรแกรมนี้ได้อย่างไม่เต็มที่ แต่ทั้งนี้ผู้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเห็นว่าการแยกชุดคำสั่งที่จะใช้ควบคุมวัตถุทั้ง 2 ตัวควรแยกจากกันและเมื่อแยกกันนั้นก็ควรที่จะมีการกดปุ่มที่เมาส์คนละปุ่มกันเพื่อเรียกเมนูของแต่ละตัวขึ้นมาแสดงด้วยเพื่อให้เข้าใจง่ายและไม่สับสน และในปัจจุบันนี้เมาส์ที่มีปุ่มกลางได้รับความนิยมมากกว่าเมาส์ที่มีเพียงปุ่มซ้ายและปุ่มขวามากจึงคงมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะมีปัญหานี้

6.2.6 ข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

ในการทำงานวิจัยนี้ได้มีการเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมคือ การใช้ชุดคำสั่งในไลบรารีของ OpenGLในการสร้างสิ่งต่างๆ และได้ใช้ชุดคำสั่งในไลบรารีของ GLUT ในการแสดงผลออกมาทางจอภาพเป็นหน้าต่างต่างๆและในเรื่องของเมนูต่างๆที่ไว้รวมคำสั่งในการควบคุมการทำงานของโปรแกรม ทั้งนี้ด้วยข้อดีของเครื่องมือทั้งสองที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ทำให้ไลบรารีทั้งสองถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือทั้งสองได้มีข้อจำกัดอยู่บางประการจึงได้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตัวโปรแกรมยังมีการพัฒนาออกมาได้อย่างไม่เต็มที่เช่น ไลบรารี GLUT ไม่สนับสนุนการสร้างสัญรูป (Icon)ต่างๆ การสร้างกล่องรับ-ส่งข้อความ (Dialog Box) ไม่มีชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับบันทึกสถานะของการทำงาน และไลบรารีทั้งสองยังไม่สนับสนุนไฟล์รูปภาพที่มีนามสกุลอื่นที่นอกเหนือจากนามสกุล .raw และ .bmp

6.3 แนวทางการพัฒนาโปรแกรมและข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยนี้ได้อยู่ภายใต้ในข้อจำกัดของเวลาดังนั้นจึงได้มีการวางขอบเขตการวิจัยตามที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 1 ซึ่งผลที่ออกมาก็ได้เป็นไปตามขอบเขตที่ได้ตั้งไว้แต่หลังจากที่ได้มีการดำเนินการวิจัยไปแล้วทำให้เห็นว่าประโยชน์ที่ได้รับจากตัวโปรแกรมนั้นมีความคุ้มค่าที่จะมีการพัฒนาต่อยอดออกไปให้มีความสามารถในการทำงานให้กว้างขึ้น และทำให้การใช้งานมีความง่ายและสะดวกขึ้นได้ หรือมองประเด็นไปที่การพัฒนาโปรแกรมตัวนี้ไปใช้บนระบบปฏิบัติการอื่นๆที่ได้รับความนิยมเช่นกันไม่จำกัดไว้เฉพาะระบบปฏิบัติการของวินโดวส์ เช่นระบบปฏิบัติการบนลีนุกซ์ Linux OS หรือปฏิบัติการบนแมค Mac OS เป็นต้นโดยแนวทางการพัฒนาโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นต่างๆได้ดังนี้

6.3.1 โครงสร้างของโปรแกรม

แม้ว่าการพัฒนาสร้างโปรแกรมนี้ได้มีการวางโครงสร้างในลักษณะการเขียนแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Program) แต่เป็นเฉพาะในหลักใหญ่ๆ ที่คิดว่าสามารถแยกส่วนออกไปได้ชัดเจนและมีคุณสมบัติและวิธีการต่างๆของวัตถุนั้นๆเป็นแบบเฉพาะ โดยส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็นไฟล์ย่อยคือ ไฟล์ที่จัดการเกี่ยวกับตัววัตถุต่างๆในโปรแกรม แต่ชุดคำสั่งที่ใช้ในการทำงานต่างๆนั้นมักจะถูกรวมกันในไฟล์หลักไม่ได้แยกออกไป ยกเว้นแต่ในเรื่องของชุดคำสั่งที่ใช้ในการจัดการไฟล์รูปภาพ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการทำงานของชุดคำสั่งย่อยๆนั้นมีความเกี่ยวข้องกันอย่างมากและซับซ้อนทำให้การที่จะแยกชุดคำสั่งต่างๆออกเป็นไฟล์ย่อยๆนั้นจะทำให้ความสามารถในการทำงานมีความเร็วลดลง แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการแยกออกมาจะทำให้การพัฒนาต่อยอดในส่วนย่อยต่างๆมีความสะดวกขึ้น

6.3.2 **การพัฒนาในส่วนของวัตถุต่าง ๆ**

ควรจะมีการพัฒนาในเรื่องของคุณสมบัติในตัววัตถุต่างๆในโปรแกรมให้สามารถมีการเพิ่มจำนวนในแต่ละรูปแบบได้ และยกเลิกการใช้งาน หรือซ่อนตัววัตถุได้ในขณะที่ต้องการ และสามารถใช้งานวัตถุต่างๆได้ในช่วงเวลาเดียวกัน แต่มีการควบคุมได้คราวละ 1 วัตถุ และอาจจะสามารถกำหนดวัตถุที่จะควบคุมโดยการคลิกเลือกจากเมาส์ได้

6.3.3 **การพัฒนาส่วนติดต่อกับโปรแกรม** (User Interface)

ควรมีการเพิ่มเติมความสามารถในส่วนติดต่อผู้ใช้งานในเรื่องของการสร้างปุ่มต่างๆบนหน้าจอ ซึ่งจากที่เป็นอยู่นี้มีแต่เฉพาะการใช้เมนูที่จะปรากฏต่อเมื่อมีการคลิกเมาส์ด้วยปุ่มกลางและซ้าย และควรเพิ่มเติมในเรื่องให้มีการใช้วินโดวส์ย่อยๆปรากฏขึ้นมาเพื่อรายงานข้อความต่างๆ หรือรับ-ส่งค่าต่างๆระหว่างตัวโปรแกรมกับผู้ใช้งานได้ เช่นมีหน้าต่างในการค้นหาไฟล์ภาพที่จะนำเข้ามาในโปรแกรม

6.3.4 **การรายงานผลของโปรแกรม**

ควรมีการพัฒนาหน้าต่างที่ใช้รายงานค่าต่างๆให้มีความสวยงามและใช้งานได้ดีขึ้น เช่นมีการใส่ภาพกราฟฟิกต่างๆที่ส่งเสริมโปรแกรม และมีการเน้นค่าที่กำลังต้องการหรือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ให้มีขนาดหรือสีที่แตกต่างไปจากค่าอื่นๆ และหน้าต่างที่ใช้แสดงผลของค่าต่างๆน่าจะมีการเปิดและปิดหรือซ่อนได้เมื่อต้องการ

6.3.5 **การเพิ่มความสามารถการทำงานของโปรแกรมในเรื่องต่าง ๆ**

ควรมีการพัฒนาความสามารถโปรแกรมเพิ่มเติมให้มีความสามารถในการบันทึกสถานะของการทำงานได้ เช่นอาจจะมีการทำงานค้างอยู่แต่มีความจำเป็นต้องออกจากโปรแกรม น่าจะมีการบันทึกสถานะของการทำงานได้เมื่อกลับเข้าสู่โปรแกรมเพื่อทำงานต่ออีกครั้งก็สามารถมาทำงานต่อได้โดยไม่ต้องเริ่มทำงานใหม่และควรมีการเพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้สามารถปรับแต่งภาพที่นำเข้ามาให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งานได้ถ้าในกรณีที่ภาพที่นำเข้ามามีลักษณะที่ยังไม่พร้อมใช้งาน เช่นภาพที่มีสภาพแสงมืดหรือสว่างจ้าเกินไป หรือภาพที่มีขอบของสิ่งต่างๆไม่ชัดเจน เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คาวาแนกส์, แบร์รี่ เอฟ และ เบิร์ด, เอส เจ เกลนน์. วิศวกรรมสำรวจ : หลักการนำไปใช้งาน. แปลโดย รังสรรค์ วงศ์บุญ. กรุงเทพมหานคร: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2544.

จำนง วัฒนเกส. ชีวิตยุค ดิจิตอล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ผู้จัดการ, 2540.

ธนพล ฉันจรัสวิชัย. มือใหม่เริ่มเขียนโปรแกรม ด้วย Visual Basic. กรุงเทพฯ : บริษัท วิตตี้ กรุ๊ป จำกัด, 2544.

เบญจพร ศักดิ์ศิริ. ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาC++. กรุงเทพฯ : แมคกรอ – ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพร์ส, อิงค์, 2542.

พอล, อาร์ วูฟ. หลักเบื้องต้นของการสำรวจด้วยภาพถ่าย. แปลโดย วิชา จิวาลัย และ ปรีชา ถีระวัฒนาสวสดิ์. กรุงเทพมหานคร, 2523.

ภิรมย์ อ่อนเส็ง. “โฟโต้แกรมเมตตรี 1.” เอกสารประกอบการสอนวิชา 210311 โฟโต้แกรมเมตตรี 1สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี 2538.

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ, 2528.

ยุทธพงษ์ กัยวรรณ์. พื้นฐานการวิจัย. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2543.

วุฒิพงศ์ พงศ์สุวรรณ. How to learn Visaul Basic Version 6.0. พระนครศรีอยุธยา : บริษัท ซอฟต์แวร์ ปาร์ค จำกัด, 2543.

ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานจริง Microsoft Visual Basic Training. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, 2544.

สุชาย ธนวเสถียร และ วิชัย จิวังกูล. โครงสร้างข้อมูลเพื่อการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2543.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. สนุกกับงานวิจัย. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2544.

ภาษาอังกฤษ

AeroData. Close Range Photogrammetry [online]. Available from: http://www.aerodatainc.com/tek9.asp?pg=crp [2002, April 12]

Barbara Upton and John Upton. Photography. Canada: Brown and Company (Canada), 1976.

Blom ASA. From Images to Dimensions [online]. Available from: http://maritime.blom.no/Industry/CRP01.htm [2002, April 10]

Demon. Techniques: Underwater Survey [online]. Available from: http://www.threeh.demon.co.uk/TechniquesSurvey.htm [2002, April 12]

Harry Siegel, CPA. Business Guide for Interior Designers. New York : Watson-Guptill Publications, 1976.

Introduction to Photogrammetry [online]. Available from: http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm [2002, April 8]

James W. Sewall. Using Digital Imagery to Measure Objects in 3D [online].Availablefrom:http://www.jws.com/SewallSitePDFs/Cardinal%20Pts%20pdfs/dcrp .cp3.pdf [2002, April 10]

John Hubbard. Schaum's Outline Series ; Theory and Problems of Programming With C++. New York: McGraw – Hill, 1996.

Mason Woo., and others. OpenGL Programming Guide. 3rd ed. United State of America: Addison Wesley Longman,1999.

Pile, John F. Perspective for interior designers. New York : Watson-Guptill Publications, 1985.

Susan L. Fowler., and Victor R. Stanwick. The GUI Style Guide. United State of America: Academic Press,1995.

Vexcel – FotoG. What is close-range Photogrammetry? [online]. Available from: http://www.vexcel.com/fotog/learn.html [2002, April 12]

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

แบบสอบถาม เรื่อง การสอบถามผู้ทดสอบและทดลองใช้โปรแกรมช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายในเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมและความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรมในด้านต่างๆ

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความคิดเห็นและความต้องการของกลุ่มผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมในด้านต่างๆที่จำเป็นในการนำไปใช้พัฒนาตัวโปรแกรม

โปรดเติมข้อความที่เป็นคำตอบในช่องว่างที่กำหนดให้ หรือขีดเครื่องหมาย / ในช่อง ○ หน้าคำตอบหรือในตารางที่กำหนดให้ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมหรือเป็นความเห็นหรือคำตอบของท่าน เพียงคำตอบเดียว เว้นแต่คำถามระบุไว้ให้ตอบได้หลายข้อ

แบบสอบถามรอบที่ 1

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ท่านเป็น

	ที่ประกอบอาชีพอิสระ	ที่ทำงานในสำนักงาน	ที่เป็นอาจารย์	ที่เป็นนิสิต ป.โท
○ สถาปนิกภายใน				ชั้นปีที่.....
○ สถาปนิก				ชั้นปีที่.....
○ นักออกแบบ				ชั้นปีที่.....

เพศ.....อายุ.....ปี ประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์.....ปี (โดยประมาณ)

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นทั่วไปของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface)

หมวดที่1 องค์ประกอบต่างๆของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface)

1. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้มีเมนูบาร์ที่รวมคำสั่งต่างๆเฉพาะเมื่อมีการคลิกเมาส์กลางหรือขวาในการสั่งคำสั่งต่างๆเพียงพอหรือไม่

   ○ เพียงพอ ○ ไม่เพียงพอ

2. ท่านสามารถรับรู้การแยกสีของวัตถุในโปรแกรมและการใช้สีพื้นหลังของหน้าต่างที่ใช้รายงานค่าของวัตถุนั้นๆให้มีสีตรงกันกับวัตถุตัวนั้นได้

   ○ สามารถรับรู้ได้ ○ ไม่สามารถรับรู้ได้ (ลักษณะโปรแกรมยังสื่อไม่ชัดเจน)

3. ท่านคิดว่าสำหรับโปรแกรมนี้จำเป็นต้องมีปุ่มกดเพื่อสั่งคำสั่งต่างๆให้โปรแกรมทำงานเหมือนกับชุดคำสั่งใน Pop-Up Menu เป็นลักษณะของเมนูบาร์อีกหรือไม่

   ○ จำเป็น ○ ไม่จำเป็น

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

4. ท่านมีความชอบหรือไม่ว่าสำหรับโปรแกรมนี้มีการควบคุมเพิ่ม-ลดค่าต่างๆในโปรแกรมด้วยวิธีขยับเมาส์ไปมาแทนการกรอกค่าต่างๆ

   ○ ชอบ ○ ไม่ชอบ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

แบบสอบถาม เรื่อง การสอบถามผู้ทดสอบและทดลองใช้โปรแกรมช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายในเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมและความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรมในด้านต่างๆ

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความคิดเห็นและความต้องการของกลุ่มผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมในด้านต่างๆที่จำเป็นในการนำไปใช้พัฒนาตัวโปรแกรม

โปรดเติมข้อความที่เป็นคำตอบในช่องว่างที่กำหนดให้ หรือขีดเครื่องหมาย / ในช่อง ○ หน้าคำตอบหรือในตารางที่กำหนดให้ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมหรือเป็นความเห็นหรือคำตอบของท่าน เพียงคำตอบเดียว เว้นแต่คำถามระบุไว้ให้ตอบได้หลายข้อ

แบบสอบถามรอบที่ 2

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ท่านเป็น	ที่ประกอบอาชีพอิสระ	ที่ทำงานในสำนักงาน	ที่เป็นอาจารย์	ที่เป็นนิสิต ป.โท
○ สถาปนิกภายใน				ชั้นปีที่.....
○ สถาปนิก				ชั้นปีที่.....
○ นักออกแบบ				ชั้นปีที่.....

เพศ.....อายุ.....ปี ประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์.....ปี (โดยประมาณ)

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรม

หมวดที่2 พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน

1. ท่านได้ใช้คำสั่งใดเป็นคำสั่งแรกเมื่อเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม

   o Zoom Image **o** Orbit

   o Pan Image **o** Control Camera => Pan

   o อื่นๆ โปรดระบุ.....

2. ท่านทำสิ่งใดต่อไปนี้เป็นลำดับก่อนหลังในการหาระยะ 1 ระยะ จากภาพใน 1 ครั้ง โดยให้ใส่ลำดับจากก่อน => หลัง คือ 1 => 8

   ..... ปรับภาพให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม

   ..... ปรับมุมมองของวัตถุที่ใช้อ้างอิงถึงห้องให้มีความใกล้เคียงกับมุมมองของภาพอย่างคร่าวๆ

   ..... จัดตำแหน่งจุดอ้างอิงของวัตถุ (มุมซ้ายล่างด้านลึก)ให้อยู่ในตำแหน่งที่ควรเป็น

   ..... ปรับมุมมองของวัตถุที่ใช้อ้างอิงถึงห้องอย่างละเอียดให้พอดีกับห้องหรือสถานที่ในภาพ

   ..... เริ่มปรับวัตถุที่ใช้เทียบหาระยะเทียบกับระยะจริงอย่างน้อยสักหนึ่งระยะที่รู้ค่าในภาพ

   ..... ปรับตัวเลขด้วยคำสั่ง Adjust Scale ให้ตัวเลขขยับเป็นค่าที่เท่ากับระยะจริงที่รู้

   ..... อ่านค่าต่างๆจากที่โปรแกรมรายงาน

   ..... ปรับตำแหน่งและขนาดของวัตถุที่ใช้เทียบหาระยะให้พอดีกับสิ่งที่ต้องการวัด

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

3. ขณะที่ท่านใช้งานโปรแกรมท่านมักมีการทำสิ่งใดต่อไปนี้ประกอบการใช้งานโปรแกรมด้วย (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)
   - o มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งหน้าต่าง
   - o มีการย่อขนาดหน้าต่างบางหน้าต่าง
   - o ปิดโปรแกรมและเข้าโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นใหม่
   - o เปิดใช้งานโปรแกรมอื่นๆด้วย
   - o มีการปรับขยายภาพใหญ่จนภาพมีลักษณะกลับด้าน
4. ในการใช้งานโปรแกรมแต่ละโครงการท่านมักจะใช้งานในลักษณะใดต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)
   - o ใช้งานโปรแกรมให้ได้ระยะที่ต้องการจนครบในแต่ละภาพภายในครั้งเดียว
   - o ใช้งานโปรแกรมให้ได้ระยะที่ต้องการจนครบมากกว่า 1 ภาพภายในครั้งเดียว
   - o มีการใช้งานโปรแกรมมากกว่า 1 ครั้งในภาพเดียวกันเพื่อหาระยะต่างๆที่ต้องการ
   - o มักออกจากโปรแกรมโดยกดปุ่มปิดที่หน้าต่าง
   - o มักออกจากโปรแกรมโดยกดปุ่ม Esc ที่แป้นพิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

แบบสอบถาม เรื่อง การสอบถามผู้ทดสอบและทดลองใช้โปรแกรมช่วยหาระยะจากภาพดิจิตอลในงานสำรวจทางสถาปัตยกรรมภายในเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมและความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรมในด้านต่างๆ

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความคิดเห็นและความต้องการของกลุ่มผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมในด้านต่างๆที่จำเป็นในการนำไปใช้พัฒนาตัวโปรแกรม

โปรดเติมข้อความที่เป็นคำตอบในช่องว่างที่กำหนดให้ หรือขีดเครื่องหมาย / ในช่อง ○ หน้าคำตอบหรือในตารางที่กำหนดให้ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมหรือเป็นความเห็นหรือคำตอบของท่าน เพียงคำตอบเดียว เว้นแต่คำถามระบุไว้ให้ตอบได้หลายข้อ

แบบสอบถามรอบที่ 3

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ท่านเป็น	ที่ประกอบอาชีพอิสระ	ที่ทำงานในสำนักงาน	ที่เป็นอาจารย์	ที่เป็นนิสิต ป.โท
○ สถาปนิกภายใน				ชั้นปีที่.....
○ สถาปนิก				ชั้นปีที่.....
○ นักออกแบบ				ชั้นปีที่.....

เพศ.....อายุ.....ปี ประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์.....ปี (โดยประมาณ)

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้งานโปรแกรม

หมวดที่3 ระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมในเรื่องต่างๆ

ประเด็นคำถาม	ง่าย	ค่อนข้างง่าย	ปกติ	ยาก	ยากเกินรับได้
1. ท่านคิดว่าการคลิกเลือกปุ่มคำสั่งและใช้เมาส์ในการปรับค่าต่างๆมีความยาก-ง่ายในระดับใด					
2. ท่านคิดว่าการปรับวัตถุให้มีมุมมองตรงหรือใกล้เคียงกับภาพมีความยาก-ง่ายในระดับใด					
3. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับแกนต่างๆในลักษณะ 3 มิติท่านคิดว่ามีความยาก-ง่ายในระดับใด					
4. ท่านคิดว่าการปรับตำแหน่งของวัตถุมีความยาก-ง่ายในระดับใด					
5. ท่านคิดว่าการปรับขนาดของวัตถุมีความยาก-ง่ายในระดับใด					
6. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับค่าต่างๆที่โปรแกรมรายงานออกมาท่านคิดว่ามีความยาก-ง่ายในระดับใด					

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

หมวดที่4 ประโยชน์ของโปรแกรม

ประเด็น	5	4	3	2	1
1. โปรแกรมนี้จะช่วยให้การทำงานในสายวิชาชีพทางสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมภายในง่ายขึ้น					
2. การที่มีเครื่องมือนี้เพิ่มขึ้นมาจะช่วยให้งานสำรวจในงานสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมภายในมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น					
3. โปรแกรมนี้มีความคลาดเคลื่อนต่างๆอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงได้					
4. โปรแกรมนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวเนื่องได้ไม่เพียงมุ่งเน้นแค่การหาระยะ					
5. โปรแกรมนี้ควรติดตั้งให้ใช้งานในลักษณะออนไลน์ เพื่อให้สามารถใช้งานผ่านระบบเครือข่ายได้ทุกที่ทุกเวลาได้					
6. โปรแกรมนี้ควรพัฒนาให้ใช้ได้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาได้ จะมีประโยชน์เพิ่มขึ้น					

ถ้าเลือก 5 หมายความว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ถ้าเลือก 4 หมายความว่า เห็นด้วย

ถ้าเลือก 3 หมายความว่า ไม่แน่ใจ

ถ้าเลือก 2 หมายความว่า ไม่เห็นด้วย

ถ้าเลือก 1 หมายความว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ภาคผนวก ข.
หน่วยการวัด (Units of Measurement)

หน่วยการวัดที่ใช้กันในปัจจุบันมีอยู่หลายหน่วยแต่ที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย มีดังนี้

หน่วยความยาว

1 ไมล์ = 5280 ฟุต = 1760 หลา

1 หลา = 3 ฟุต

1 ฟุต = 12 นิ้ว

1 กิโลเมตร = 1000 เมตร

1 เมตร = 100 เซนติเมตร

1 เซนติเมตร = 10 มิลลิเมตร

1 วา = 2 เมตร

1 ศอก = 50 เซนติเมตร

หน่วยพื้นที่

1 ไร่ =		1,600	ตารางเมตร
1 Hectare (ha) =		10,000	ตารางเมตร
1 ตารางกิโลเมตร =		1,000,000	ตารางเมตร
	=	100	ha (เฮคแตร์)
	=	625	ไร่

หน่วยการวัดมุม

1 รอบการหมุน = 360° (degree หรือ องศา)

1 องศา (Degree) = 60’ (minute หรือ ลิปดา)

1 ลิปดา (Minute) = 60’’ (seconds หรือ ฟิลิปดา)

การแปลงหน่วย

1 ฟุต	=	0.3048	ม.
1’’ นิ้ว	=	25.4	ม.ม.
1 กม	=	0.62137	ไมล์
1 ha (เฮคแตร์)	=	2.471	เอเคอร์ (Acres)
1 ตาราง กม.	=	247.1	เอเคอร์ (Acres)
	=	625	ไร่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

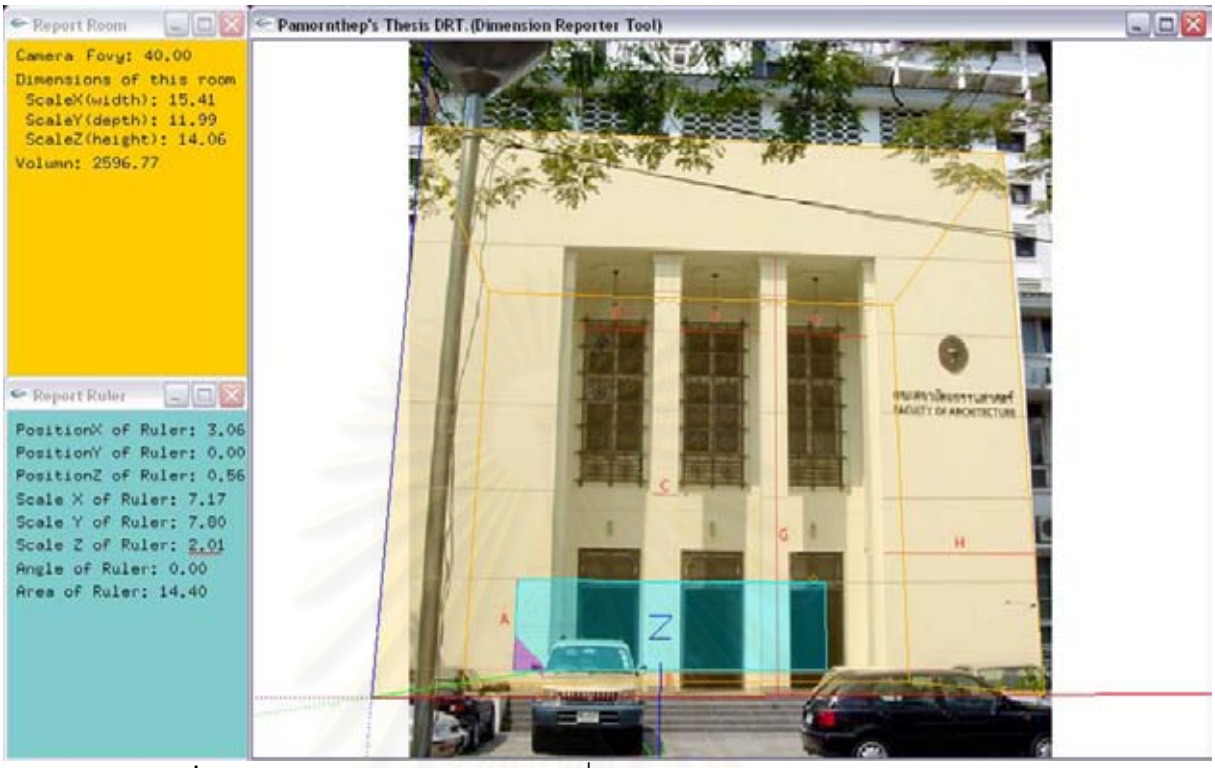
ภาคผนวก ค.
แสดงระยะและผลต่างที่วัดจากเทปวัดระยะกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในงานสถาปัตยกรรมและในงานภูมิสถาปัตยกรรม

ภาพที่ 1 แสดงภาพตัวอย่างในลักษณะเป็นงานสถาปัตยกรรม

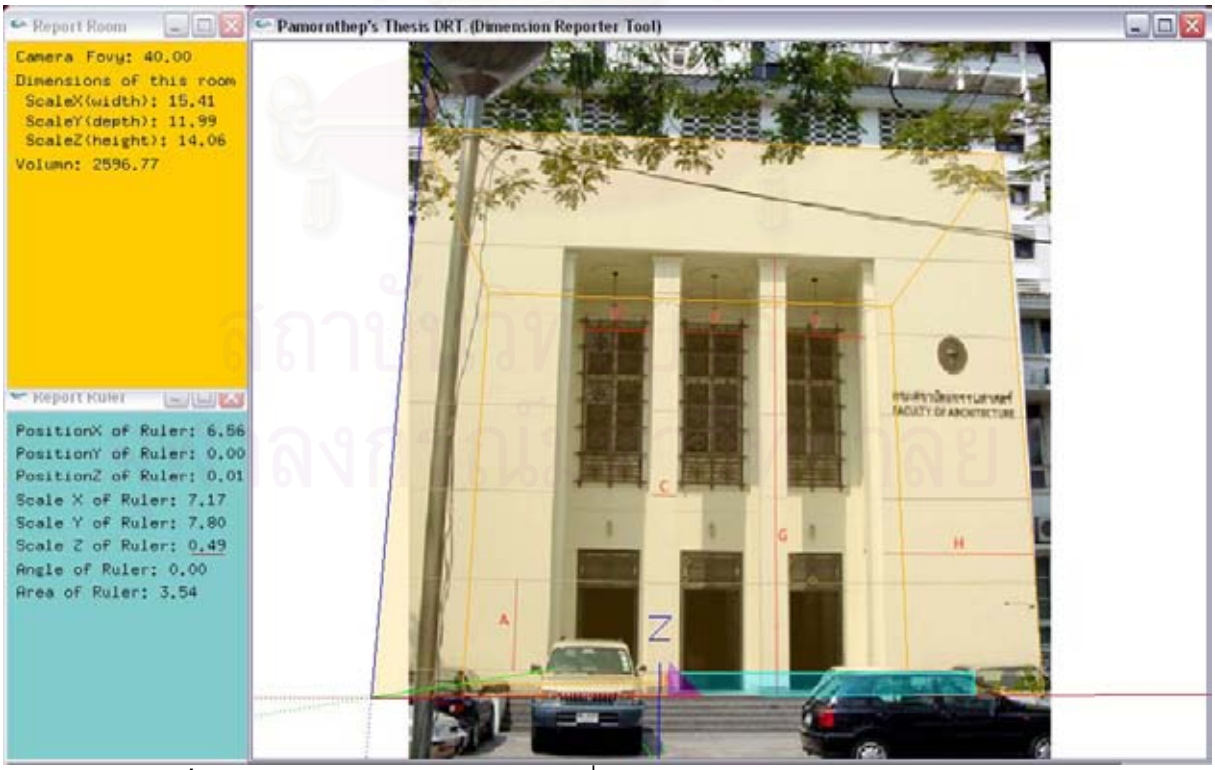
ระยะที่ต้องการ	ระยะที่ได้จากการวัดด้วยเทป			ระยะจากการใช้โปรแกรม					ผลต่าง
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย	
A	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.03	2.02	2.017	0.007
B	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50	0.49	0.492	0.002
C	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.602	0.002
D	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.99	1.98	1.977	0.007
E	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.99	1.98	1.977	0.007
F	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.99	1.98	1.977	0.007
G	10.79	10.79	10.79	10.83	10.83	10.87	10.85	10.84	0.050
H	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.66	3.65	3.652	0.002

ตารางที่ 1 แสดงค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธี ของงานตัวอย่างในลักษณะเป็นงานสถาปัตยกรรม

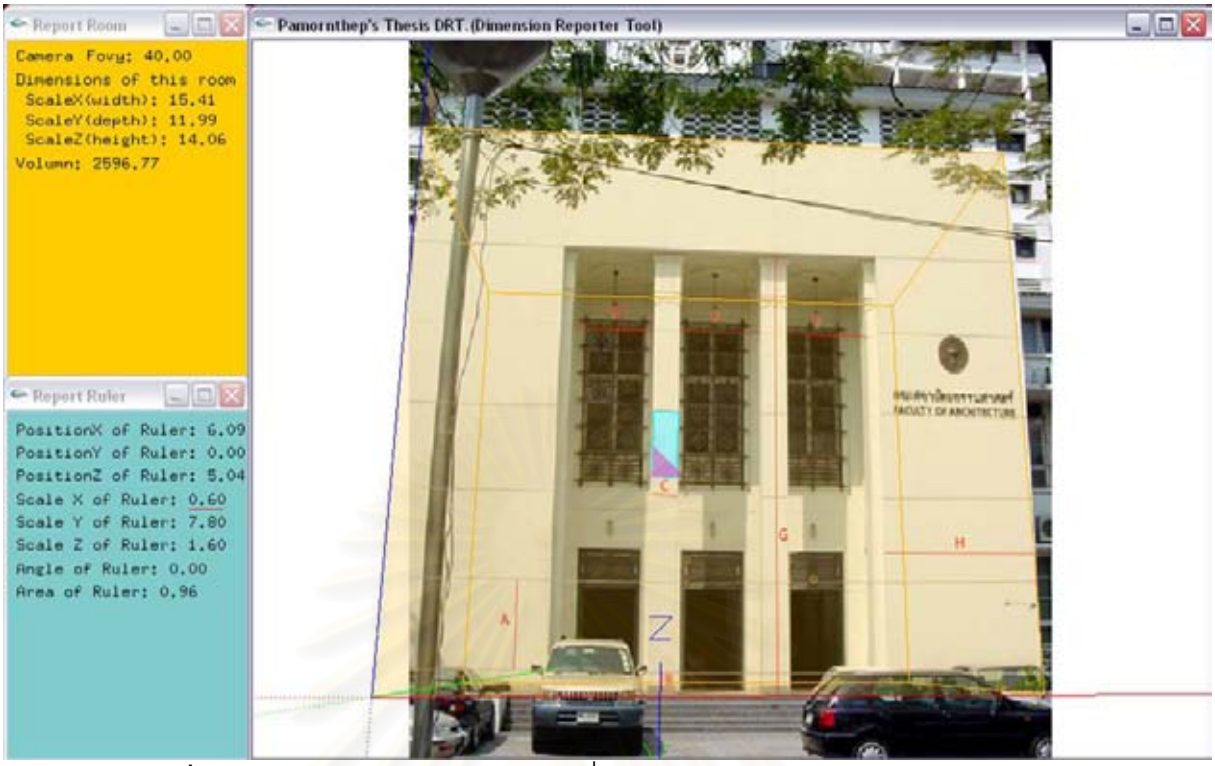
จากภาพตัวอย่างในลักษณะเป็นงานสถาปัตยกรรมได้ค่าระยะต่างๆจากการใช้งานโปรแกรมเป็นขั้นตอนดังแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1– 1 แสดงการหาระยะ A โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 2.01 ม.

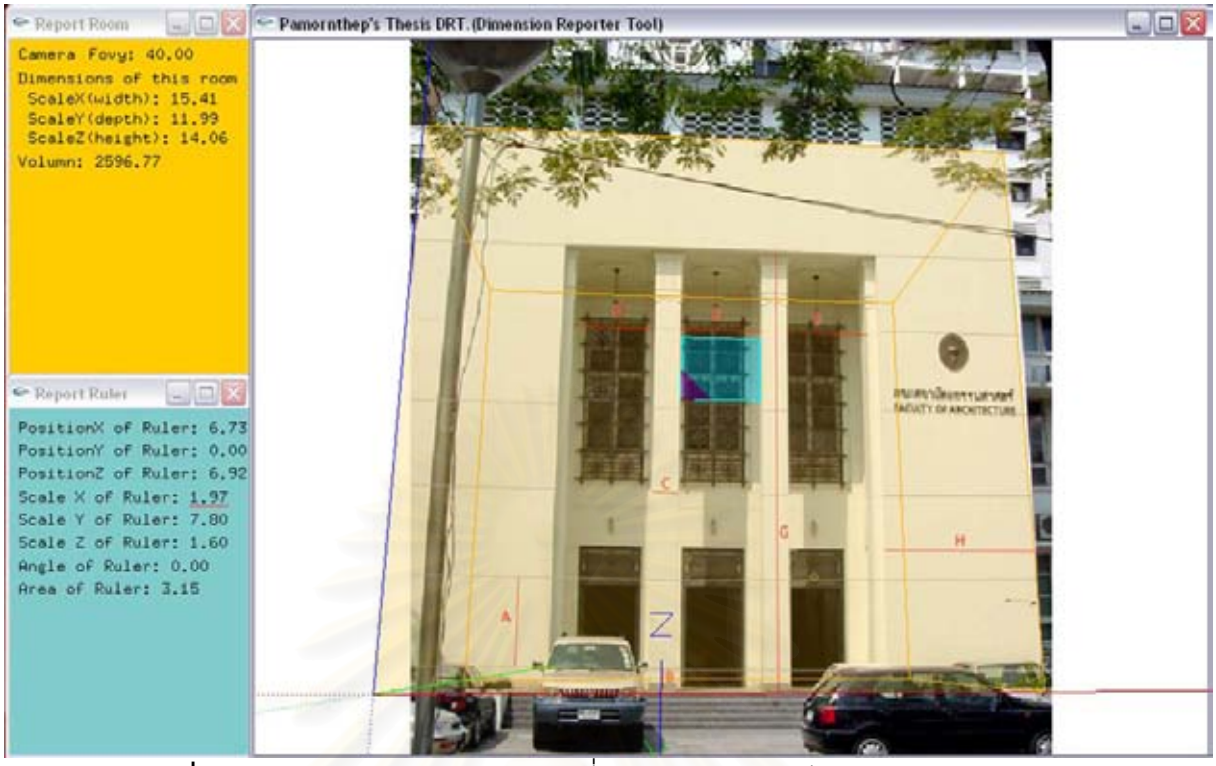


ภาพที่ 1 – 2 แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 0.49 ม.

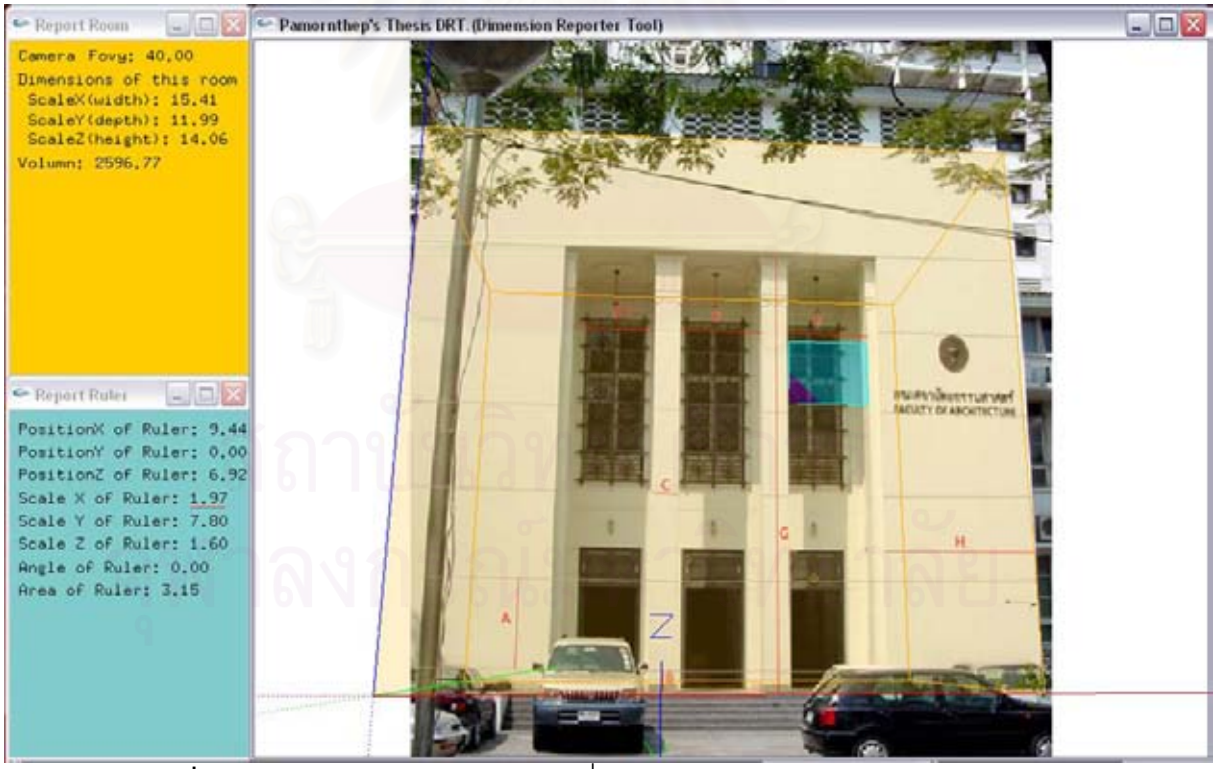


ภาพที่ 1 – 3 แสดงการหาระยะ C โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 0.60 ม.

ภาพที่ 1 – 4 แสดงการหาระยะ D โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 1.97 ม.



ภาพที่ 1 – 5 แสดงการหาระยะ E โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 1.97 ม.



ภาพที่ 1 – 6 แสดงการหาระยะ F โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 1.97 ม.

ภาพที่ 1 – 7 แสดงการหาระยะ G และ H โดยดูที่ Scale X of Ruler และ Scale Z of Ruler ได้ระยะ 3.65 และ 10.83 ม. ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

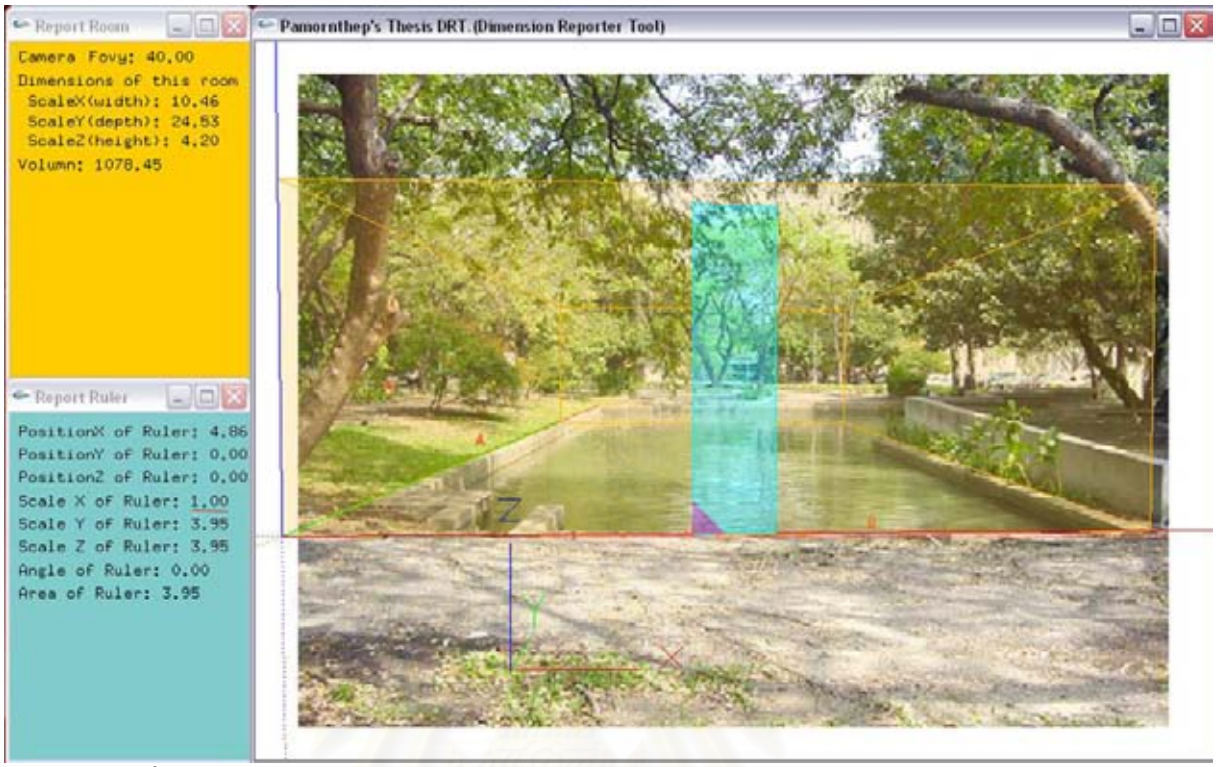
ภาพที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างในลักษณะเป็นงานภูมิสถาปัตยกรรม

ระยะที่ต้องการ	ระยะที่ได้จากการวัดด้วยเทป			ระยะที่ได้จากโปรแกรม					ผลต่าง
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	เฉลี่ย	
A	38.73	38.75	38.74	39.72	39.74	39.84	39.67	39.74	1.000
B	8.13	8.13	8.13	8.13	8.14	8.18	8.09	8.135	0.005

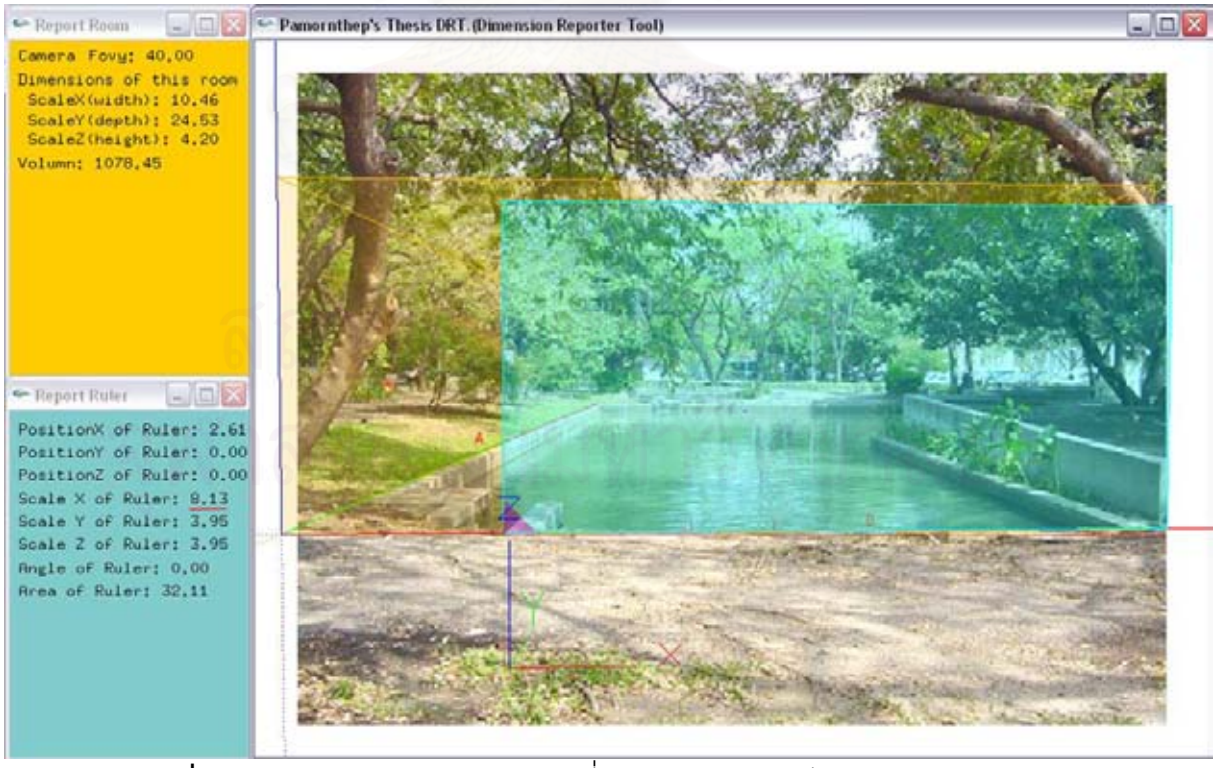
ตารางที่ 2 แสดงค่าที่ได้จากการวัดทั้ง 2วิธี ของงานตัวอย่างในลักษณะงานภูมิสถาปัตยกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

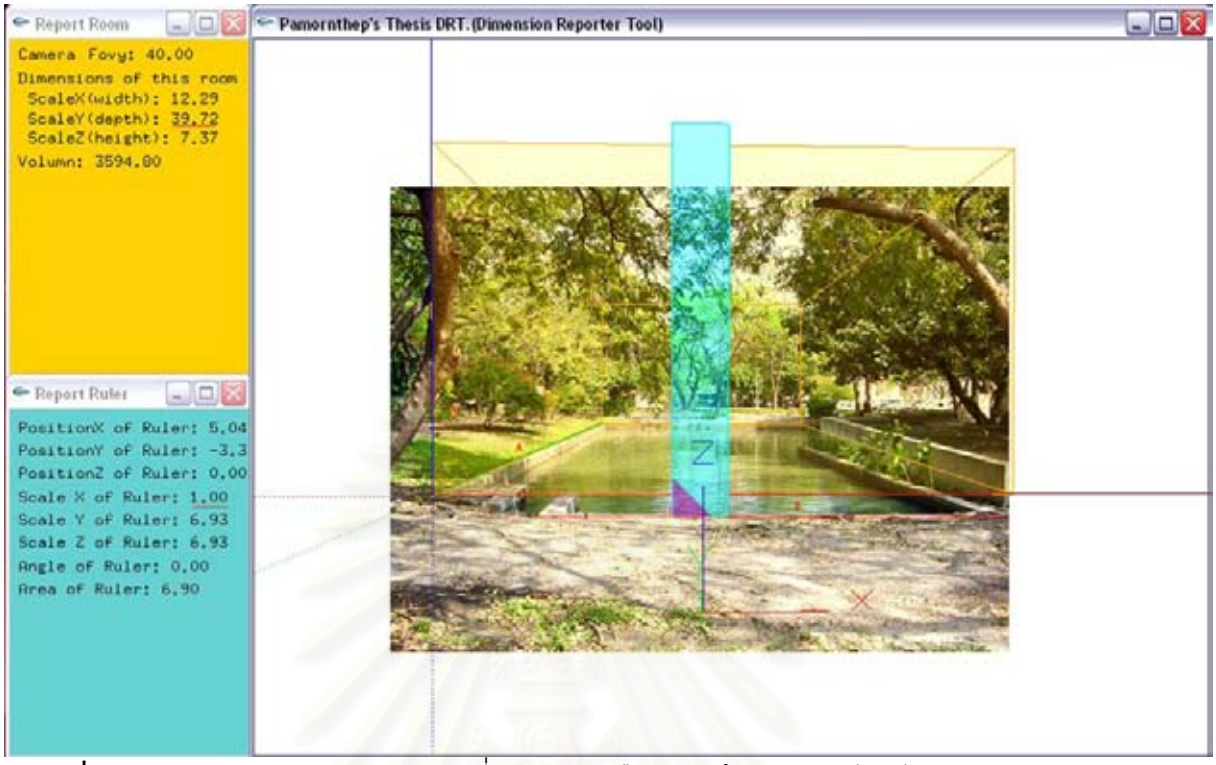
จากภาพตัวอย่างในลักษณะเป็นงานภูมิสถาปัตยกรรมได้ค่าระยะต่างๆจากการใช้งานโปรแกรมเป็นขั้นตอนดังแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 – 1 แสดง การเทียบกับระยะจริงโดยการวางตลับเมตรไว้เป็นระยะ 1.00 ม.



ภาพที่ 2 – 2 แสดงการหาระยะ B โดยดูที่ Scale X of Ruler ได้ระยะ 8.13 ม.



ภาพที่ 2 – 3 แสดงการหาระยะ A โดยดูที่ Scale Y หรือความลึกของวัตถุสีส้ม ได้ระยะ 39.72 ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ภมรเทพ อมรวนิชย์กิจ เกิดเมื่อวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ.2520 ที่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต (สถ.บ.) จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541 ได้ดำรงตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชา สถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ปีการศึกษา 2542 ถึง 2543 ได้ผ่านการ อบรม ตามหลักสูตร การศึกษาต่อเนื่องสถาปัตยกรรม ระดับบัณฑิตศึกษา วิชาพื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบเขียนแบบทางสถาปัตยกรรม และ วิชาการสร้างและสังเคราะห์รูปจำลอง 3 มิติ ด้วยคอมพิวเตอร์ และได้มีประสบการณ์ได้รับเชิญเป็นวิทยากร และเข้าร่วมโครงการต่างๆดังนี้

- ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง “การใช้โปรแกรม Photoshop ตกแต่งภาพ และการใช้โปรแกรม Image Ready สร้างภาพเคลื่อนไหวประกอบ WebPages” ของส่วนส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 19-20 และ 22-23 มีนาคม พ.ศ. 2544
- ได้รับเชิญเป็นผู้ช่วยวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง “การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบ Vector สำหรับแสดงผลบน WWW ด้วยโปรแกรม Macromedia Flash5” ของหน่วยโสตทัศนศึกษา คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 17-18 และ 21-22 พฤษภาคม พ.ศ. 2544
- ได้เข้าร่วมและผ่านการอบรมหลักสูตร นักเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิกเบื้องต้น (Visual Basic Programming Beginner) ของศูนย์ศึกษาต่อเนื่องจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ได้รับเชิญเป็นผู้ช่วยวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง “Web Builder and Design” จัดโดย ศูนย์ศึกษาต่อเนื่อง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 4 - 7 และ 11 - 13 และ 20 มีนาคม พ.ศ. 2545
- ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง “การสร้างภาพเคลื่อนไหว แบบ Vector สำหรับประกอบสื่อการสอนประเภท “Web Based Instruction ด้วยโปรแกรม Macromedia Flash 5 ” ของส่วนส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 22-25 เมษายน พ.ศ. 2545

- ได้เข้าร่วมโครงการแลกเปลี่ยนทางวิชาการระหว่าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับ คณะ Architecture and Design มหาวิทยาลัย Aalborg University ในหัวข้อการทำ Workshop เรื่อง " The Harbor Front and the Floating City" ณ ประเทศ Denmark ระหว่างวันที่ 13-24 พฤษภาคม พ.ศ. 2545
- ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง "การนำและเตรียมเสียงเพื่อใช้ประกอบสื่อการสอนด้วยโปรแกรม Sound Forge MP3 Compressor และ Cdex" ของส่วนส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2545 และวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2546
- ได้รับเชิญเป็นวิทยากรในโครงการอบรมเรื่อง "การสร้างภาพเคลื่อนไหว แบบ Vector สำหรับประกอบสื่อการสอนประเภท "Web Based Instruction ด้วยโปรแกรม Macromedia Flash MX " ของส่วนส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันที่ 21, 22, 24, 25 เมษายน พ.ศ. 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย