



ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้น  
จากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม

โดย

นายภคพล แจ่มเจนกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้น  
จากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม

โดย

นายภคพล แจ่มเจนกิจ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



SYSTEM FOR VISUALIZATION AIRFLOW DISTRIBUTION FROM  
SKETCH OF ARCHITECTURE

BY

MR. PAKKAPOL CHANGCHENKIT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายภคพล แจ่มเจนกิจ

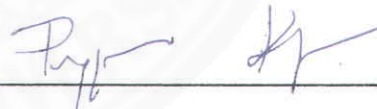
เรื่อง

ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(อาจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(อาจารย์ ดร. สาธิตา สกลรัตน์กุลชัย)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสต์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้น จากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม
ชื่อผู้เขียน	นายภักพล แจ่มเจนกิจ
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์
ปีการศึกษา	2558

### บทคัดย่อ

ปัจจัยที่สำคัญและต้องคำนึงถึง ในอาคารทุกแห่งคือการไหลของมวลอากาศ การวางผังอาคารโดยไม่คำนึงต่อการไหลของมวลอากาศและช่องเปิดของอาคารส่งผลเสียอย่างมาก เมื่ออาคารสร้างไปแล้วจะแก้ปัญหาดูได้ยาก ซึ่งควรวางแผนและแก้ไขตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบ โดยการจำลองสถานการณ์จะช่วยให้สถาปนิกและลูกค้าเข้าใจถึงการออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศมากขึ้น แต่ปัจจุบันสถาปนิกยังไม่นิยมนำการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศมาใช้ในช่วงเริ่มต้นปรึกษากับลูกค้า เพราะเป็นกระบวนการใช้งานที่ยาก มีขั้นตอนมาก และต้องมีความรู้เฉพาะทางจึงใช้ได้ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมที่สามารถใช้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบระหว่างสถาปนิกกับลูกค้า ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการเดิมที่ต้องทำแบบจำลองสามมิติก่อนถึงจะนำไปวิเคราะห์และประมวลผลได้ ระบบที่จะเปลี่ยนเป็นการใช้ภาพถ่ายจากภาพร่างผังอาคารแล้วนำไปสร้างสถานการณ์จำลองต่อไป

ในกระบวนการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพัฒนาระบบโดยผู้วิจัย เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพที่มีความแม่นยำในการประมวลผลจากภาพ สามารถตรวจจับเส้นผนังบนกระดาษได้อย่างแม่นยำทั้งในสถานที่ที่มีความสว่างน้อยและมาก รวมถึงการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศที่น่าเชื่อถือโดยการเทียบผลกับโต๊ะจำลองของไหล (Fluid Table) และการทดสอบระบบกับกลุ่มผู้ใช้งานสถาปนิก

ระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing) ทำหน้าที่แปลงเส้นผนังในภาพร่างทางสถาปัตยกรรมเป็นภาพกราฟิกเวกเตอร์

(Vector) และระบบการแสดงผลการไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation) ซึ่งทำหน้าที่รับค่าตำแหน่งของเส้นผนังในขั้นตอนประมวลผลจากภาพมาแสดงเป็นลวดลายของมวลอากาศพร้อมจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้น เป้าหมายของการออกแบบระบบนี้คือ การแสดงผลการไหลของมวลอากาศที่มีประสิทธิภาพและเข้าใจได้ง่าย โดยมีสถาปนิกเป็นผู้ที่ใช้งานระบบ และนำเสนอกับลูกค้าในขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้น (Schematic Design) สถาปนิกที่คุ้นเคยกับการร่างแบบสถาปัตยกรรมด้วยมือจะสามารถใช้งานระบบได้ทันที สามารถช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการออกแบบและการแก้ไขแบบทางสถาปัตยกรรม

**คำสำคัญ:** การจำลองสถานการณ์, การไหลของมวลอากาศ, การประมวลผลจากภาพ, การออกแบบเบื้องต้น

Thesis Title	SYSTEM FOR VISUALIZATION AIRFLOW DISTRIBUTION FROM SKETCH OF ARCHITECTURE
Author	Mr. Pakkapol Changchenkit
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Chawee Busayarat, Ph.D.
Academic Years	2015

## ABSTRACT

Airflow is one of the crucial factors in building planning or construction, affecting time and cost of the project. This problem could be avoided by consulting with architects at preliminary design stage. Building simulation can enhance clients understanding of the design regarding the airflow mechanism. However, due to the complexity of the simulation model, which requires experts and special set of knowledge. Nowadays, there is no implementation of this process, however. This research aims to develop a system for airflow distribution visualization from architectural sketch that can be used from the beginning of a design consultation among architects and clients. Instead of creating a 3d model for building analysis, our process is based on image processing that recognizes and analyzes a photograph of building plan, then uses it to simulate airflow in real time building simulation.

To develop a system needs to use the functionality of two parts. 1) Image Processing is a function to convert the sketch architectural into the graphic vector 2) Airflow Simulation is a function to received wall position in data processing from image into an airflow obstruction with Basic Airflow simulation. The aims of this systems design is to show display of air flow with efficiency and simplicity by architects who use the system and offer customers in schematic Design procedure. Architects who are

familiar with draft architecture by hand can be used it rapidly and reduce the procedure time in the design and editing an architecture design.

**Keywords:** Simulation, Airflow, Image Processing, Pre-design





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการนำการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบขั้นต้น ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ภายใต้การให้คำปรึกษาที่ดีของที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ อ. ดร.ชาวี บุษยรัตน์ กรรมการและที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำที่ดี อย่างเป็นกันเอง วิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์นี้ผ่านไปได้ด้วยดี รวมทั้งขอขอบคุณ ผศ. ดร.พิชญ์ คนองชัยยศ และ อ. ดร.สาธิตา สกุศลรัตนกุลชัย ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำที่ดี และเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องชาย น้องสาว และญาติทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือ รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยนี้ออกมาได้สำเร็จลุล่วง

ภักพล แจ้งเจนกิจ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 คำถามการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 สมมติฐานในการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.8 กรอบการดำเนินงานวิจัย	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในช่วงเริ่มต้น	7
2.1.1 การกำหนดโครงการ (Architectural Programming)	7
2.1.2 การออกแบบเบื้องต้น (Schematic Design)	8
2.1.3 พัฒนาการออกแบบ (Design development)	8

	(7)
2.1.4 การเขียนแบบก่อสร้าง (Construction Drawing)	9
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการไหลของมวลอากาศ	11
2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบจำลองการไหลของมวลอากาศจากภาพผังอาคาร	12
2.3.1 ระบบการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)	12
2.3.2 ระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing)	14
2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	17
2.4.1 กรณีศึกษาของการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ	17
2.4.2 กรณีศึกษาของระบบการจำลองการไหลของมวลอากาศ	19
<b>บทที่ 3 วิธีการวิจัย</b>	<b>28</b>
3.1 การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบ	28
3.2 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ	29
3.3 วิเคราะห์ความต้องการในการออกแบบระบบ	29
3.4 การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบ	30
3.5 การออกแบบและพัฒนาระบบ	32
3.5.1 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของการประมวลผลภาพ (Image Processing)	33
3.5.2 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากผังอาคาร (Airflow Simulation)	34
3.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบ	35
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	<b>38</b>
4.1 การทำงานของระบบ	38
4.2 ส่วนแสดงผลของระบบ	43
4.3 สรุปการใช้งานของระบบ	53
4.4 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ	54
4.4.1 การประเมินความแม่นยำของระบบ	54

	(8)
4.4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	89
5.1 สรุปการทำงานของระบบ	89
5.1.1 สรุปการทำงานของระบบประมวลผลจากภาพ	89
5.1.2 สรุปการทำงานของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้น	90
5.2 สรุปผลขั้นตอนในการออกแบบสถาปัตยกรรมชั้นต้นเมื่อใช้ระบบ	91
5.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	92
5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบและข้อเสนอแนะในงานวิจัย	93
รายการอ้างอิง	98
ภาคผนวก	100
ภาคผนวก ก	101
ภาคผนวก ข	103
ภาคผนวก ค	104
ภาคผนวก ง	105
ประวัติผู้เขียน	106

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
4.1	ค่าความเร็วลมที่วัดได้ในเดอะ เครสต์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4	78
4.2	ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ประเมินประสิทธิภาพของระบบ	80
4.3	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบประมวลผลจากภาพ	81
4.4	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	82
4.5	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยสถาปนิก	83
4.6	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม	84
4.7	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD น้อยกว่า 5 ปี	85
4.8	ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี	86
4.9	สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบ	87
5.1	การตั้งค่าต่าง ๆ ในระบบ	91
5.2	ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมเบื้องต้นในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมเบื้องต้นโดยใช้ระบบ	92

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กระบวนการประเมินโดยผู้วิจัย	5
1.2 กระบวนการประเมินโดยสถาปนิกและลูกค้า	6
2.1 การปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้า	9
2.2 การวาดผังขั้นต้นด้วยมือ	9
2.3 การวาดผังและใส่รายละเอียดด้วยมือ	10
2.4 การวาดผังโดยใช้โปรแกรม AutoCAD	10
2.5 การเกิด Positive และ Negative จากลมที่เข้ามาปะทะอาคาร	11
2.6 การคำนวณการไหลของมวลอากาศในลักษณะ Grid	13
2.7 การหมุนวน (Vorticity) ของมวลอากาศ	14
2.8 การเคลื่อนที่ของมวลอากาศเมื่อผ่านสิ่งกีดขวาง	14
2.9 ขั้นตอนพื้นฐานของ Digital Image Processing	15
2.10 ส่วนประกอบของระบบ Image Processing ทั่วไป	16
2.11 ความแตกต่างของภาพ Raster กับ Vector	17
2.12 การแปลงภาพ Raster เป็น Vector ของโปรแกรม Adobe Illustrator	18
2.13 การตรวจจับกลุ่มพิกเซลของคน โดย Library Blob Detection ของ Processing	19
2.14 การตรวจจับกลุ่มพิกเซล Contour แล้วดึงความสูงตามความเข้มของสี โดย Library Blob Detection ของ Processing	19
2.15 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นเส้น	20
2.16 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นสี	20
2.17 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นเส้นและสี	21
2.18 Wind Tunnel App Free จาก	21
2.19 การจำลองสถานการณ์แดดและความร้อนในตัวอาคาร โดยโปรแกรม Ecotect Analysis	23
2.20 การจำลองสถานการณ์ลมในอาคาร โดยโปรแกรม Ecotect Analysis	24
2.21 การประมวลผลของโปรแกรม Pheonics	25
2.22 การประมวลผลของโปรแกรม Ansis	26
2.23 การประมวลผลอาคารในอุโมงค์ลม เทียบกับประมวลผลอาคารใน CFD	27
3.1 ตัวอย่างการประยุกต์การเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Processing	31

3.2 ส่วนต่อประสาน (Interface) ของโปรแกรม Processing	31
3.3 องค์ประกอบของระบบ	32
3.4 Flow chart	33
3.5 ภาพก่อนที่จะถูกนำไปประมวลผลในโปรแกรม Processing	34
3.6 ภาพที่นำไปประมวลผลในโปรแกรม Processing แล้ว	34
3.7 การจำลองอุโมงค์ลมโดย Library “diewal_fluid”	35
3.8 อุโมงค์ลม	36
3.9 โต้ะน้ำ	37
4.1 Diagram การทำงานของระบบ	38
4.2 การทำงานของ Library diewald_CV_kit	39
4.3 การแสดงของ Library diewald_CV_kit	39
4.4 การแสดงจำนวน กลุ่มของ Contour ที่ระบบตรวจจับได้	40
4.5 การสรุปจำนวนกลุ่มของ Contour ทั้งหมด ที่ระบบตรวจจับได้	40
4.6 การปรับค่าความเข้มของแสงที่ระบบสามารถตรวจจับได้น้อยเกินไป	41
4.7 การปรับค่าความเข้มของแสงที่ระบบสามารถตรวจจับได้	41
4.8 ฟังก์ชันการสร้าง Contour และการนำค่าตำแหน่งของเส้นที่ตรวจจับได้ไปใช้	42
4.9 การรวมแรงของ Vector	43
4.10 ส่วนแสดงผลของระบบ	43
4.11 แลบเครื่องมือของระบบ	44
4.12 การตรวจจับเส้นที่ต่อเนื่องกัน 1 เส้น	45
4.13 การตรวจจับเส้นที่ต่อเนื่องกัน 2 เส้น	45
4.14 ภาพร่างผังอาคารก่อนที่จะนำมาใช้ในระบบ	45
4.15 การปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสงน้อยเกินไป	46
4.16 การปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสงมากเกินไป	46
4.17 การแสดงผลจำนวนกลุ่มของสีที่จับได้	47
4.18 การ Crop ส่วนที่ต้องการ	47
4.19 ขั้นตอนการ Crop รูป เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	48
4.20 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	48
4.21 การแสดงผลการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	49
4.22 การแสดงผลการปรับองศาการไหลของมวลอากาศ 43.20 องศา	49

4.23 การแสดงผลการปรับองศาการไหลของมวลอากาศ 313.20 องศา	50
4.24 การนับองศาในระบบ	50
4.25 การแสดงผลการเร่งเวลาการไหลของมวลอากาศ	51
4.26 การแสดงผลการปรับความโค้งของการไหลของมวลอากาศ	51
4.27 การแสดงผลการปรับจำนวนแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ	52
4.28 การแสดงผลการเพิ่มและลบเส้นผนังในระบบ	52
4.29 การบังคับทิศทางการไหลของมวลอากาศโดยผู้ใช้งาน	53
4.30 การแสดงผลการเพิ่มแหล่งกำเนิดของมวลอากาศอีกประเภท	53
4.31 Diagram การใช้งานของผู้ใช้งาน	54
4.32 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่มีความสว่าง 5 lux	55
4.33 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT_INTENSITY เท่ากับ 50	55
4.34 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT_INTENSITY เท่ากับ 35 หน่วย	56
4.35 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่มีความสว่าง 50 lux	56
4.36 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT_INTENSITY เท่ากับ 50 หน่วย	57
4.37 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่มีความสว่าง 150 lux	57
4.38 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT_INTENSITY เท่ากับ 50 หน่วย	58
4.39 การเจาะช่องเปิดขนาดเท่ากัน	59
4.40 การเจาะช่องเปิดขนาดเท่ากันโดยระบบ	59
4.41 การเจาะช่องเปิดขนาดเล็กในทางเข้าและขนาดใหญ่ในทางออก	60
4.42 การเจาะช่องเปิดขนาดเล็กในทางเข้าและขนาดใหญ่ในทางออกโดยระบบ	60
4.43 การเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ในทางเข้าและขนาดเล็กในทางออก	61
4.44 การเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ในทางเข้าและขนาดเล็กในทางออกโดยระบบ	61
4.45 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 1	62
4.46 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 1 โดยระบบ	62
4.47 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 2	63
4.48 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 2 โดยระบบ	63
4.49 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 3	64
4.50 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 3 โดยระบบ	64
4.51 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 4	65
4.52 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 4 โดยระบบ	65



4.53	ทัศนียภาพของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น	66
4.54	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโต๊ะน้ำในผังของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น	67
4.55	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น	67
4.56	ทัศนียภาพของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น	68
4.57	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโต๊ะน้ำในผังของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น	69
4.58	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น	69
4.59	ทัศนียภาพของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น	70
4.60	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโต๊ะน้ำในผังของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น	71
4.61	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น	72
4.62	ทัศนียภาพของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น	73
4.63	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโต๊ะน้ำในผังของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น	73
4.64	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น	74
4.65	ทัศนียภาพของอาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น	75
4.66	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโต๊ะน้ำในผังของอาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น	75
4.67	การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น	76
4.68	เดอะ เครสท์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4	77
4.69	เดอะ เครสท์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4 ประมวลผลโดยระบบ	78
5.1	การวางผังกันแดดแบบผนังครีป	94
5.2	การวางผังกันแดดแบบผนังครีปโดยระบบ	95

- 5.3 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยไต้ะน้ำในรูปตัดของอาคารบ้านพักตาก 95  
อากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น
- 5.4 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในรูปตัดของอาคาร 96



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบสถาปัตยกรรม ไม่ว่าจะเป็นการเกิดที่ว่างทางสถาปัตยกรรม (Space) หรือ รูปทรง (Form) มีหลากหลายแนวทาง แต่ล้วนมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมทั้งสิ้น ปัจจัยที่สำคัญและต้องคำนึงถึง ในอาคารทุกแห่งคือการไหลของมวลอากาศ การสร้างอาคารโดยคำนึงถึงทิศทางของลมและช่องเปิดของอาคาร ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญกับการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยหรืออาคารสำนักงาน เนื่องจากการสร้างอาคารที่เหมาะสมกับทิศทางการไหลของมวลอากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งของสภาวะน่าสบาย และยังทำให้ความร้อนในตัวอาคารน้อยลงในระยะยาวเมื่อก่อสร้างไปแล้ว การวางผังอาคารโดยไม่คำนึงต่อการไหลของมวลอากาศและช่องเปิดของอาคารส่งผลเสียอย่างมาก เช่น การวางผังอาคารแล้วภายในตัวอาคารสะสมความร้อน ลมไม่ถ่ายเท การเปิดช่องเปิดที่ไม่เหมาะสมกับทิศทางการไหลของมวลอากาศ การใช้พลังงานก็จะสิ้นเปลือง เมื่ออาคารสร้างไปแล้วจะแก้ปัญหาดูได้ยาก ปัญหาเหล่านี้ควรจะต้องแก้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบ

ประโยชน์ของการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในผังอาคารจะช่วยทำให้สถาปนิกและลูกค้า เข้าใจถึงการออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศที่สัมพันธ์กับอาคารมากขึ้น ทำให้การออกแบบเข้าใจตรงกันได้ง่าย และข้อมูลที่สถาปนิกต้องการให้ปรับแก้ไขแบบจะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถแก้แบบได้ทันที เมื่อจำลองสถานการณ์ออกมาแล้วไม่เป็นที่น่าพอใจกับทั้งสถาปนิกและลูกค้า ทำให้แบบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะมีการคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศบริเวณอาคารแล้ว

ปัจจุบันยังไม่มีสถาปนิกนิยมนำการจำลองสถานการณ์มาใช้ในช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบกับลูกค้า แต่มักจะใช้ตอนตกลงแบบกับลูกค้าครั้งแรกเรียบร้อยแล้วจึงนำแบบจำลองสามมิติ (3D Model) มาคำนวณในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ที่เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์มีค่าใช้จ่ายที่สูง เมื่อวิเคราะห์จากการจำลองสถานการณ์ออกมาแล้ว ถ้าพบว่าแบบยังไม่เป็นที่น่าพอใจก็ต้องปรับแบบอีกครั้ง สาเหตุที่สถาปนิกยังไม่นำการจำลองสถานการณ์มาใช้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบระหว่างสถาปนิกและลูกค้าเพราะโปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบันมีการใช้งานที่ยาก มีขั้นตอนมาก และต้องมีความรู้เฉพาะทางจึงใช้ได้ จึงมีสถาปนิกที่ใช้งานโปรแกรมประเภทนี้น้อยและต้องทำแบบจำลองสามมิติให้เสร็จก่อนถึงจะนำไปประมวลผลเพื่อจำลองสถานการณ์ซึ่งใช้เวลามาก และส่วนแสดงผลของการ

จำลองสถานการณ์เข้าใจได้ยาก ต้องมีความรู้เฉพาะทางสำหรับการทำความเข้าใจไม่เหมาะกับการนำไปใช้สื่อสารกับลูกค้า

ผู้วิจัยจึงนำเสนอระบบการจำลองสถานการณ์ขั้นต้นมาใช้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบระหว่างสถาปนิกและลูกค้า กระบวนการใช้งานที่ยากก็จะใช้งานได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วขึ้น ผู้วิจัยเลือกที่จะพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นจากภาพวาดผังอาคาร จากการทำแบบจำลองสามมิติก่อนถึงจะนำไปวิเคราะห์และประมวลผลได้ ก็เปลี่ยนเป็นใช้การถ่ายรูปรูปจากภาพวาดผังอาคารแล้วนำไปสร้างสถานการณ์จำลองต่อไป

## 1.2 คำถามการวิจัย

ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นขั้นต้นจากแบบร่างทางสถาปัตยกรรมที่สามารถใช้ได้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมควรเป็นอย่างไร

## 1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในแบบร่างทางสถาปัตยกรรม และเทคโนโลยีประมวลผลจากภาพ (Image Processing)

1.3.2 พัฒนาระบบต้นแบบการออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศระหว่างสถาปนิกและลูกค้า

1.3.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้งานและประสิทธิภาพของระบบในการใช้การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในแบบร่างทางสถาปัตยกรรมตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบ

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในแบบร่างทางสถาปัตยกรรมเป็นการจำลองเบื้องต้น ความกดอากาศเริ่มต้นจะเท่ากันทั้งบริเวณภายในและนอกอาคาร และไม่คำนึงถึงอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยต่อการไหลของมวลอากาศ เพื่อให้สถาปนิกและลูกค้าร่วมกันออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศได้เข้าใจมากขึ้น

1.4.2 ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพวาดผังอาคาร เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับสถาปนิก สำหรับปรึกษาแบบกับลูกค้าในช่วงเริ่มต้น

## 1.5 สมมติฐานในการวิจัย

ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพวาดผังอาคารสามารถ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สถาปนิกสามารถใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ เพื่อใช้ประกอบกับการปรึกษาแบบ สถาปัตยกรรมขึ้นต้นกับลูกค้า

1.6.2 ระบบจำลองสถานการณ์สภาพอากาศจากภาพวาดผังอาคาร จะช่วยให้สถาปนิก สื่อสารกับลูกค้าในช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศได้อย่างเข้าใจมากขึ้น

1.6.3 แบบที่ได้จากการใช้ระบบจำลองสถานการณ์สภาพอากาศจากภาพวาดผังอาคาร จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยให้มีการแก้แบบในภายหลังน้อยลง

1.6.4 ระบบจะช่วยให้สถาปนิกสามารถตรวจสอบความถูกต้องของลมที่ไหลผ่านในตัว อาคารจากการออกแบบขึ้นต้นได้

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) หมายถึง การจำลองพฤติกรรมของลมที่ไหลผ่าน ตัวอาคาร

การไหลของมวลอากาศ (Airflow) หมายถึง การไหลของลม จากการจำลองสถานการณ์ ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน ความแม่นยำใน การจำลองสถานการณ์ รวมถึงความสามารถในการออกแบบผังที่พักอาศัยของสถาปนิกและลูกค้า

ราสเตอร์ (Raster) หมายถึง ภาพกราฟิกที่เกิดจากการเรียงตัวกันของจุดสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลาก หลายสี ซึ่งเรียกกจุดสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ นี้ว่าพิกเซล

เวกเตอร์ (Vector) หมายถึง ภาพกราฟิกที่เกิดจากการอ้างอิงความสัมพันธ์ทาง คณิตศาสตร์ หรือการคำนวณ

แพลตฟอร์ม (Platform) คือสถานะแวดล้อมที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่ง

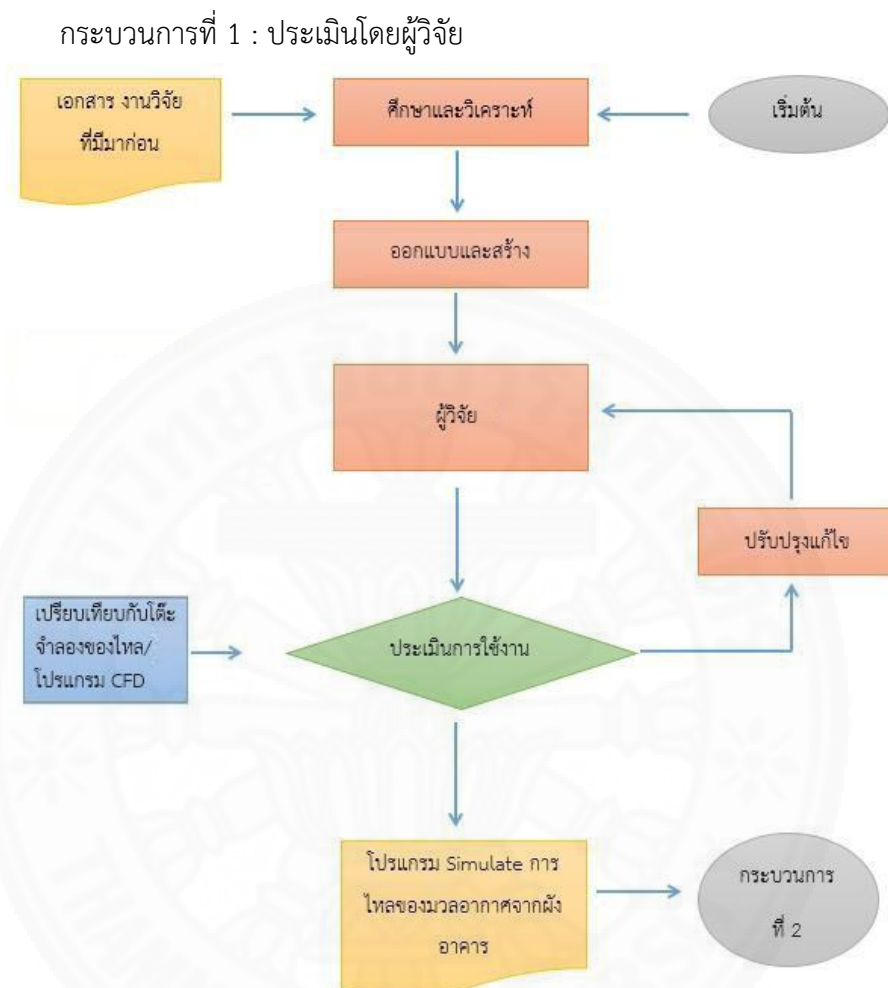
พิกเซล (Pixel) หมายถึง จุดที่เล็กที่สุดที่รวมตัวกันเป็นภาพ เหมือนอะตอมที่รวมตัวกันเป็นโมเลกุล (อะตอมนั้นไม่อาจจะแยกแยะต่อไปได้อีกแล้ว) จอภาพที่แสดงภาพที่มีจุด เล็ก ๆ มาก จะยิ่งให้ภาพที่คมชัด

บล็อบ (Blob) หมายถึง กลุ่มพิกเซลที่มีความเชื่อมโยงกันในภาพ เช่น กลุ่มพิกเซลที่มีลักษณะสว่าง หรือมืดในภาพนั้น เป้าหมายของ Blob คือการทำเครื่องหมาย และตรวจสอบกลุ่มพิกเซลเหล่านี้

ไลบรารี (Library) หมายถึง ที่เก็บรวบรวมชุดคำสั่งต่าง ๆ ซึ่งแปลไว้เป็นภาษาของโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว และเก็บอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์

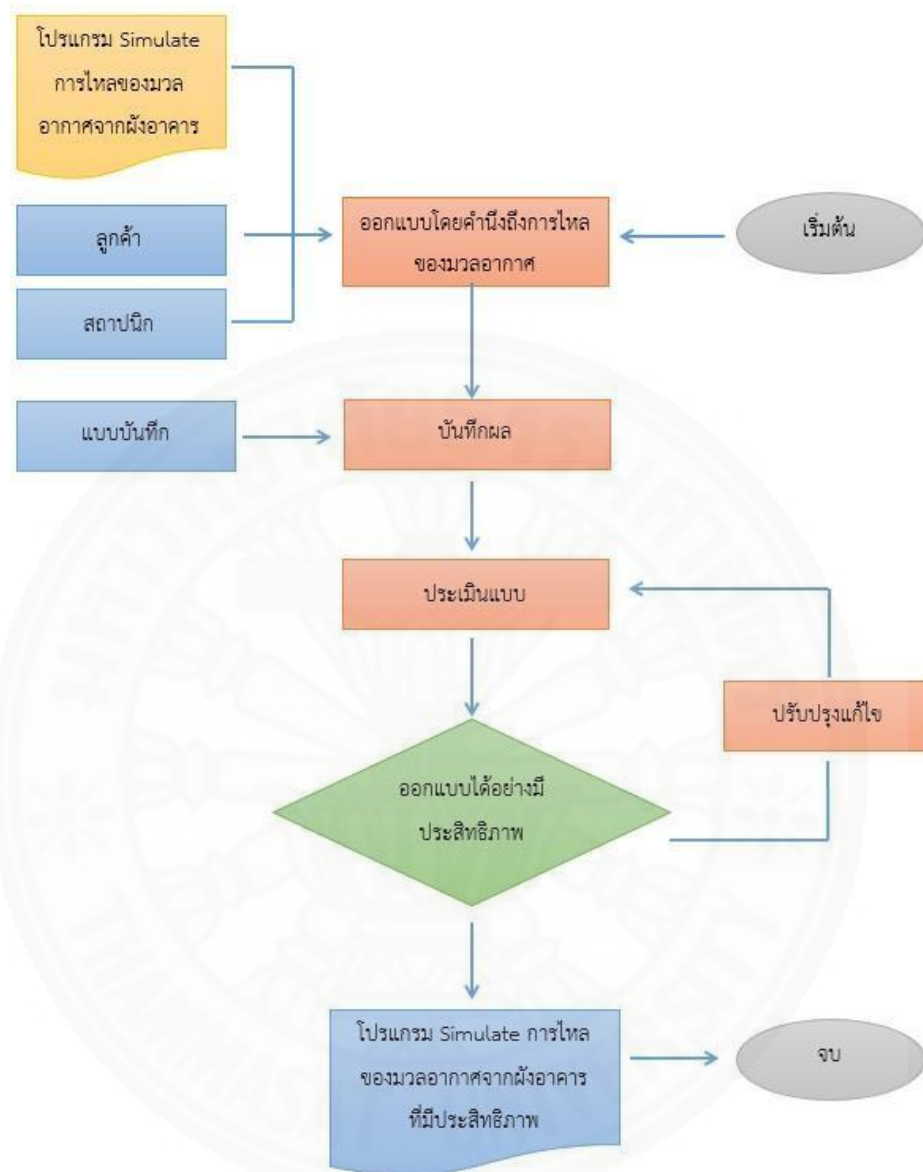
อาคารสูง หมายถึง อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด (กฎกระทรวงฉบับที่ 33, 2535)

## 1.8 กรอบการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 1.1 กระบวนการประเมินโดยผู้วิจัย

กระบวนการที่ 2 : ประเมินโดยสถาปนิกและลูกค้า



ภาพที่ 1.2 กระบวนการประเมินโดยสถาปนิกและลูกค้า



## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเริ่มต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม ได้มีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งได้ 4 กลุ่ม คือ

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในช่วงเริ่มต้น

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการไหลของมวลอากาศ

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบจำลองการไหลของมวลอากาศจากภาพผังอาคาร

2.3.1 ระบบการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)

2.3.2 ระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing)

2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.4.1 กรณีศึกษาของการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

2.4.2 กรณีศึกษาของระบบการจำลองการไหลของมวลอากาศ

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในช่วงเริ่มต้น

การออกแบบสถาปัตยกรรม แบ่งขั้นตอนในการออกแบบได้ 4 ขั้นตอนดังนี้

2.1.1 การกำหนดโครงการ (Architectural Programming)

2.1.2 การออกแบบเบื้องต้น (Schematic Design)

2.1.3 พัฒนาการออกแบบ (Design development)

2.1.4 การเขียนแบบก่อสร้าง (Construction Drawing)

##### 2.1.1 การกำหนดโครงการ (Architectural Programming)

เป็นการให้คำปรึกษาและขอข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการออกแบบ ได้แก่ ความต้องการใช้สอย (Function) ศักยภาพของที่ตั้งอาคาร หรือ บริบท (Context) งบประมาณเบื้องต้น (Budgets) ทำการสรุปความต้องการขั้นต้นของลูกค้า โดยในขั้นตอนนี้อาจจะมีการพบปะพูดคุยระหว่างสถาปนิก และลูกค้ามากกว่า 1 ครั้งเพื่อปรับ

ความเข้าใจให้ตรงกัน และบ่อยครั้งที่ลูกค้าใช้การพูดคุยในขั้นตอนนี้เพื่อพิจารณาตัวสถาปนิก ว่าสามารถทำงานด้วยกันได้หรือไม่ น่าเชื่อถือเพียงใด และมีความสามารถ หรือรูปแบบของงานตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ และในขณะเดียวกัน สถาปนิก ส่วนใหญ่ก็จะใช้ขั้นตอนนี้ ในการพิจารณาว่าจะรับงานของลูกค้ารายนั้นหรือไม่ ด้วยเช่นกัน

### 2.1.2 การออกแบบเบื้องต้น (Schematic Design)

เป็นการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งผ่านการอนุมัติจากลูกค้าแล้ว มาพัฒนาเป็นแบบร่างอย่างง่าย (ภาพที่ 2.1) เพื่อเริ่มออกแบบ ซึ่งสถาปนิกจะทำการวางแผนความคิดในการออกแบบ (Preliminary Concept) และผังพื้นที่ในการใช้สอย ให้กับลูกค้าทำการ พิจารณา รูปแบบการออกแบบ (Style) รวมทั้งกำหนดคุณภาพของพื้นที่การใช้งานต่าง ๆ (Quality of space) นำเอาพื้นที่ต่าง ๆ มาจัดวางลงไปในที่ตั้ง เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม (Zoning) หรือวางแผนผังพื้นที่ใช้สอยอย่างง่าย (Lay-out Plan) ผนวกแนวความคิด (Concepts) ที่สะท้อน ความเป็นเอกลักษณ์ ของโครงการมาสร้างรูปทรงที่สอดคล้องกับบริบท และการใช้งาน (Schematic design) พร้อมทั้งการเสนองบประมาณค่าใช้จ่าย (Preliminary Budget) เพื่อให้ลูกค้าทำการพิจารณาการแบ่งพื้นที่ทั้งหมด ว่าตรงกับความต้องการใช้งานจริงของลูกค้าหรือไม่

เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้ว ลูกค้าจะเริ่มเข้าใจและมองเห็นหน้าตาของงานออกแบบที่สถาปนิกจะพัฒนาในขั้นตอนต่อไป และลูกค้าอาจจะขอปรับเปลี่ยนได้ แต่ไม่ควรจะแก้ไขแบบจนผิดไปจากแนวความคิดในการออกแบบและผังที่ได้วางเอาไว้ เพราะจะทำให้สถาปนิกต้องกลับไปเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้งานออกแบบยืดเยื้อ ไม่เสร็จในระยะเวลาที่กำหนด

### 2.1.3 พัฒนาการออกแบบ (Design development)

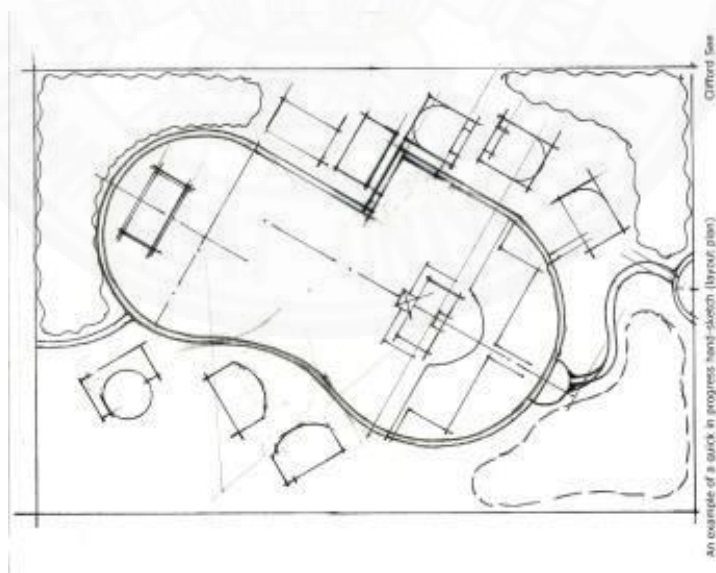
ในขั้นตอนนี้ สถาปนิกจะทำการพัฒนาแบบต่อจากแบบร่างขั้นต้น เป็นการพัฒนารูปทรงและตำแหน่งให้มีความละเอียด กำหนด ขนาดพื้นที่การใช้งานและทางสัญจรที่เหมาะสม (Area requirement and circulation) เพิ่มรายละเอียด ช่องเปิด ประตู สุขภัณฑ์ เพอร์นิเจอร์ (Detailed design) ระบุวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงวัสดุตกแต่ง (Materials) กำหนดระดับความสูง ตำแหน่งระยะ (Level & Dimension) โดยสถาปนิกมักจะนำเสนอเป็นภาพ Perspective ที่เสมือนจริง หรือ Model ที่ ใกล้เคียงกับงานออกแบบ ที่จะสร้างจริงมากที่สุด เพื่อให้ลูกค้าสามารถจินตนาการงานทั้งหมดได้ชัดเจน และในขั้นตอนนี้ลูกค้าอาจจะขอแก้ไขแบบร่าง ในส่วนรายละเอียดได้บ้าง แต่ไม่มากนัก เนื่องจากแบบในขั้นตอนนี้ มักจะได้รับการอนุมัติจากแบบร่างขั้นต้น เกือบทั้งหมดแล้ว

### 2.1.4 การเขียนแบบก่อสร้าง (Construction Drawing)

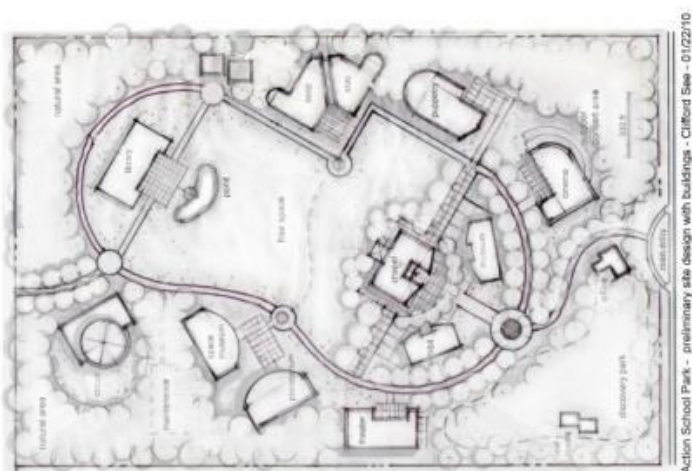
เป็นการเขียนแบบก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นแบบอ้างอิงที่มีการกำหนดระยะขนาด และ ระบุวัสดุที่ใช้ (Dimension & Materials) นำเสนอในรูปแบบ ผังบริเวณ แพลน รูปด้าน และ รูปตัด (Plan Elevation & Section) ในกรณีที่แบบมีความซับซ้อน จำเป็นต้องเพิ่มแบบขยาย รายละเอียด (Detailed design) โครงสร้างหลังคา บันได ราวจับ รวมถึง ประตู หน้าต่าง ห้องน้ำ เป็นต้น (บริษัท แอพพลีแคด จำกัด, 31 กรกฎาคม 2558)



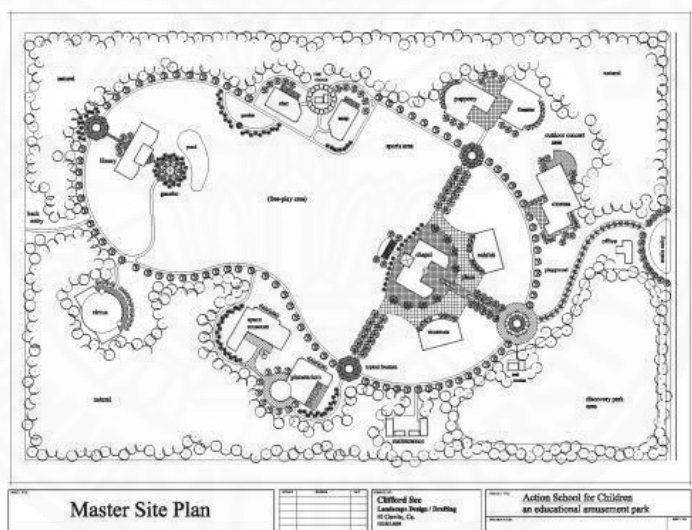
ภาพที่ 2.1 การปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้า จาก <http://vgnew.com/Home/ViewDetail.aspx?NewID=46&Type=16>, 2013



ภาพที่ 2.2 การวาดผังขั้นต้นด้วยมือ จาก <https://cliffsee.wordpress.com>, 2010



ภาพที่ 2.3 การวาดผังและใส่รายละเอียดด้วยมือ จาก <https://cliffsee.wordpress.com>, 2010



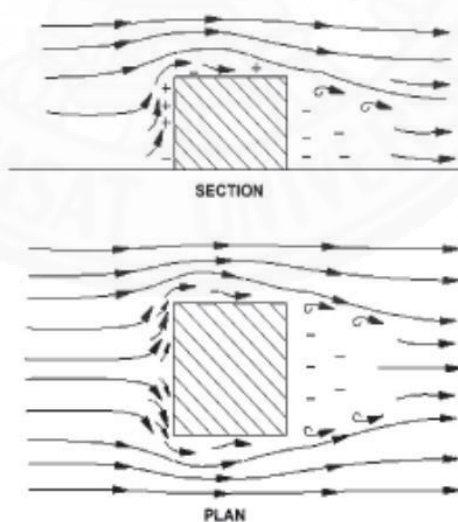
ภาพที่ 2.4 การวาดผังโดยใช้โปรแกรม AutoCAD จาก <https://cliffsee.wordpress.com>, 2010

การเริ่มงานสถาปัตยกรรมควรเริ่มจากการวาดผังสถาปัตยกรรมด้วยมือ Paulo Armi (2015) ได้กล่าวว่า “เนื่องจากว่าเป็นช่วงเริ่มต้นและกำลังพัฒนาทางเลือกกับลูกค้า ในการสำรวจที่หนึ่งที่ได้ผลดีที่สุด โดยการสเก็ตซ์ที่กำลังสร้างได้อย่างรวดเร็วทางเลือกที่แตกต่างกันและระบุคนที่ดีที่สุดประหยัดความพยายามเวลาและค่าใช้จ่าย” อีกทั้งการใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบสถาปัตยกรรมจะจำกัดความคิดของสถาปนิกอีกด้วย (Amanda, 2015)

## 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการไหลของมวลอากาศ

หลักพื้นฐานการไหลของกระแสลม ลมสามารถพัดได้ด้วยแรงขับเคลื่อน 2 ประเภท ได้แก่ ความแตกต่างของอากาศ (pressure differential) และ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (temperature differential) การเคลื่อนไหวของกระแสลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

1. Laminar หมายถึง ลมที่พัดอย่างอิสระด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และไม่ผ่านสิ่งกีดขวาง
2. Separated หมายถึง ลมที่พัดผ่านพื้นดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้างซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานที่ผิววัตถุ (friction) ซึ่งทำให้ความเร็วของกระแสลมในแต่ละระดับความสูงไม่สม่ำเสมอ
3. Turbulent หมายถึง การพัดของกระแสลมที่มีความแปรปรวน โดยทั่วไปลมที่พัดผ่านวัตถุ ต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ มักจะเกิดการพัดแบบ Turbulent เป็นส่วนใหญ่
4. Eddy หมายถึง ลมหมุน ที่เกิดจากการพัดแบบ Turbulent ลมที่พัดเข้าปะทะสิ่งกีดขวาง หรือผนังของอาคารจะถูกกักอัด ทำให้เกิด ความกดอากาศ (pressure) ที่มากกว่าปกติ (positive pressure) ในด้านที่ลมปะทะ ในขณะที่เดียวกัน ที่ด้านตรงข้ามที่ลมพัดออกจากตัวอาคารอากาศในบริเวณนั้นจะถูกดูดออก ทำให้ความกดอากาศลดลงเกิดเป็น (negative pressure) ลมที่พัดเข้าปะทะผนังอาคาร และไหลเลื่อนไปตามหลังคาและผนังด้านข้างจะก่อให้เกิด negative pressure ที่ผิวด้านข้างและผิวหลังคา ซึ่งจะก่อให้เกิด Turbulent และ Eddy ตามมา ซึ่งการเกิด Eddy จะมีผลเสียต่อตัวอาคาร คือ การสะสมของฝุ่นละอองที่มากับลม รวมถึงมลพิษทางอากาศอีกด้วย ค่าความกดอากาศขึ้นอยู่กับความเร็วของลม (กฎของพวงศ์ ทองศรี, 2549)



ภาพที่ 2.5 การเกิด Positive และ Negative จากลมที่เข้ามาปะทะอาคาร จาก กฎของพวงศ์ ทองศรี, อรรถนัย เศรษฐบุตตร, ธนิต จินดาวณิก. (2549). การศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้พื้นที่ภายนอกอาคารกรณีศึกษาโรงพยาบาลศิริราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

ในผังอาคารจะสามารถเกิดลมประเภท Laminar Turbulent และ Eddy ได้ แต่จะไม่สามารถเกิดลมประเภท Separated ได้ เนื่องจากระบบประมวลผลแบบ 2 มิติ ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วสูง แต่ถ้าเป็นรูปด้าน สามารถเกิดได้ทั้ง Laminar Turbulent Eddy และ Separated

## 2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบจำลองการไหลของมวลอากาศจากภาพผังอาคาร

### 2.3.1 ระบบการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)

“พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD ซึ่งย่อมาจาก Computational Fluid Dynamics) คือสาขาหนึ่งในกลศาสตร์ของไหลที่ใช้กระบวนการเชิงตัวเลขและขั้นตอนวิธี (algorithm) ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการไหลของของไหล เพื่อการนี้ คอมพิวเตอร์จะถูกนำมาใช้เพื่อทำการคำนวณนับล้าน ๆ ครั้ง ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองการทำปฏิกิริยาของของไหลและก๊าซต่อขอบผิวซึ่งกำหนดโดยสภาวะของขอบเขต แต่ทว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นก็ยังเป็นเพียงการประมาณการณ์ที่ได้จากในหลาย ๆ กรณีเท่านั้นถึงแม้ว่าจะใช้ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ความเร็วสูงในการคำนวณก็ตาม อย่างไรก็ตาม การพัฒนาของโปรแกรมนี้ในปัจจุบัน ความแม่นยำและความเร็วในการคำนวณสถานการณ์ที่ซับซ้อนนั้นได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ เช่นการจำลองการไหลแบบเทอร์บิวแลนต์ หรือ Transonic โปรแกรมนี้แต่เดิมถูกนำมาใช้กับการจำลองกังหันลม แต่ปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการทดสอบการบินด้วย” (“พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ”, วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2015)

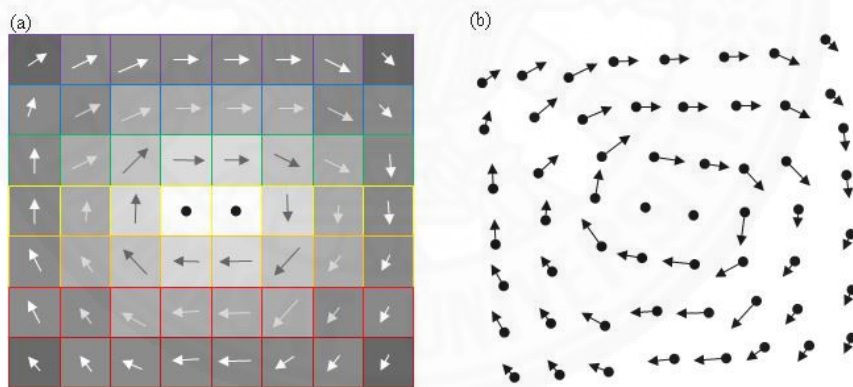
เนื่องจากการประมวลผลแบบโปรแกรม CFD เช่น Enotech Analysis Phoenix Ansys ค่อนข้างใช้การประมวลผลที่ละเอียดและใช้เวลามาก โดยเฉพาะการประมวลผลแบบ Real time Simulation นั้นยังต้องใช้เวลาและ Hardware ที่มีประสิทธิภาพสูง จึงสามารถใช้งานได้อย่างสิ้นไหลไม่ติดขัด แต่การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Schematic design) นั้นต้องการการประมวลผลที่รวดเร็ว และต้องจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศบน Smart phone, Laptop ขนาดเล็ก และ Tablet ซึ่งปัจจุบัน Hardware ใน Device ดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะประมวลผลแบบเดียวกับโปรแกรม CFD แบบ Real time Simulation สาเหตุที่ควรจำลองแบบ Real time Simulation เพราะในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Schematic Design) นั้นจำเป็นต้องให้สถาปนิกและลูกค้าเข้าใจถึงการออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงไหลของมวลอากาศผ่านในตัวอาคาร ซึ่งการจำลองสถานการณ์แบบ Real time จะทำให้สถาปนิกและลูกค้าเข้าใจได้มากกว่า การจำลองแบบแสดงผลเพียงครั้งเดียว อีกทั้งต้องมีการปรับแก้แบบขณะการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศอีกด้วย ปัจจุบันมีการ

ประมวลผล Fluid สำหรับเกม ซึ่งจะประมวลผลไม่ละเอียดเท่า CFD ตัดฟังก์ชันบางอย่างออก เช่น การไม่คำนวณอนุภาค ไม่สามารถวัดค่าความเร็วและความดันของแต่ละอนุภาคได้ แต่จะแสดงผลได้ใกล้เคียงกัน โดยอ้างอิงตามทฤษฎีการเคลื่อนที่ของของไหล ทำให้ไม่ต้องใช้ Hardware ที่มีประสิทธิภาพสูงก็สามารถแสดงผลการไหลของมวลอากาศได้ ดังนั้นการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในระบบจะอ้างอิงตามหลักทฤษฎี Fluid Simulation for Video Games (Michael J. Gourlay, 2012) โดยการคำนวณของไหลจะแบ่งเป็น 2 ประเภท

1. การคำนวณแบบกริด (Grid) หรือ การคำนวณเป็นพื้นที่ (Field) (ภาพที่ 2.6a) โดย แบ่งเป็น การคำนวณแบบ Grid 2 มิติ มิติแรกคือการจัดเก็บความหนาแน่นของมวลอากาศในแต่ละจุด และมิติที่สองคือการจัดเก็บความเร็วของมวลอากาศ

2. การคำนวณแบบอนุภาค (Particle) แต่ละอนุภาคจะเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไม่อ้างอิงตาม Grid แต่จะปฏิสัมพันธ์กับอนุภาคอื่นและสิ่งกีดขวาง โดยแต่ละอนุภาคจะเก็บค่าตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) ความหนาแน่น (Density)

ระบบการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างผังอาคารจะประมวลผลแบบ Particle หรือเป็นอนุภาคเนื่องจากสถาปนิกและลูกค้าจำเป็นต้องเห็นถึงการไหลของอนุภาคของลม ผ่านตัวอาคารและผ่านช่องเปิดของอาคาร



ภาพที่ 2.6 การคำนวณการไหลของมวลอากาศในลักษณะ Grid (a) การคำนวณการไหลของมวลอากาศในลักษณะ Particle (b) จาก <https://software.intel.com/en-us/articles/fluid-simulation-for-video-games-part-1>, 2012

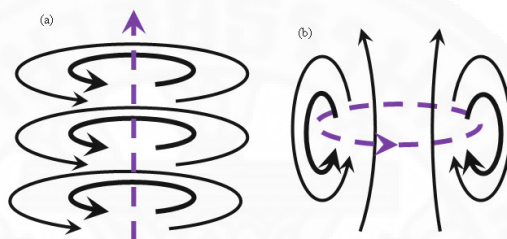
คุณสมบัติของมวลอากาศที่จะนำมาคำนวณในระบบ มีดังนี้

1. ความดัน (Pressure) คือแรงที่มวลอากาศถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดหรือกระทำต่อสิ่งกีดขวาง ซึ่งความดันสัมพันธ์กับความเร็ว (Velocity)

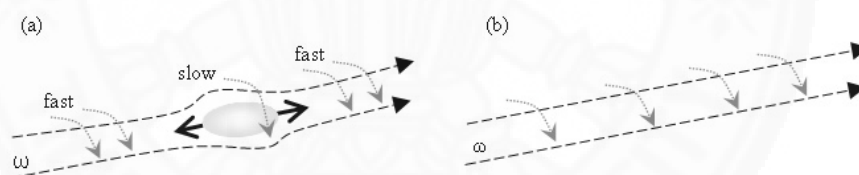
2. ความหนืด (Viscosity) มวลอากาศยังมีแรงเฉือน และมีความหนืดไม่เท่ากัน เช่น ของเหลวที่ต่อต้านการบิดเบือน แสดงให้เห็นว่า ของเหลวหนา (เช่นน้ำเชื่อม) มีความหนืดสูง ของเหลวบาง (เช่นน้ำ) มีความหนืดต่ำ

3. ความหนาแน่น (Density) แสดงถึงปริมาณมากน้อยของมวลอากาศในแต่ละพื้นที่

การพา (Advection) คือการย้ายมวลอากาศภายใน grid โดยพฤติกรรมการไหลของมวลอากาศจะมีการหมุนวน (Vorticity) (ภาพที่ 2.7) และจะโค้งหลบสิ่งกีดขวางทำให้ความเร็วของมวลอากาศรอบสิ่งกีดขวางไม่เท่ากัน (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.7 การหมุนวน (Vorticity) ของมวลอากาศ จาก <https://software.intel.com/en-us/articles/fluid-simulation-for-video-games-part-1/>, 2012



ภาพที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของมวลอากาศเมื่อผ่านสิ่งกีดขวาง จาก <https://software.intel.com/en-us/articles/fluid-simulation-for-video-games-part-1/>, 2012

### 2.3.2 ระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing)

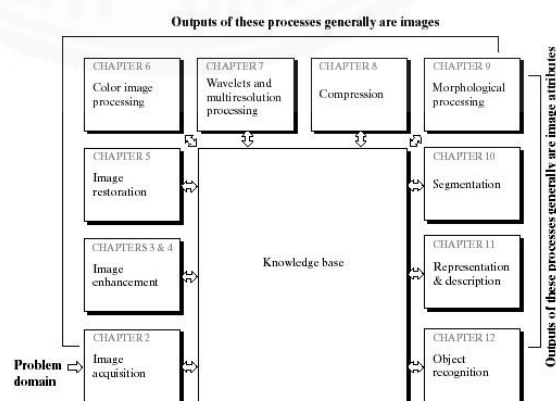
การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (<http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html>, 2009) โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ (Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, Digital Image Processing, Prentice Hall.) คือ

1. Image acquisition ก็คือการนำภาพเข้า โดยอาจจะมีการประมวลผลก่อน (preprocessing) เช่นปรับขนาดของภาพ การลดสัญญาณรบกวน

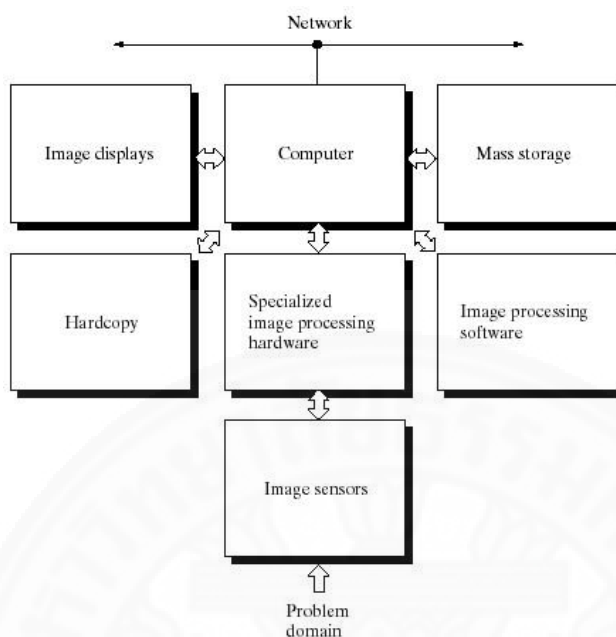


2. Image enhancement ก็คือการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยทำให้รายละเอียดที่ไม่ชัดเจนให้มีความชัดเจนขึ้น
3. Image restoration ก็คือการทำให้ภาพคืนสู่สภาพเดิม หรือการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับการมองเห็น
4. Color image processing ก็คือการประมวลผลภาพสี ซึ่งภาพสีได้มีการใช้อย่างกว้างขวาง โดยจะมีการใช้รูปแบบของสี และการแยกคุณลักษณะที่สำคัญของภาพที่สนใจ
5. Image Compression ก็คือการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งจะทำให้ภาพมีขนาดเล็ก
6. Morphological processing ก็คือการประมวลผลด้านโครงสร้าง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ การแยกส่วนประกอบของภาพเพื่อใช้ในการแสดง รูปร่าง
7. Segmentation การแบ่งส่วนของภาพ
8. Recognition การรับรู้และจดจำข้อมูลและรูปแบบของคอมพิวเตอร์ ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ ของการประมวลผลภาพเพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่างและทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ เราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือ ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนน ระบบรู้จำใบหน้าเพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญ ๆ หรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้น ระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูงคอมพิวเตอร์จึงถูกนำมาช่วยในการทำงานเหล่านี้

**FIGURE 1.23**  
Fundamental steps in digital image processing.



ภาพที่ 2.9 ขั้นตอนพื้นฐานของ Digital Image Processing จาก Radael C. Gonzalez, Richard E. Wood. *Digital Image Processing*, Addison Wesley, (p.1-28), 1992.



**FIGURE 1.24**  
Components of a  
general-purpose  
image processing  
system.

ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบของระบบ Image Processing ทั่วไป จาก Radael C. Gonzalez, Richard E. Wood. *Digital Image Processing*, Addison Wesley, (p.1-28), 1992.

ประเภทของการประมวลผลภาพในคอมพิวเตอร์ มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

1. การประมวลผลแบบ Raster หรือ Bitmap
2. การประมวลผลแบบ Vector

1. การประมวลผลแบบ Raster หรือแบบ บิตแมป(Bitmap) หรือเรียกว่าเป็นภาพแบบ Resolution Dependent โดยหลักการทำงาน คือ จะเป็นการประมวลแบบอาศัยการอ่านค่าสีในแต่ละพิกเซล ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Bitmap ซึ่งจะเก็บค่าของข้อมูลเป็นค่า 0 และ 1 และในแต่ละพิกเซลจะมีการเก็บค่าสีที่เจาะจงในแต่ละตำแหน่ง ลักษณะสำคัญของภาพประเภทนี้คือ จะประกอบขึ้นด้วยจุดสีต่าง ๆ ที่มีจำนวนคงที่ตายตัว ตามการสร้างภาพที่มีความละเอียดแตกต่างกันไป ภาพแบบ Bitmap นี้ มีข้อดี คือ เหมาะสำหรับภาพที่ต้องการระบายสี สร้างสี หรือกำหนดสีที่ต้องละเอียดและสวยงามได้ง่าย ข้อจำกัดคือ เมื่อมีพิกเซลจำนวนคงที่ นำภาพมาขยายให้ใหญ่ขึ้น ความละเอียดก็จะลดลง มองเห็นภาพเป็นแบบจุด และถ้าเพิ่มความละเอียดให้แก่ภาพ จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่ และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมาก

ไฟล์ของรูปภาพที่เกิดจากการประมวลผลแบบ Raster คือ ไฟล์พวกที่มีนามสกุลเป็น .BMP .PCX .TIF .JPG .GIF .MSP .PNG .PCT โดยโปรแกรมที่ใช้จัดการกับภาพประเภทนี้คือ

โปรแกรมประเภทจัดการภาพ ตกแต่งภาพ เช่น Photoscape , Paintbrush, Photoshop, Photostyler และอีกมากมาย

2. การประมวลผลแบบ Vector ภาพแบบเวกเตอร์ หรือ Object-Oriented Graphics หรือ เรียกว่า เป็นรูปภาพ Resolution-Independent เป็นภาพที่มีลักษณะของการสร้างจากคอมพิวเตอร์ที่มีการสร้างให้แต่ละส่วนของภาพเป็นอิสระต่อกัน โดยแยกชิ้นส่วนของภาพทั้งหมดออกเป็นเส้นตรง รูปทรง หรือ ส่วนโค้ง โดยอ้างอิงตามความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ หรืออาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยมีสีและตำแหน่งของสีที่แน่นอน ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเคลื่อนย้าย หรือย่อขยายขนาดของภาพ ก็จะไม่เสียรูปทรง และความละเอียดของภาพจะไม่ลดลง จึงทำให้ภาพยังคงชัดเจนเหมือนเดิม แม้ขนาดของภาพจะมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ตาม แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถใช้เอฟเฟคในการปรับแต่งภาพได้เหมือนกับภาพแบบ Raster

การประมวลผลภาพแบบ Vector ได้แก่ภาพที่มี นามสกุล .AI, .DRW, .CDR , .EPS, .PS ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการวาดภาพก็มีมากมายหลายโปรแกรม เช่น Illustrator, CorelDraw และ ภาพ .WMF ซึ่งเป็นภาพคลิปอาร์ตในโปรแกรม Microsoft Word และภาพ .DWG ในโปรแกรมการออกแบบ AutoCAD เป็นต้น (<http://iamthaigraphic.blogspot.com/2012/07/raster-vector.html>, 2012)



ภาพที่ 2.11 ความแตกต่างของภาพ Raster กับ Vector จาก

<https://lukewalker11.wordpress.com/unit-19/vector-images/>, 2011

## 2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### 2.4.1 กรณีศึกษาของการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

Adobe Illustrator เป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการออกแบบกราฟิก โดยที่โปรแกรมนี้มักจะนำไปใช้สำหรับการวาดภาพ หรือการออกแบบสัญลักษณ์ เนื่องจากเป็นโปรแกรม

แอมที่ทำงานด้วยระบบ Vector ซึ่งเป็นการสร้างภาพกราฟิกจากการคำนวณของโปรแกรม โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดความละเอียดของภาพทำให้รูปภาพที่วาดจากโปรแกรมนี้มีความคมชัดสวยงาม และยังสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้หลายครั้ง โดยที่คุณภาพของภาพยังคงเดิม

โดยในโปรแกรมจะมีฟังก์ชันที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีประมวลผลภาพคือ Image Trace จะสามารถทำให้รูปภาพ Raster หรือ Bitmap แปลงเป็น Vector (ภาพที่ 2.12) ส่วนมากจะถูกใช้งานในการวาดภาพ แกะไขเส้น แต่จะไม่สามารถ Export ไปใช้งานในบางโปรแกรม เช่น Processing ได้



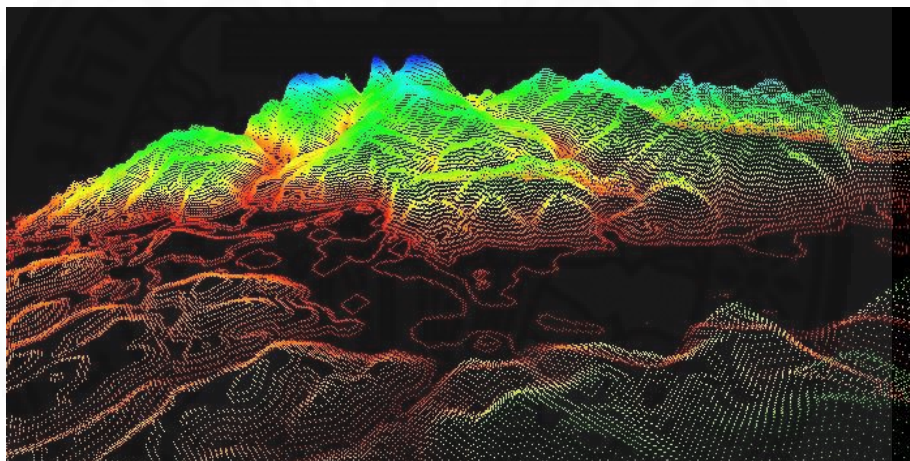
ภาพที่ 2.12 การแปลงภาพ Raster เป็น Vector ของโปรแกรม Adobe Illustrator จาก

Lynda.com, 2013

Blob Detection เป็นการตรวจจับกลุ่มพิกเซลที่มีความเข้ม หรือความสว่าง (Blob) ในรูปภาพ โดยใน Library ของโปรแกรม Processing จะมี Blob Detection สามารถนำไปประยุกต์ในการใช้งานอื่น ๆ ต่อจากการตรวจจับ Blob ได้ เช่น การตรวจจับ Outline ของคน (ภาพที่ 2.13) หรือ การสร้างความสูงของ Contour (ภาพที่ 2.14) จากความเข้มของสีในภาพ



ภาพที่ 2.13 การตรวจจับกลุ่มพิกเซลของคน โดย Library Blob Detection ของ Processing จาก <https://sites.google.com/site/blobscanner>, 2012



ภาพที่ 2.14 การตรวจจับกลุ่มพิกเซล Contour แล้วดึงความสูงตามความเข้มของสี โดย Library Blob Detection ของ Processing จาก <https://sites.google.com/site/blobscanner>, 2012

#### 2.4.2 กรณีศึกษาของระบบการจำลองการไหลของมวลอากาศ

airflow-form-finding in Processing เป็น Project ที่สร้างโดย Processing ที่นำเอาหลักของ Fluid Simulation for Computer Graphics โดย Robert Bridson มาใช้คำนวณอากาศที่ไหลผ่านตัวอาคารที่มีช่องเปิด โดยผนังอาคารสามารถยืดหดได้ จุดประสงค์เพื่อหารูปร่าง (Form) ของอาคาร โดยคำนึงถึงอากาศที่ไหลผ่านเข้ามาในตัวอาคาร

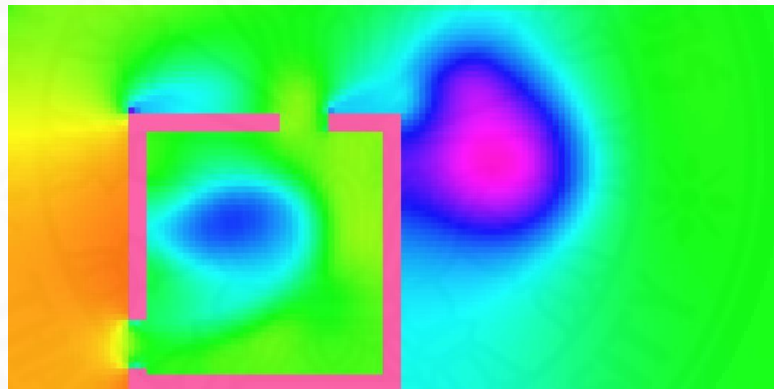
การแสดงผลสามารถเลือกได้ 3 แบบ

1. การแสดงผลเป็นลักษณะเส้นทิศทางของลม (ภาพที่ 2.15) เส้นแสดงถึงทิศทางของลมที่ไหลผ่านตัวอาคาร



ภาพที่ 2.15 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นเส้น จาก *architecturalecologies, 2010*

2. การแสดงผลเป็นสี (ภาพที่ 2.16) สีแสดงถึงความเร็วของลม สีแดงแสดงถึงความเร็วของลมมากที่สุดไล่สีจนถึงสีน้ำเงินแสดงถึงความเร็วลมน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.16 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นสี จาก *architecturalecologies, 2010*

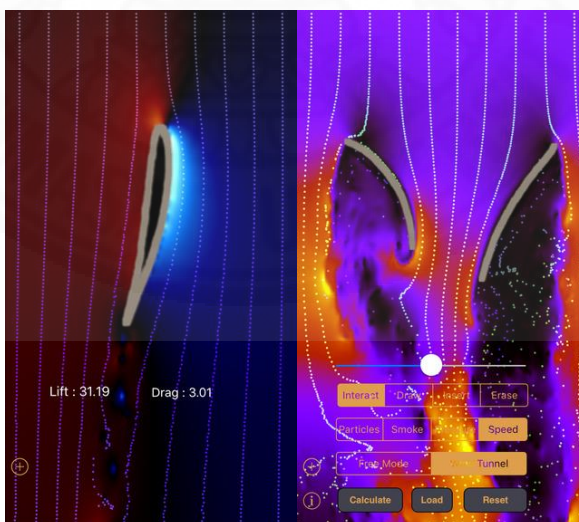
3. การแสดงผลเป็นเส้นและสี (ภาพที่ 2.17) เส้นแสดงถึงทิศทางของลมที่ไหลผ่านตัวอาคาร สีแสดงถึงความเร็วของลม สีแดงแสดงถึงความเร็วของลมมากที่สุดไล่สีจนถึงสีน้ำเงินแสดงถึงความเร็วลมน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.17 การจำลองสถานการณ์อากาศไหลผ่าน ผนังอาคาร แสดงผลเป็นเส้นและสี จาก *architecturalecologies*, 2010

เมื่อการจำลองการไหลของมวลอากาศเป็นลักษณะ 2 มิติ ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย สะดวกรวดเร็วขึ้น อีกทั้งการ Simulation แบบ Real time ทำให้สามารถลดหรือเพิ่มช่องเปิดแล้วจะประมวลผลทันที เมื่อเทียบกับการจำลองสถานการณ์แบบอื่น airflow-form-finding การใช้งานจะเข้าใจง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่า

Wind Tunnel Free เป็น Application ในสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ ไอโอเอส (iOS) และแอนดรอย (Android) ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถจำลองอุโมงค์แบบ Realtime Simulation ในสมาร์ตโฟนได้ สามารถวาดผนังขึ้นเองได้ สะดวกและประมวลผลรวดเร็ว



ภาพที่ 2.18 Wind Tunnel App Free จาก <https://itunes.apple.com/th/app/wind-tunnel-free/id381971296?mt=8>, 2016

### ข้อดี

- สามารถใช้ได้บนสมาร์ตโฟน
- ใช้งานง่าย
- ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
- ประมวลผลรวดเร็ว

### ข้อเสีย

- ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไม่มีฟังก์ชันการวาดผนังในการจำลองอุโมงค์ลม
- ต้องใช้นิ้ววาดผนังของอาคารในสมาร์ตโฟน

Wind Tunnel Free เป็นแอปพลิเคชันที่เหมาะสมกับการศึกษาพฤติกรรมกรไหลของลม ประมวลผลรวดเร็ว เหมาะกับการศึกษาพฤติกรรมกรไหลของมวลอากาศ แต่เหมาะสำหรับสถาปนิกที่ต้องการร่างแบบขึ้นใหม่บน Smart Device ซึ่งจะต้องใช้นิ้ววาดเส้นผนังในสมาร์ตโฟน หรือใช้ iPencil ที่สามารถใช้งานได้กับ แท็บเล็ต iPad Pro เท่านั้น จะต้องใช้สมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการไอโอเอสจึงจะใช้งานได้ครบถ้วน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไม่มีฟังก์ชันการจำลองอุโมงค์ลมแล้วสามารถวาดผนังได้ด้วยผู้ใช้งาน

Ecotect Analysis โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์พลังงานในอาคารแบบยั่งยืน (Autodesk® Ecotect® Analysis sustainable design analysis software) ซึ่งเป็นการทำงานตั้งแต่เริ่มแนวความคิดจนถึงรายละเอียดการก่อสร้าง Ecotect Analysis เสนอการจำลองและวิเคราะห์พลังงานอาคารหลากหลายวิธี เพื่อปรับปรุงอาคารเดิมหรือออกแบบอาคารใหม่ ให้มองเห็นเป็นภาพของพลังงาน น้ำ และ Carbon-Emission (ชุตินันท์ โนนพันธ์, 2014)

(1) การวิเคราะห์พลังงานทั้งอาคาร - คำนวณการใช้พลังงานของอาคารเป็นรายปี รายเดือน รายวัน โดยสามารถใช้ฐานข้อมูลอากาศได้ในแต่ละท้องถิ่น

(2) Thermal performance - คำนวณกำลังความร้อนและความเย็นในอาคาร

(3) การใช้น้ำ และ การประเมินการใช้น้ำ (Water usage and cost evaluation) ซึ่งรวมทั้งน้ำในอาคารและนอกอาคาร

(4) Solar radiation (ภาพที่ 2.19) - จำลองเป็นภาพของแสงแดดส่องเข้าหน้าต่าง พื้นผิว ตลอดช่วงเวลาต่าง ๆ

(5) Daylighting - วิเคราะห์ปัจจัยแสงสว่างกลางวัน และระดับความเข้มของแสงสว่าง ในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละตำแหน่งอาคาร

(6) Shadows and reflection - แสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ และ ความสัมพันธ์ของแสงแดด แต่ละตำแหน่งบนพื้นโลกในแต่ละช่วงเวลา



(7) Wind and Air flow (ภาพที่ 2.20) – จำลองอนุภาคของลม ในการไหลผ่านตัวอาคาร

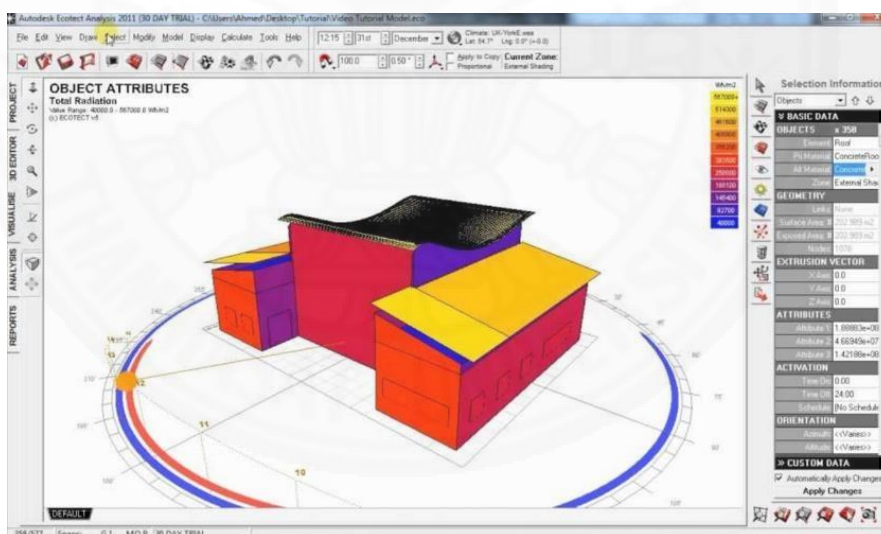
ข้อดี

- เหมาะกับงานสถาปัตยกรรม เพราะใช้ได้ทั้งการตรวจสอบ แสงดวงอาทิตย์ ความร้อน เงาน และการไหลของมวลอากาศ

ข้อเสีย

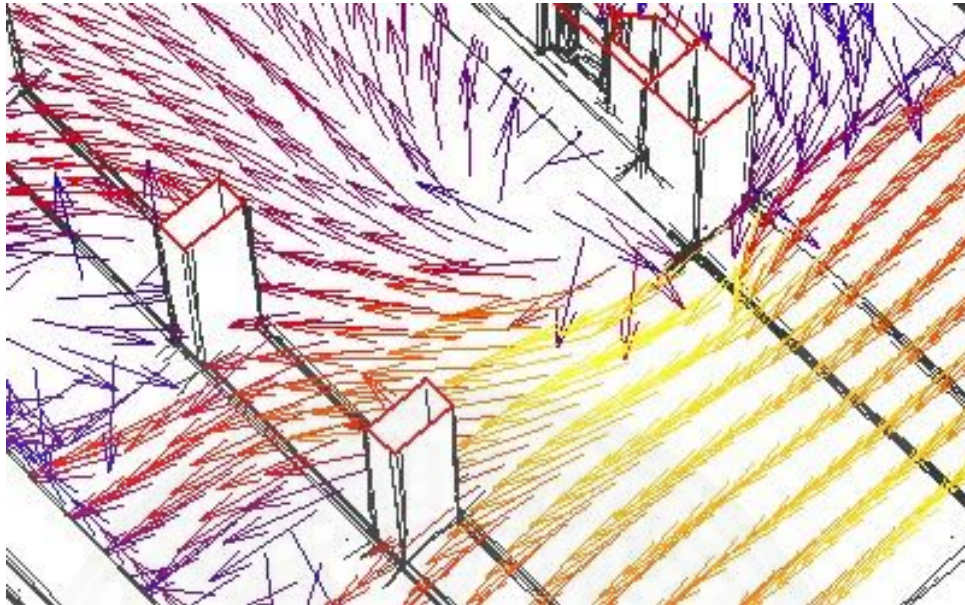
- ใช้งานยากและซับซ้อน
- ประมวลผลพลศาสตร์ของไหลไม่แม่นยำเท่าโปรแกรม Ansys และ Pheonix
- เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

Ecotect Analysis นิยมใช้ในงานสถาปัตยกรรมเพราะสามารถนำไฟล์เข้ามาจากโปรแกรมสร้างโมเดลสามมิติโปรแกรมอื่นได้ และการจำลองสถานการณ์เหมาะสมกับอาคารสถาปัตยกรรม แต่มีข้อเสียคือ ยังประมวลผลไม่แม่นยำเท่าโปรแกรมอื่น และการใช้งานที่ยากและซับซ้อน จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะทางถึงใช้งานได้ สถาปนิกจึงนิยมนำไปใช้เมื่อได้แบบที่ค่อนข้างสมบูรณ์แล้ว



ภาพที่ 2.19 การจำลองสถานการณ์แดดและความร้อนในตัวอาคาร โดยโปรแกรม Ecotect Analysis

จาก Ecotect Analysis, 2011



ภาพที่ 2.20 การจำลองสถานการณ์ลมในอาคาร โดยโปรแกรม Ecotect Analysis จาก *Ecotect Analysis, 2011*

Phenonics เป็นโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหล ทำนายการไหลโดยใช้สมการทางทฤษฎี นิยมใช้ทางด้าน วิศวกรรมเคมี

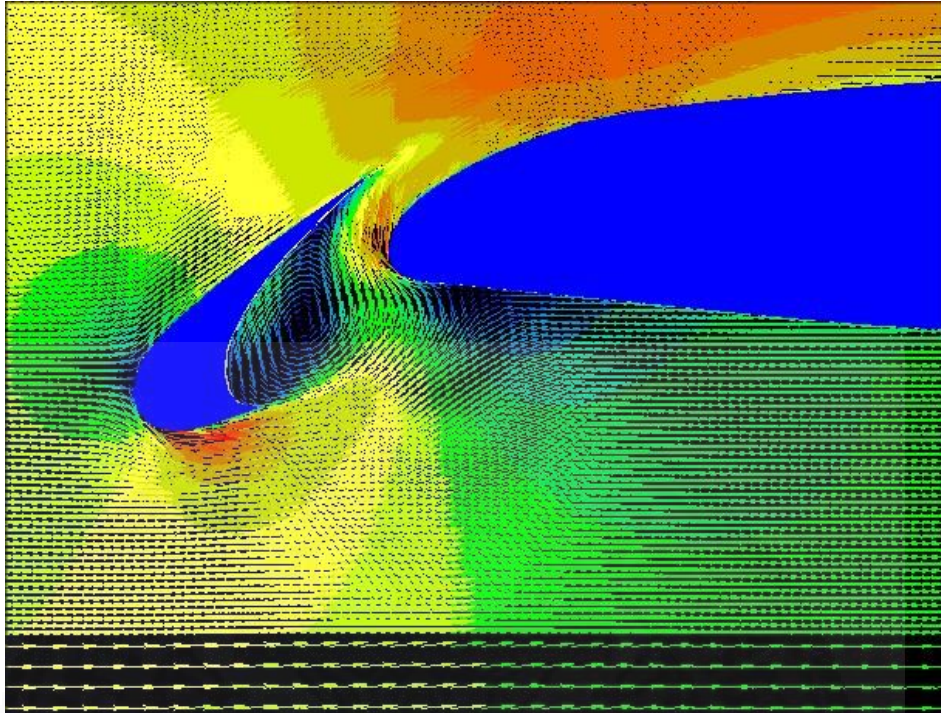
ข้อดีของโปรแกรม

- ให้ผลการคำนวณทางด้านพลศาสตร์ที่เที่ยงตรง
- ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ CFD

ข้อเสียของโปรแกรม

- ใช้งานยาก และมีขั้นตอนมาก

Phenonics เหมาะกับการจำลองสถานการณ์ของไหล ซึ่งการจำลองสถานการณ์ในระบบที่พัฒนาขึ้นควรมีผลคล้ายกับโปรแกรมนี้ เพราะให้ผลการจำลองสถานการณ์ที่แม่นยำ แต่ยังมีใช้งานที่ยาก และมีขั้นตอนมากอยู่ ทำให้ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้า



ภาพที่ 2.21 การประมวลผลของโปรแกรม Phoenics จาก

[http://www.cham.co.uk/phoenics/d\\_polis/d\\_docs/tr001/tr001.html](http://www.cham.co.uk/phoenics/d_polis/d_docs/tr001/tr001.html), 2005

Ansys เป็นโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์ศาสตร์ทางวิศวกรรมทั้งด้านกลศาสตร์ของแข็ง (Solid Mechanics) กลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics) อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) และ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetics) และสามารถวิเคราะห์ศาสตร์ดังกล่าวรวมกันได้

ข้อดีของโปรแกรม

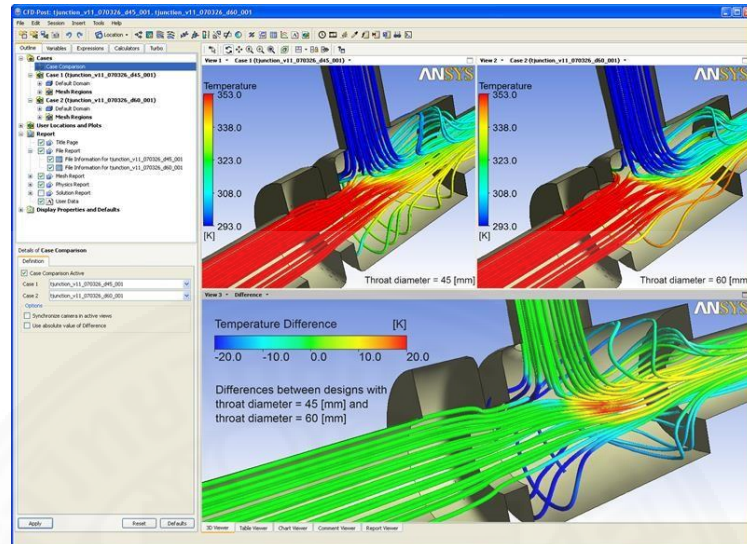
- ให้ผลการคำนวณที่เที่ยงตรง
- สามารถคำนวณได้หลายศาสตร์ รวมทั้งทำงานรวมกันได้
- ประมวลผลเร็ว

ข้อเสียของโปรแกรม

- ใช้งานยาก มีรายละเอียดเยอะ และมีขั้นตอนมาก
- เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ มีค่าใช้จ่ายสูงในการใช้งาน

Ansys สามารถจำลองสถานการณ์ได้หลายศาสตร์ ซึ่งในงานสถาปัตยกรรมไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมด โดยการจำลองสถานการณ์พลศาสตร์ของไหลประเภทลมก็ให้ผลที่แม่นยำ ซึ่งการจำลองสถานการณ์ในระบบที่พัฒนาขึ้นควรมีผลคล้ายกับโปรแกรมนี้ แต่ยังมีงานที่ยาก และ

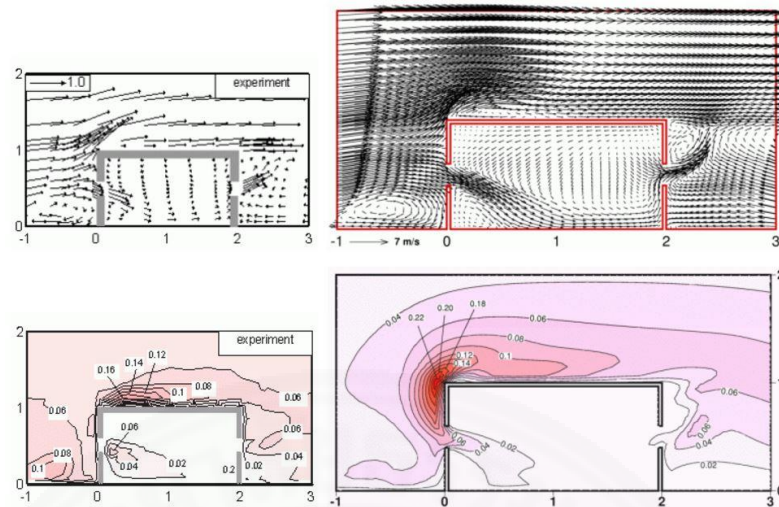
มีขั้นตอนมากอยู่ ทำให้ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ช่วงเริ่มต้นปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้า



ภาพที่ 2.22 การประมวลผลของโปรแกรม Ansis จาก

[http://www.cham.co.uk/phoenics/d\\_polis/d\\_docs/tr001/tr001.html](http://www.cham.co.uk/phoenics/d_polis/d_docs/tr001/tr001.html), 2005

CFD simulation of flow field around and within a cross-ventilated building ([http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info\\_center/ventilation/CFD\\_1Main.html](http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info_center/ventilation/CFD_1Main.html), 2015) เป็นงานวิจัยที่นำการประมวลผลอากาศในอุโมงค์ลม เทียบกับกระประมวลผลอากาศใน CFD ซึ่งถูกกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมวลอากาศ และขนาดของอาคารไว้ ซึ่งผลที่ได้ทิศทางการไหลของมวลอากาศมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่ด้วย algorithm ที่ซับซ้อนของโปรแกรม CFD ทำให้ต้องใช้ Hardware ที่มีประสิทธิภาพสูง และใช้เวลาประมวลผลนาน แต่จะได้ผลการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศที่แม่นยำ



ภาพที่ 2.23 การประมวลผลอากาศในอุโมงค์ลม เทียบกับกระบวนการผลอากาศใน CFD จาก [http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info\\_center/ventilation/CFD\\_Result\\_verif.html](http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info_center/ventilation/CFD_Result_verif.html), 2015

จากการสำรวจกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยพบ โปรแกรมที่สามารถคำนวณการไหลของมวลอากาศโดยละเอียดได้ ค่อนข้างใช้งานยาก ไม่เหมาะกับการใช้งานออกแบบขั้นต้น (Schematic Design) บางโปรแกรมเป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานโปรแกรม ปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน เช่น สามารถถ่ายรูปภาพร่างทางสถาปัตยกรรมแล้วนำไปจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศได้ การวาดภาพร่างสถาปัตยกรรมบนกระดาษเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้น แต่ในโปรแกรม Simulation ทั่วไป จะต้องสร้างผนัง หรือวัตถุ (Object) จากในโปรแกรมโดยตรงทำให้ไม่เหมาะสมกับขั้นตอนการออกแบบขั้นต้นเพราะจะต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของสถาปนิกจึงทำให้ไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีในบทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพวาดผังอาคาร โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

- 3.1. การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบ
- 3.2. การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ
- 3.3. วิเคราะห์ความต้องการในการออกแบบระบบ
- 3.4. การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบ
- 3.5. การออกแบบและพัฒนาระบบ
  - 3.5.1 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของการประมวลผลภาพ (Image Processing)
  - 3.5.2 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากผังอาคาร (Airflow Simulation)
- 3.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบ

#### 3.1 การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบให้มีความสามารถในจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในแบบร่างทางสถาปัตยกรรม สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นลำดับ ซึ่งทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ การดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากหนังสือและเอกสาร รายงาน ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาขั้นตอนการปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้าในช่วงเริ่มต้น
3. ศึกษาและกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. ศึกษาและเลือกเครื่องมือ (Tools) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
5. สร้างระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพผังอาคารที่มีประสิทธิภาพ

### 3.2 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ

กลุ่มผู้ใช้งานระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเริ่มต้นจากภาพผังอาคาร ในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมช่วงเริ่มต้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มสถาปนิก
2. กลุ่มลูกค้า หรือบุคคลทั่วไป

เป้าหมายหลักของการทดสอบคือกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นสถาปนิก ซึ่งมีความรู้ทางการออกแบบสถาปัตยกรรม ดังนั้นเป้าหมายของงานวิจัยคือการสร้างระบบที่กลุ่มสถาปนิกดังกล่าวสามารถใช้งานระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเริ่มต้นจากภาพผังอาคาร ได้อย่างสะดวก และสื่อสารกับลูกค้าซึ่งก็คือกลุ่มผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้ทางด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมสามารถนำมาใช้ตั้งแต่เริ่มต้นการปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมกับลูกค้าได้ ข้อเสนอจากกลุ่มผู้ใช้งานทั้ง 2 กลุ่ม จะนำไปเป็นแนวทางและพัฒนาระบบต่อไป

### 3.3 วิเคราะห์ความต้องการในการออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ของระบบซึ่งสัมพันธ์กับความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน ในช่วงเริ่มปรึกษาแบบสถาปัตยกรรมระหว่างสถาปนิกและลูกค้า จำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใช้เวลา และใช้งานยาก ดังนั้นระบบควรจะใช้งานง่ายสะดวกต่อการใช้งาน

ในการปรึกษาแบบช่วงเริ่มต้น ลูกค้ากับสถาปนิกมักจะสื่อสารแบบผ่านกระดาษ เพื่อร่างแบบ เพื่อความสะดวกสบายในการใช้งานระบบควรจะสามารถนำสิ่งที่สถาปนิกร่างบนกระดาษไปใช้งานจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศได้ทันที ปัจจุบันสถาปนิกส่วนมากมีโทรศัพท์สมาร์ทโฟนติดตัว และสามารถถ่ายรูปได้ จึงนำการใช้งานส่วนนี้ของสมาร์ทโฟนมาใช้ในระบบ ซึ่งก็คือการถ่ายรูปกระดาษที่ร่างแบบสถาปัตยกรรมโดยสถาปนิก แล้วนำไปประมวลผลในจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศต่อไป

Platform ที่สถาปนิกส่วนใหญ่ใช้งาน ได้แก่ Windows OSX Android และ iOS ซึ่งการทำระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเริ่มต้นจากภาพผังอาคารควรเป็นโปรแกรมที่อยู่ใน Platform เหล่านี้

### 3.4 การเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพผังอาคาร จำเป็นต้องมีเครื่องมือในการพัฒนาที่รองรับฟังก์ชันต่าง ๆ เช่นการถ่ายรูป นำไปแปลงภาพ Raster เป็น Vector แล้วนำไปจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

โปรแกรม Processing เป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างฟังก์ชันดังกล่าวได้ จึงเลือกเป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

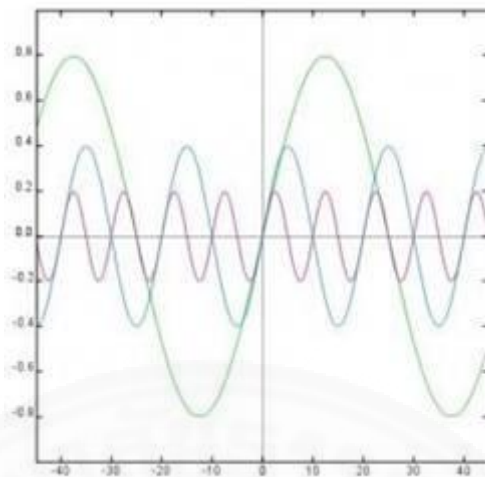
ข้อดีของโปรแกรม Processing (<http://cpre.kmutnb.ac.th/>, 2014)

- (1) ใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Windows, Linux, Mac OS X
- (2) เป็นซอฟต์แวร์ประเภท Open source (เปิดเผยโค้ดต้นฉบับ)
- (3) สามารถใช้สร้างรูปกราฟิกแบบ 2D และ 3D (2 และ 3 มิติ) หรือแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับผู้ใช้ได้ เช่น ในการเรียนรู้การสร้างเกมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น หรือการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ (Data Visualization)
- (4) ทำให้ผู้ใช้ได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างการเขียนโปรแกรมและสิ่งที่ปรากฏเห็นได้ อันเป็นผลมาจากการทำงานของโปรแกรม
- (5) รองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-oriented Programming)
- (6) มีความเชื่อมโยงกับภาษา Java ที่ยังแพร่หลายและนิยมสำหรับการพัฒนา Applications ต่าง ๆ รวมถึง Android ด้วย

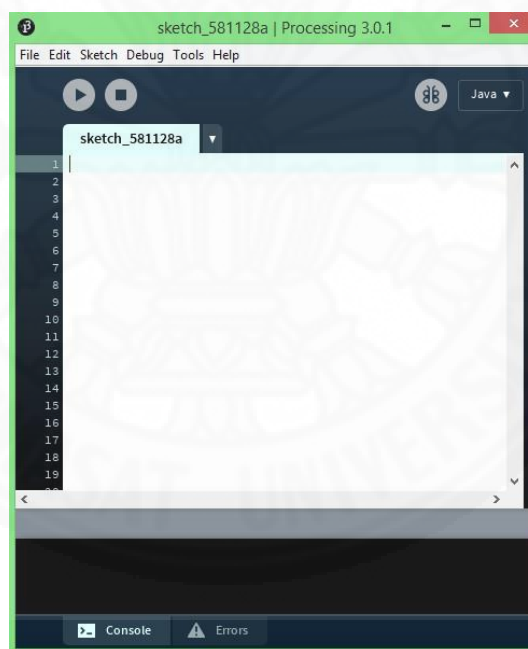
ข้อเสียของโปรแกรม Processing คือ

- (1) ถึงแม้จะมีความยืดหยุ่นในการใช้งานมาก แต่ส่วนสำเร็จรูปที่จะช่วยเหลือผู้ใช้งานมีน้อย ทำให้ผู้ใช้งานต้องเขียนโปรแกรมตั้งแต่ต้นด้วยตนเอง
- (2) ยังไม่รองรับระบบปฏิบัติการไอโอเอส ลินุกซ์





ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างการประยุกต์การเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Processing  
จาก <http://cpre.kmutnb.ac.th/>, 2014



ภาพที่ 3.2 ส่วนต่อประสาน (Interface) ของโปรแกรม Processing จาก *Processing*, 2015

### 3.5 การออกแบบและพัฒนาระบบ

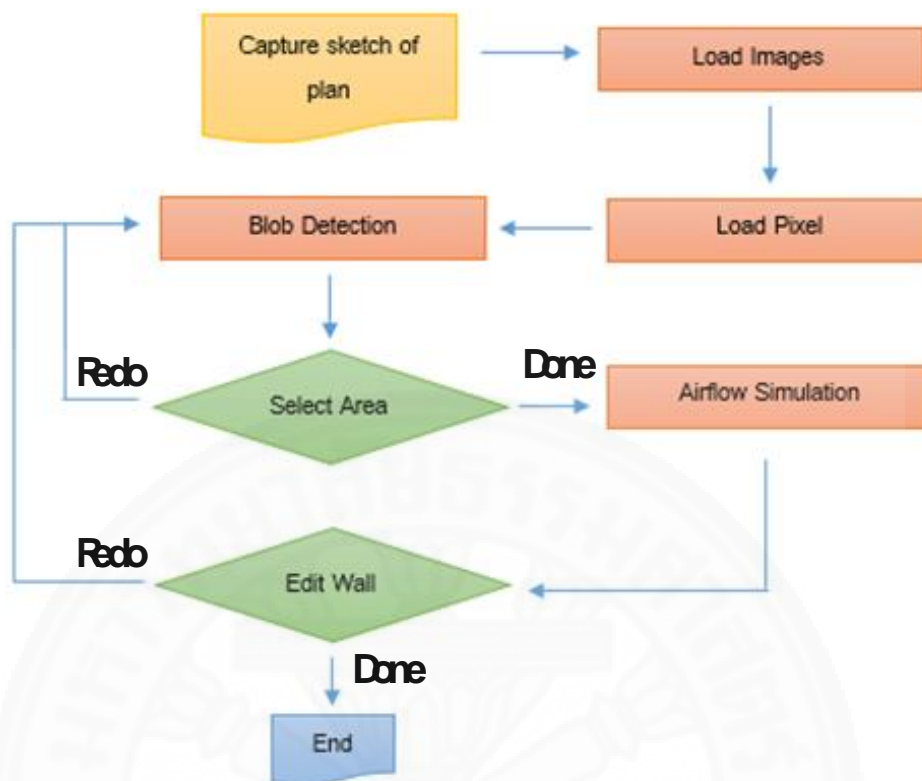
การออกแบบและพัฒนาระบบจะแยกเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนของการประมวลผลภาพ (Image Processing)
2. ส่วนของจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากผังอาคาร (Airflow Simulation)

Simulation)



ภาพที่ 3.3 องค์ประกอบของระบบ

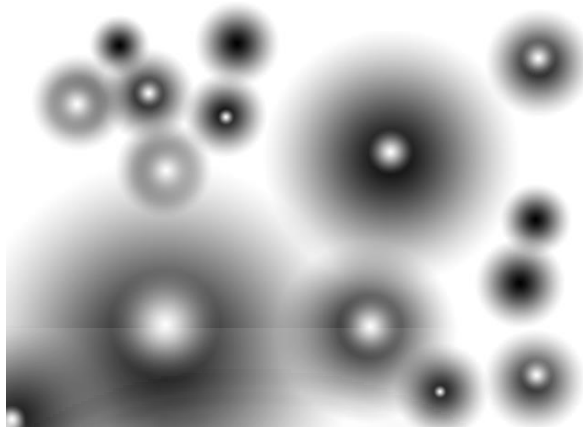


ภาพที่ 3.4 Flow chart

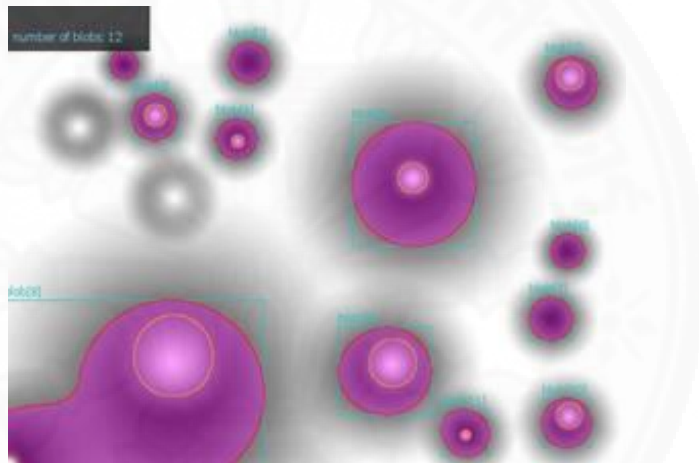
### 3.5.1 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของการประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ จะต้องสามารถตรวจจับสีในภาพผังอาคาร โดยภาพผังอาคารจะได้มาจากการถ่ายภาพวาดผังอาคารในกระดาษที่ใช้ในการปรึกษาแบบกับลูกค้า แล้วนำมาประมวลผลใน โปรแกรม Processing ไปสู่ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากผังอาคารต่อไป

โดยการประมวลผลภาพในระบบจะใช้ หลักการของ Blob detection ใน Processing ผู้วิจัยได้ใช้ Library “diewald\_CV\_kit” เขียน Algorithm เริ่มต้นในการพัฒนา ซึ่งสามารถตรวจจับ เส้นของผังอาคาร โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับ Blob ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สถาปนิกจะต้องใช้ ปากกาสีเข้ม เพื่อวาดเป็นกรอบอาคารขึ้นมา จากนั้น Blob Detection จะแปลงเส้นของภาพวาด กลายเป็น Vector ในโปรแกรม ซึ่งจะสามารถใช้คำนวณผลทางคณิตศาสตร์ต่อได้ (ภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.5 ภาพก่อนที่จะถูกนำไปประมวลผลในโปรแกรม Processing จาก <http://www.openprocessing.org/sketch/35859>, Thomas Diewald, 2011



ภาพที่ 3.6 ภาพที่นำไปประมวลผลในโปรแกรม Processing แล้ว จาก <http://www.openprocessing.org/sketch/35859>, Thomas Diewald, 2011

### 3.5.2 การออกแบบและพัฒนาระบบส่วนของจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากผังอาคาร (Airflow Simulation)

จำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ใน Processing จะใช้หลักการของ Fluid Dynamics เป็นอนุภาคของลม ทุกอนุภาคจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลม และสามารถผ่านช่องเปิดของอาคารได้

ส่วนของระบบที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ของลม ผู้วิจัยได้ใช้ Library ใน Processing “diewal\_fluid” ของ Thomas Diewald มาเป็น Algorithm เริ่มต้น ในการพัฒนาฟังก์ชันในการทำงานของ Library จะสามารถจำลองอนุภาคของไหล (Fluid) ซึ่งสามารถจำลองการไหลของมวลอากาศได้ (ภาพที่ 3.7) รวมทั้งสามารถสร้างสิ่งกีดขวางเส้นทางของมวลอากาศ



ภาพที่ 3.7 การจำลองอุโมงค์ลมโดย Library “diewal\_fluid”

### 3.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบ

การประเมินประสิทธิภาพของระบบทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสีย โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท

1. ความแม่นยำในการประมวลผลจากภาพและการจำลองสถานการณ์
2. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

1. การประเมินความแม่นยำในระบบจะแบ่งเป็นความแม่นยำในการประมวลผลจากภาพ และความแม่นยำในการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

ความแม่นยำในการประมวลผลจากภาพ หมายถึงความสามารถในการตรวจจับ เส้นผนังบนกระดาด ก่อนจะนำรูปที่ถ่ายแปลงเป็นภาพ Vector โดยการแยกกลุ่มสีของผนัง จากกระดาดสีขาว แต่อุปสรรคของการแยกกลุ่มสีคือเงาที่เกิดขึ้นบนกระดาด ดังนั้นการประมวลผลจากภาพที่มีความแม่นยำที่ได้นั้นจะต้องแยกเส้นผนังและกระดาดได้อย่างชัดเจน โดยไม่รวมเส้นผนังกับเงาที่เกิดขึ้นเป็นกลุ่มสีเดียวกัน

การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ในปัจจุบันการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือ จะใช้แบบจำลองของอาคารไปวางอุโมงค์ลม (ภาพที่ 3.8) โด๊ะจำลองของไหล และโปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics) สามารถศึกษาแรงลมที่มีผลต่ออาคารได้ โดยง่าย ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในเรื่องการคิดแรงต้านโครงสร้าง รูปทรงของอาคารที่มีผลต่อลม ซึ่งผล

ของระบบที่ได้ ทิศทางการไหลของมวลอากาศของระบบ เทียบกับ โต๊ะจำลองของไหล และโปรแกรม CFD แล้วจะต้องคล้ายคลึงกัน

อุโมงค์ลม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการไหลของมวลอากาศผ่านวัตถุแข็ง โดยอากาศจะถูกเป่า หรือสูบลมผ่านท่อนำลมที่มีวัตถุภายใต้การทดสอบอยู่ และมีช่องสำหรับสังเกตการณ์หรือมีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ ส่วนมากนิยมวัดการสั่นไหวของอาคาร วัตถุทดสอบจะมีอุปกรณ์ที่มีความไวต่อความสมดุลในการวัดแรงที่สร้างโดยกระแสอากาศ อาจจะมีควันหรือสารอื่น ๆ ที่ถูกฉีดเพื่อให้เส้นการไหลสามารถมองเห็นได้รอบ ๆ วัตถุ อากาศยานหรือยานพาหนะขนาดใหญ่เท่าของจริงมีการทดสอบเป็นบางครั้งในอุโมงค์ลมขนาดใหญ่ แต่สิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านี้มีราคาแพงในการดำเนินงานและบางส่วนของฟังก์ชันเหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้ได้มากกว่าโดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ("อุโมงค์ลม", วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี)

โต๊ะจำลองของไหล หรือ โต๊ะน้ำ (Fluid Mapping Table) เป็นเครื่องมือที่สามารถแสดงผลการไหลของมวลอากาศ ผ่านช่องเปิดได้ โดยจะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้น้ำเป็นตัวแทนในการไหลของมวลอากาศ น้ำที่นำมาใช้จะผสมสี (ต่างทับทิม) โต๊ะจำลองของไหลนั้นประมวลผลแบบ 2 มิติ

การทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองสถานการณ์ของการไหลของมวลอากาศได้ ควรทำในลักษณะเดียวกับโต๊ะจำลองของไหลแล้ววางผังอาคารเข้าไป การประเมินจะเทียบความแม่นยำโดย ดูจากทิศทางการไหลของมวลอากาศในระบบเทียบกับกับการไหลของมวลอากาศในโต๊ะจำลองของไหล ส่วนอุโมงค์ลมจะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างมากซึ่งเหมาะกับโปรเจ็คใหญ่ ๆ เช่นตึกสูงมากกว่า ลักษณะทิศทางการไหลที่ได้ในโต๊ะจำลองของไหลกับในระบบ จะต้องไม่ต่างกันมาก



ภาพที่ 3.8 อุโมงค์ลม จาก วิโรจน์ บุญญภิญโญ. (2556). อุโมงค์ลม เพื่อทดสอบแรงลมสำหรับ ออกแบบอาคารสูงและสะพานยาว. (การศึกษาค้นคว้าอิสระ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา.



ภาพที่ 3.9 โตะน้ำ จาก <http://fka.uitm.edu.my/v1/about-us/facilities/laboratory.html>,  
2011

โปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics) เป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับของไหล (Fluid) เช่น หาอุณหภูมิ หาความดัน หาความเร็ว โดยใช้ Computer มาช่วยในการคำนวณต่าง ๆ โดยผลลัพธ์ที่เราได้จากคอมพิวเตอร์ จะออกมาเป็น กราฟสี (Color Graphics) ที่จะต้องวิเคราะห์ผลต่อไป

2. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มผู้ใช้งานจะทดลองใช้งานระบบเพื่อออกแบบผังอาคารเบื้องต้น (Schematic design) และประเมินโดยการกรอกแบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้นจากภาพวาดผังอาคาร ซึ่งผลจากการประเมินจะนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ

## บทที่ 4

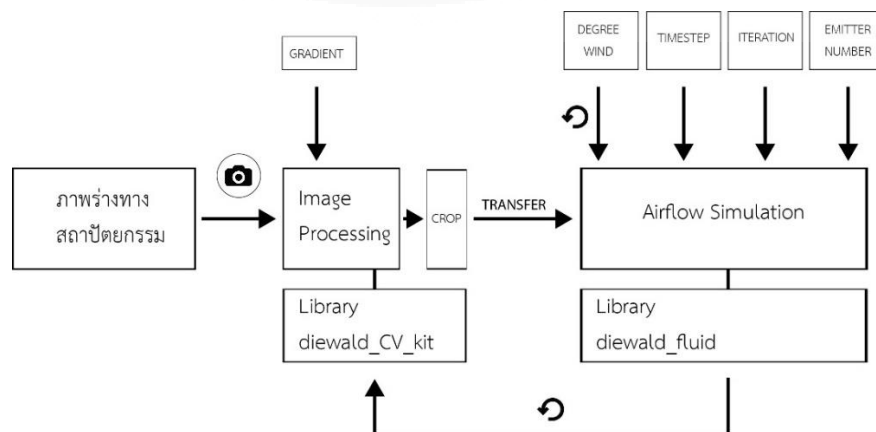
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาระบบจะเห็นได้ว่าระบบการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศสามารถใช้โดยผู้ใช้งานกลุ่มสถาปนิกและลูกค้า ซึ่งส่วนแสดงผลในตัวระบบถูกออกแบบให้เข้าใจได้ง่าย และสถาปนิกจะเป็นผู้ปรับค่าของลมให้ลูกค้าดู การทำงานของระบบประมวลผลจากภาพและระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นทำให้ระบบแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามจุดประสงค์ของการวิจัย ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

#### 4.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบประกอบด้วยการทำงานประมวลผลจากภาพ และระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้น

เริ่มต้นจากการถ่ายรูปภาพร่างทางสถาปัตยกรรม แล้วจะเข้าสู่กระบวนการประมวลผลจากภาพ (Image Processing) โดย Library diewald CV\_kit ผู้ใช้งานสามารถปรับ Gradient จากตัวแปรที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มหรือลดความเข้มของแสงที่ตรวจจับได้ และตัด (Crop) รูปส่วนที่ต้องการเพื่อส่งค่าตำแหน่งของผนังที่ Library diewald CV\_kit ตรวจจับได้ ไปสู่กระบวนการ การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation) โดย Library diewald fluid และสามารถทำให้ Library diewald fluid สร้างสิ่งกีดขวางมวลอากาศจากผนังอาคารได้โดยการนำค่าตำแหน่งของเส้นที่จับได้มาสร้างเป็น Object ที่คำนวณการไหลของมวลอากาศได้ ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาของลม, เวลา (การเร่งหรือหน่วงความเร็วของการไหลของมวลอากาศ), ความโค้งงอของมวลอากาศ และจำนวนแหล่งกำเนิดของมวลอากาศได้

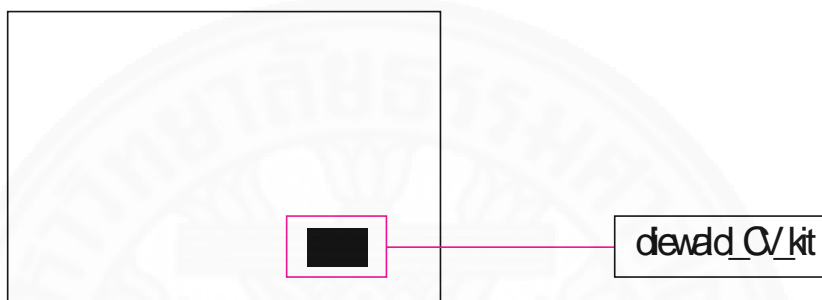


ภาพที่ 4.1 Diagram การทำงานของระบบ



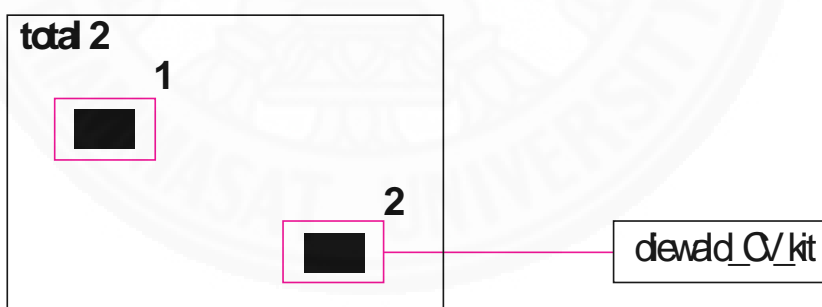
ระบบประมวลผลจากภาพ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการนำรูปภาพพิกเซลมา แปลงเส้นพิกเซลจากภาพ ราสเตอร์ (Raster) เป็น เวกเตอร์ (Vector) โดย Library จากโปรแกรม Processing ที่ชื่อว่า “diewald\_CV\_kit” ของ Thomas Diewald ซึ่งสามารถตรวจจับกลุ่มของสี (Blobdetection) ได้อย่างแม่นยำ

หลักการทำงานของ Library diewald\_CV\_kit คือการใช้รูปที่ถ่ายไว้แล้ว นำมา ตรวจจับ pixel ว่ามีสีอะไร โดยมีองค์ประกอบของฟังก์ชันต่าง ๆ ดังนี้



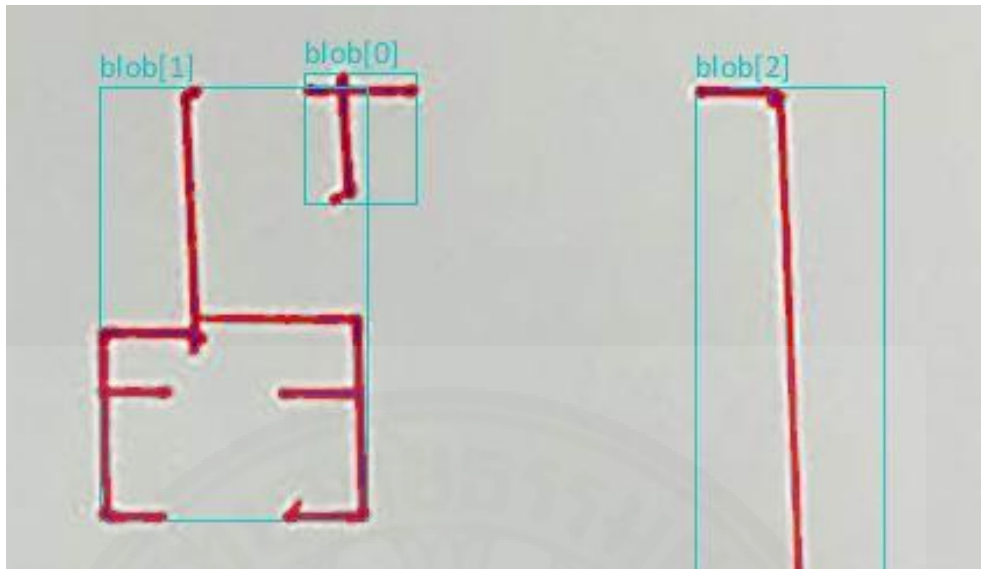
ภาพที่ 4.2 การทำงานของ Library diewald\_CV\_kit

ระบบจะหาจำนวน กลุ่มของสีทั้งหมด (Blob) ที่ได้จาก pixel ทั้งหมด ของรูปที่ถ่ายไว้ ก่อนนำมาคำนวณว่าได้เป็นจำนวนกี่กลุ่ม จากนั้นจะหาเส้นเค้าโครง (Contour) ของกลุ่มสีและหา จำนวนทั้งหมด

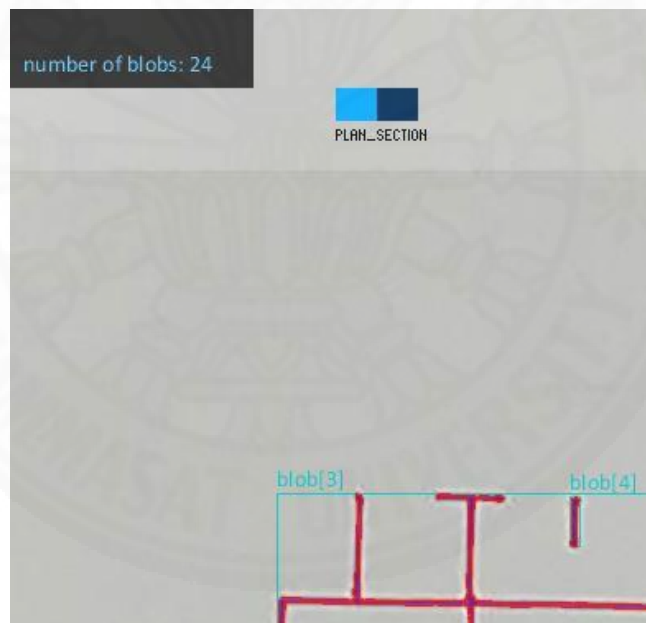


ภาพที่ 4.3 การแสดงของ Library diewald\_CV\_kit

เมื่อระบบตรวจจับได้ว่ามีเส้นเค้าโครง (Contour) เกิดขึ้น จากนั้นจะสร้างเส้นกรอบ สีเหลี่ยมสีฟ้ารอบตำแหน่งของ Contour และแสดงลำดับขอบ Contour ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งบอก จำนวน Contour ที่จับได้ทั้งหมดที่มุมซ้ายบนของส่วนแสดงผล

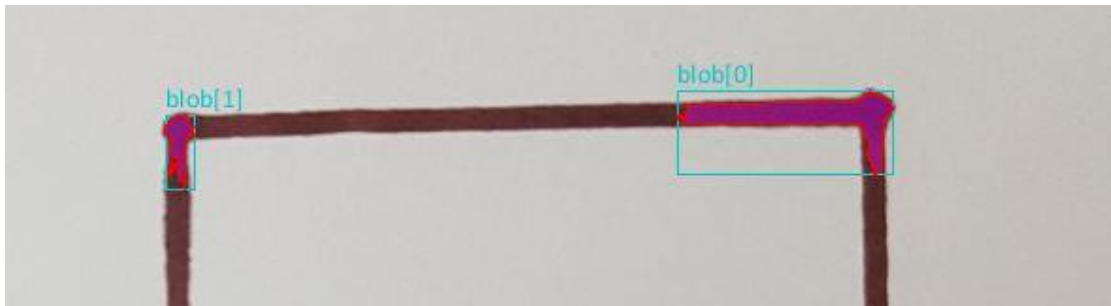


ภาพที่ 4.4 การแสดงจำนวน กลุ่มของ Contour ที่ระบบตรวจจับได้



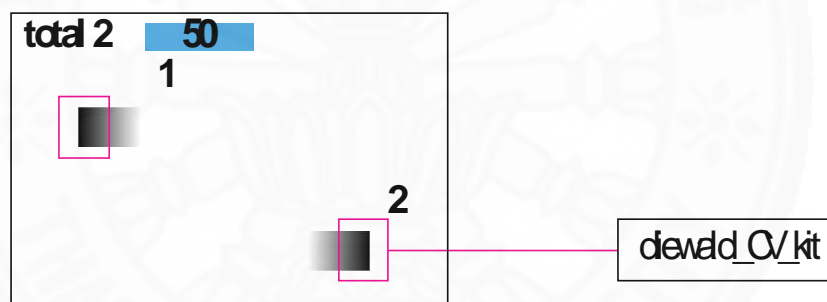
ภาพที่ 4.5 การสรุปจำนวนกลุ่มของ Contour ทั้งหมด ที่ระบบตรวจจับได้

ระบบจะวาด Contour และ เติม(Fill) สีแดงไปในพื้นที่ของ Contour ที่ตรวจจับได้



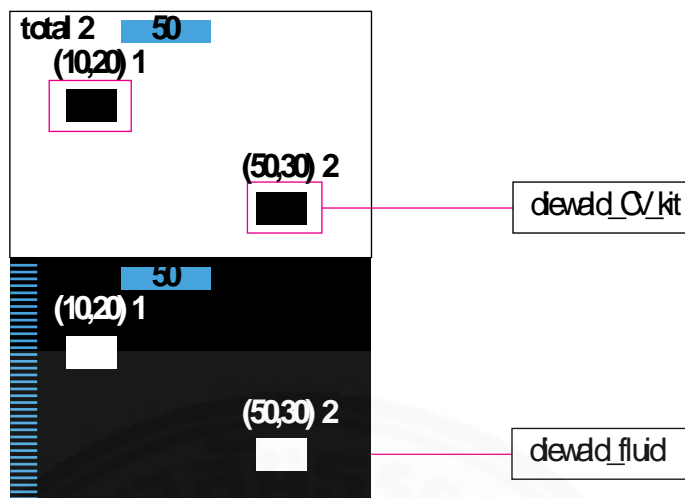
ภาพที่ 4.6 การปรับค่าความเข้มของแสงที่ระบบสามารถตรวจจับได้น้อยเกินไป

การปรับค่าความเข้มของแสงที่สามารถตรวจจับได้ จะขึ้นอยู่กับค่าการตรวจจับตามค่าความสว่าง (Brightness) ของพิกเซล (Pixel) ระบบนี้มีตัวแปร `detect_intensity` หรือค่าความสว่างที่ตรวจจับซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยิ่งภาพมีความสว่างมาก ต้องปรับ `detect_intensity` มาก เพื่อให้ระบบค้นหาเส้นผนังเจอ แยกกับสีขาวของกระดาษ ยิ่งภาพมีความสว่างน้อย ต้องปรับ ค่า `detect_intensity` ให้น้อยลง เพื่อให้ระบบค้นหาเส้นผนังเจอ แยกกับเงาที่จะเกิดขึ้นบนกระดาษ



ภาพที่ 4.7 การปรับค่าความเข้มของแสงที่ระบบสามารถตรวจจับได้

การแปลงจาก Contour ที่ใช้ Library `dewald_CV_kit` ตรวจจับจากเส้น มาเป็น Object ผนังที่เป็นสิ่งกีดขวางในกระบวนการ จำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ โดยใช้ `dewald_fluid` ทำได้โดย การกำหนดตัวแปรของฟังก์ชันสร้างสิ่งกีดขวางของ Library `dewald_fluid` ให้มีตำแหน่งเดียวกับ Contour ที่ Library `dewald_CV_kit` ตรวจจับได้

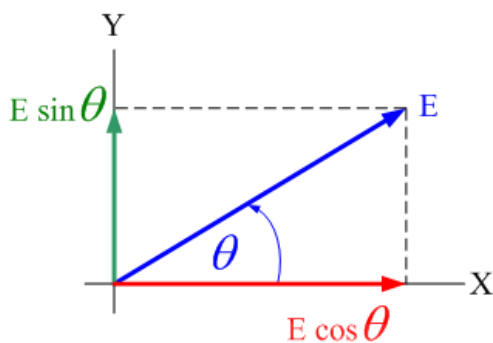


ภาพที่ 4.8 ฟังก์ชันการสร้าง Contour และการนำค่าตำแหน่งของเส้นที่ตรวจจับได้ไปใช้

ค่า  $p.x$  และ  $p.y$  คือค่าพิกัด Contour ที่ตรวจจับได้ ตัวแปร  $X$  และ  $Y$  จะเป็นตัวแปรที่ทำให้ตำแหน่ง Contour กับ Object เป็นพิกัดเดียวกัน โดยคำสั่งสร้างสิ่งกีดขวางจาก Library `diewald_fluid` คือ `addObject` นำพิกัด จากตัวแปร  $X$  และ  $Y$  มาใช้

ตัวแปรที่สามารถปรับค่าการไหลของมวลอากาศใน Library `diewald_fluid` มีดังนี้  
 Timestep คือเวลาการไหลของมวลอากาศ  
 Iterations คือความโค้งของมวลอากาศ เมื่อมวลอากาศอากาศปะทะกับสิ่งกีดขวาง  
 IterationDiffuse คือค่าความกระจายของมวลอากาศหลังจากปะทะสิ่งกีดขวาง  
 Viscosity คือความหนืดของอากาศหลังจากปล่อยจากแหล่งกำเนิด  
 Diffusion คือความหนาแน่นของมวลอากาศเมื่อแพร่กระจายออกไป  
 Vorticity คือการหมุนของมวลอากาศเมื่อปะทะสิ่งกีดขวาง  
 setObjectsColor คือการเปลี่ยนสีสิ่งกีดขวางที่สร้างไว้

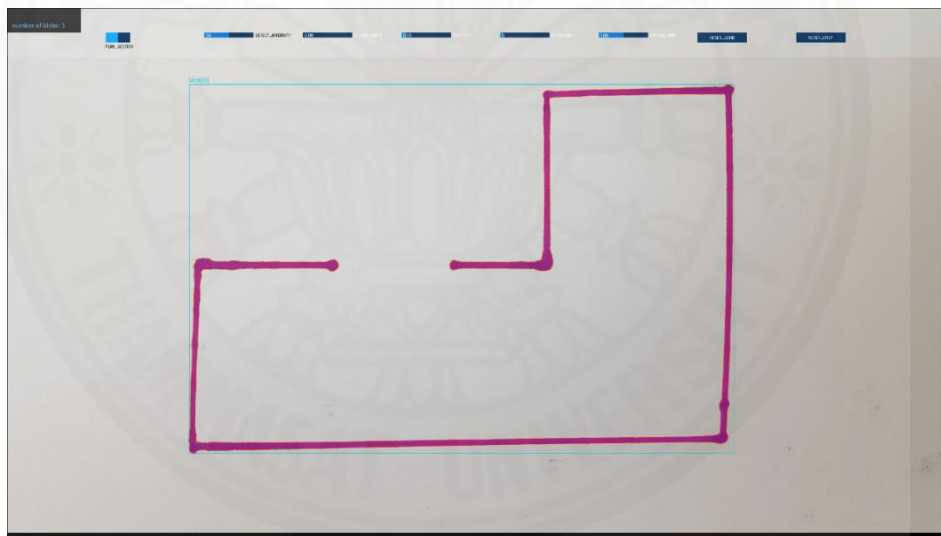
การเรียกใช้แหล่งกำเนิดและปรับองศาของการไหลของมวลอากาศสามารถทำได้โดยใช้ฟังก์ชัน `setDens` คือการสร้างแหล่งกำเนิดการไหลของมวลอากาศ `setVel` คือการกำหนดความเร็วของแหล่งกำเนิด พร้อมทั้งการเปลี่ยนองศาทำได้โดยเปลี่ยนค่าแรงในตัวแปร  $rx$  (ค่าของการเคลื่อนที่ในแนวขวาง) และ  $ry$  (ค่าของการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง) ซึ่งการคำนวณคล้ายกับ Vector ตัวแปร  $rx$  จะเป็นค่าของแรงในแกน  $X$  ตัวแปร  $ry$  จะเป็นค่าของแรงในแกน  $Y$  ซึ่งองศาของการไหลของมวลอากาศที่ได้จะเป็นค่าการรวมแรง (แตกแรง) ของตัวแปร  $rx$  และ  $ry$



ภาพที่ 4.9 การรวมแรงของ Vector

#### 4.2 ส่วนแสดงผลของระบบ

จากการศึกษาเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขึ้นต้นจากภาพวาดผังอาคาร ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเป็นดังนี้



ภาพที่ 4.10 ส่วนแสดงผลของระบบ

แถบเครื่องมือต่าง ๆ จากซ้ายไปขวา จะมีดังนี้

PLAN\_SECTION Mode Plan หรือ Section เพื่อสลับการทำงานระหว่างผังพื้น (Plan) หรือรูปตัด (Section) (ในส่วนนี้ยังอยู่ระหว่างการพัฒนา)

DETECT\_INTENSITY ปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสงในกระบวนการประมวลผลจากภาพ

DEGREE\_WIND ปรับค่าองศาของมวลอากาศจากแหล่งกำเนิด ตั้งแต่  $0^\circ$  ถึง  $360^\circ$

TIMESTEP ปรับเร่งหรือหน่วงเวลาการไหลของมวลอากาศในระบบ

ITERATIONS ปรับลดหรือเพิ่มความความโค้งของมวลอากาศเมื่อไหลผ่านสิ่งกีดขวาง

EMITTER\_NUM ปรับลดหรือเพิ่มจำนวนแหล่งกำเนิดมวลอากาศ

RESET\_WIND รีเซ็ตมวลอากาศในระบบทั้งหมด

RESET\_CROP เลือกตัดขอบเขตของผังหรือรูปตัดที่ต้องการอีกครั้ง

แถบเครื่องมือจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือเครื่องมือที่ต้องใช้ในกระบวนการประมวลผลจากภาพ ได้แก่เครื่องมือ ข้อ 1-2 ตัวอักษรจะเป็นสีดำเพราะฉากหลังในขั้นตอนนี้เป็นสีขาวหรือสีของกระดาษ ส่วนที่สองคือเครื่องมือที่ต้องใช้ในกระบวนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ได้แก่เครื่องมือ ข้อ 3-8 ตัวอักษรจะเป็นสีขาวเพราะฉากหลังในขั้นตอนนี้เป็นสีดำ



ภาพที่ 4.11 แถบเครื่องมือของระบบ

การทำงานของระบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประมวลผลจากภาพ และการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

การประมวลผลจากภาพ เริ่มต้นจากการวาดรูปเส้นผนังลงบนกระดาษ แล้วใช้กล้องถ่ายรูปเพื่อให้ระบบนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลจากภาพ ซึ่งสีของปากกาหรือดินสอที่เขียนควรมีสีเข้ม กระดาษต้องเป็นสีขาว และถ่ายรูปในพื้นที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ

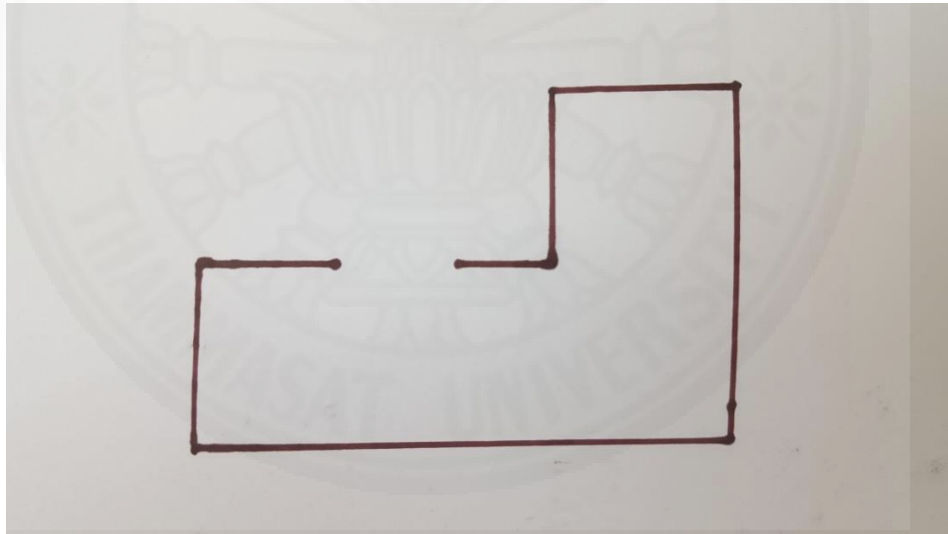
เมื่อเข้าใช้งานระบบ ตัวระบบจะนำรูปที่ถ่ายไว้มาแสดงโดยอัตโนมัติ จากนั้นผู้ใช้งานปรับค่า DETECT\_INTENSITY หรือค่าการตรวจจับความเข้มของแสง ถ้าจับตั้งค่ามากเกินไป ระบบจะตรวจจับเงาของกระดาษร่วมกับเส้นของผนัง ถ้าน้อยเกินไประบบจะหาเส้นผนังไม่เจอหรือเส้นผนังจะขาด ส่วนที่ระบบจับกลุ่มสี (Blob) จะแสดงเป็นสีชมพู พร้อมทั้งบอกจำนวนของกลุ่มสีที่จับได้ที่มุมซ้ายบนหรือรอบสีเหลี่ยมสีฟ้าที่ตำแหน่งเส้นผนังที่ระบบตรวจจับได้ เมื่อภาพที่นำมาใช้เป็นเส้นเดี่ยวต่อเนื่องกัน ถ้า กลุ่มของพิกเซล (Blob) มากกว่า 1 แสดงว่าเส้นผนังไม่ต่อเนื่องหรือขาด ยกเว้นภาพที่นำมาใช้ไม่เป็นเส้นที่ต่อเนื่องกัน เมื่อผู้ใช้งานปรับค่าจน Blob เหลือ 1 แล้ว จากนั้นให้คลิกซ้ายลากเมาส์ เลือกตัด (Crop) บริเวณที่ต้องการ จากนั้นระบบจะแปลงเส้นผนังเป็น Object ที่สามารถนำมาคำนวณการไหลของมวลอากาศผ่านสิ่งกีดขวางได้



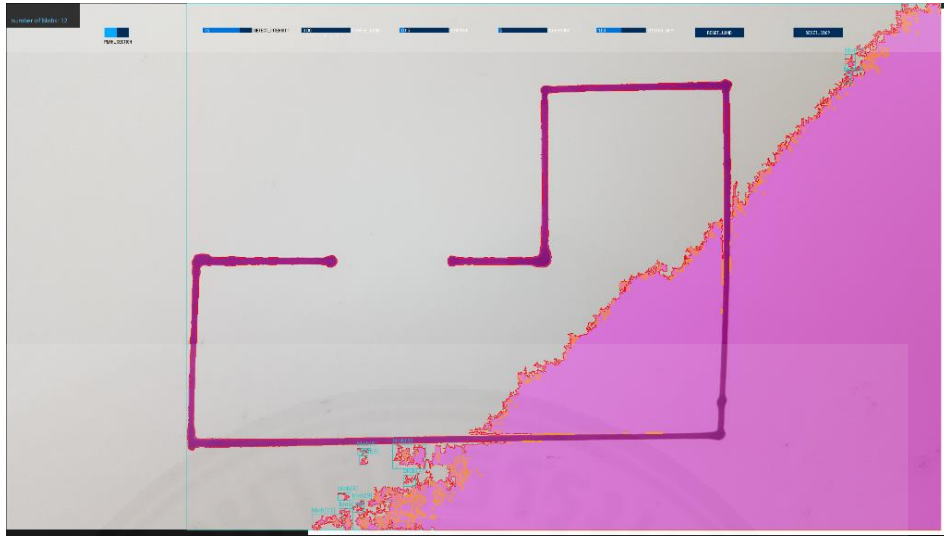
ภาพที่ 4.12 การตรวจจับเส้นที่ต่อเนื่องกัน 1 เส้น



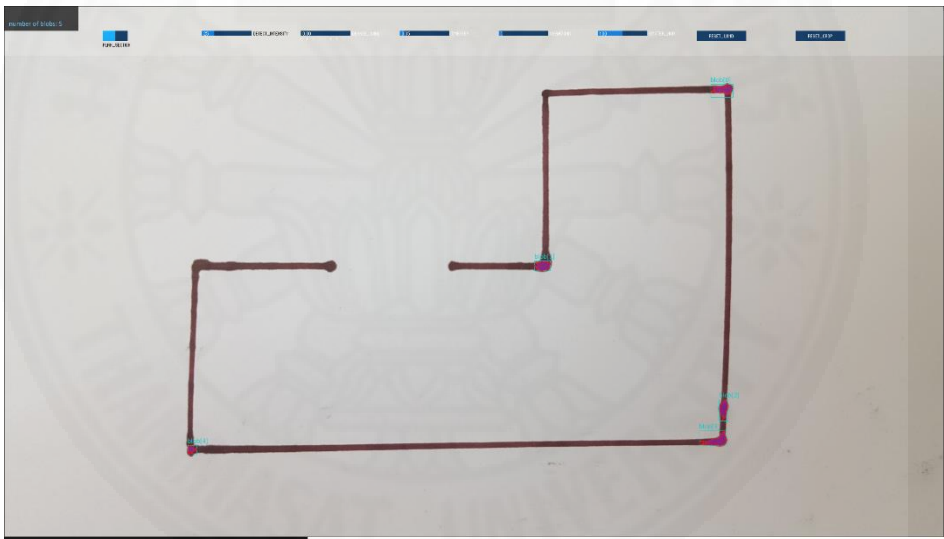
ภาพที่ 4.13 การตรวจจับเส้นที่ต่อเนื่องกัน 2 เส้น



ภาพที่ 4.14 ภาพร่างผังอาคารก่อนที่จะนำมาใช้ในระบบ



ภาพที่ 4.15 การปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสงน้อยเกินไป

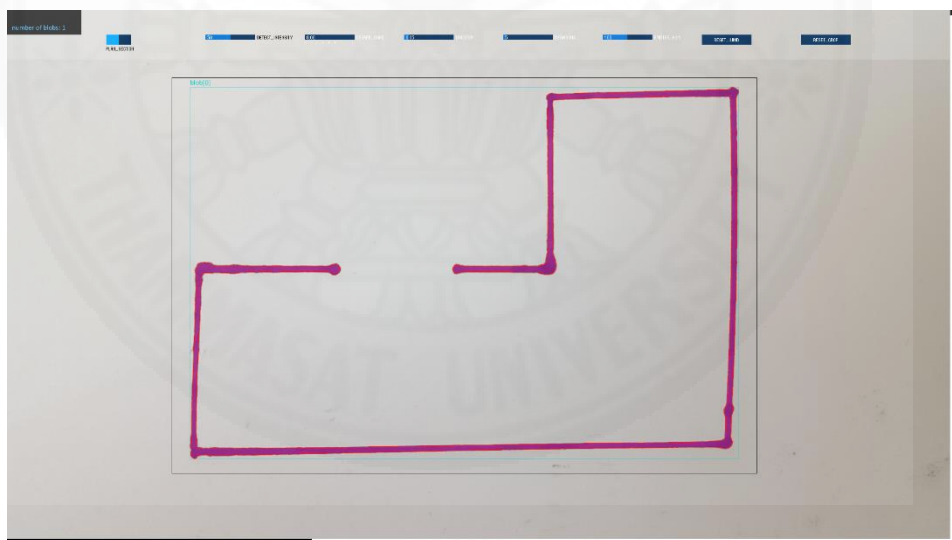


ภาพที่ 4.16 การปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสงมากเกินไป



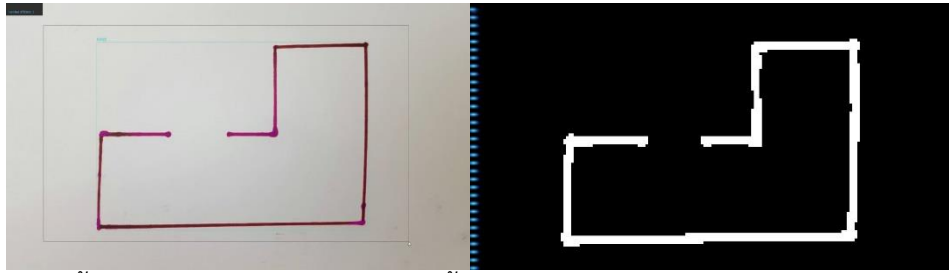


ภาพที่ 4.17 การแสดงผลจำนวนกลุ่มของสีที่จับได้



ภาพที่ 4.18 การ Crop ส่วนที่ต้องการ

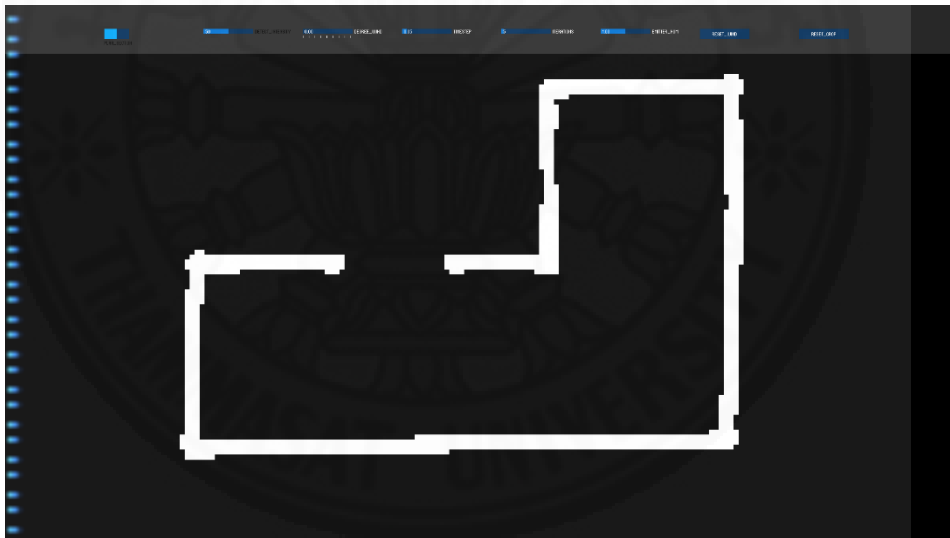
เมื่อผู้ใช้งานเลือกบริเวณที่ต้องการจะนำเส้นผนังมาจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศเรียบร้อยแล้ว ระบบจะปล่อยมวลอากาศทันที จากแหล่งกำเนิดด้านซ้าย ซึ่งเป็นค่า default ที่  $0^\circ$  โดยผู้ใช้งานสามารถปรับค่าองศาของมวลอากาศได้ โดยปรับที่แถบควบคุมองศาการไหลของมวลอากาศ ค่าต่ำสุดคือ  $0^\circ$  และค่าสูงสุดคือ  $360^\circ$



ภาพที่ 4.19 ขั้นตอนการ Crop รูป เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

แหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะมีทั้งหมด 4 ด้าน ตามขอบของส่วนแสดงผล ซึ่งแต่ละด้านจะทำงานเมื่อ การไหลของมวลอากาศมาจากด้านนั้น ๆ เช่น  $0^\circ$  แหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะสร้างที่ด้านซ้าย  $43.20^\circ$  แหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะสร้างที่ด้านซ้ายและด้านล่าง  $313.20^\circ$  แหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะสร้างที่ด้านซ้ายและด้านบน

การนับองศาในระบบจะเริ่มนับจากแกน X เป็น  $0^\circ$  หรือ  $360^\circ$  แกน Y เป็น  $90^\circ$  แกน -X เป็น  $180^\circ$  แกน -Y เป็น  $270^\circ$



ภาพที่ 4.20 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ



ภาพที่ 4.21 การแสดงผลการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ



ภาพที่ 4.22 การแสดงผลการปรับองศาการไหลของมวลอากาศ 43.20 องศา



ภาพที่ 4.23 การแสดงผลการปรับองศาการไหลของมวลอากาศ 313.20 องศา



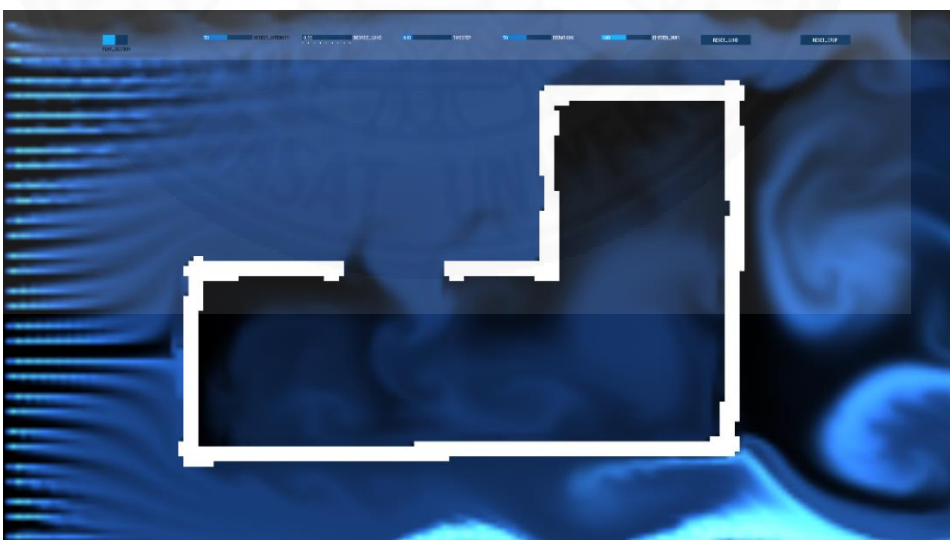
ภาพที่ 4.24 การนับองศาในระบบ

การปรับแรงหรือหน่วงเวลาการไหลของมวลอากาศทำได้โดยการปรับค่า TIMESTEP บนแถบเครื่องมือ ค่าต่ำสุดคือ 0 ซึ่งก็คือการหยุดเวลา มวลอากาศที่กำลังแสดงผลอยู่ขณะนั้น จะหยุดอยู่กับที่ การตั้งค่าแบบนี้มีประโยชน์ในการเก็บภาพ (Capture) หน้าจอแสดงผล เพื่อให้ลูกค้าดูผลได้ และจะทำงานต่อไปเมื่อผู้ใช้งานปรับค่า TIMESTEP มากกว่า 0 และเวลาจะเร็วขึ้นเมื่อผู้ใช้งานปรับค่า TIMESTEP มากขึ้น

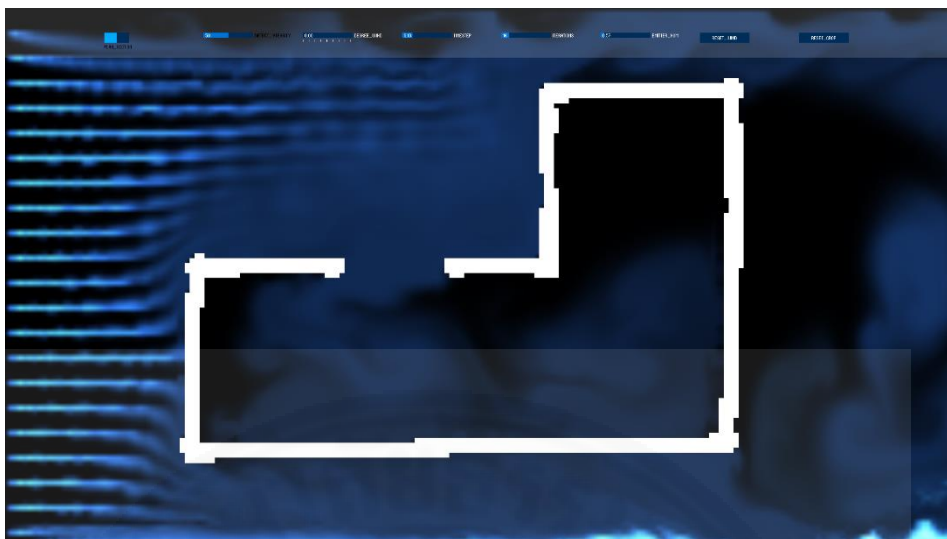


ภาพที่ 4.25 การแสดงผลการเร่งเวลาการไหลของมวลอากาศ

เมื่ออาคารที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศภายในระบบมีขนาดใหญ่ขึ้น จะต้องปรับค่าความโค้งของลมมากขึ้น โดยการปรับค่า ITERATIONS หรือค่าความโค้งของมวลอากาศเมื่อปะทะกับสิ่งกีดขวาง ถ้ามีค่าน้อยการโค้งของมวลอากาศจะน้อย ถ้ามีค่ามากการโค้งของมวลอากาศจะมาก นอกจากนั้นเมื่ออาคารมีขนาดใหญ่ขึ้น แหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะมีน้อยลง โดยการปรับค่า EMITTER\_NUM หรือจำนวนของแหล่งกำเนิด ถ้ามีค่าน้อยแหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะมีจำนวนน้อย ถ้ามีค่ามากแหล่งกำเนิดของมวลอากาศจะมีค่ามาก



ภาพที่ 4.26 การแสดงผลการปรับความโค้งของการไหลของมวลอากาศ



ภาพที่ 4.27 การแสดงผลการปรับจำนวนแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ

หลังจากกระบวนการการประมวลผลจากภาพและการปรับการไหลของมวลอากาศเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานยังสามารถ เพิ่มหรือลบเส้นผนังได้ด้วยตนเอง โดยการเพิ่มเส้นผนังทำได้ด้วยการคลิกที่เมาส์ซ้าย การลบเส้นผนังหรือการสร้างช่องเปิดทำได้โดยการคลิกที่เมาส์ขวา



ภาพที่ 4.28 การแสดงผลการเพิ่มและลบเส้นผนังในระบบ

ผู้ใช้งานสามารถบังคับทิศทางของมวลอากาศบางส่วนให้ไหลเป็นไปตามที่ผู้ใช้งานตามต้องการ โดยจะทำงานตามตำแหน่งของเมาส์ และสามารถจำลองมวลอากาศอีกประเภทหนึ่งได้ สร้างแหล่งกำเนิดเพิ่มเติมตามตำแหน่งของเมาส์เป็นสีแดง เช่น ควันพิษจากรถยนต์ ฝุ่น กลิ่นไม่ถึงประสงค์จากท่อน้ำซึ่งมวลอากาศสีฟ้าคือลมธรรมชาติ โดยสามารถยกตัวอย่างการจำลองสถานการณ์ การสร้าง

มวลาอากาศอีกประเภทหนึ่งโดย การตรวจสอบควันพิษที่ถนนผ่านหน้าบ้าน ระบบสามารถจำลองได้ว่า ควันของรถยนต์จะเข้าผ่านทางช่องเปิดหรือไม่ เป็นต้น



ภาพที่ 4.29 การบังคับทิศทางการไหลของมวลาอากาศโดยผู้ใช้งาน

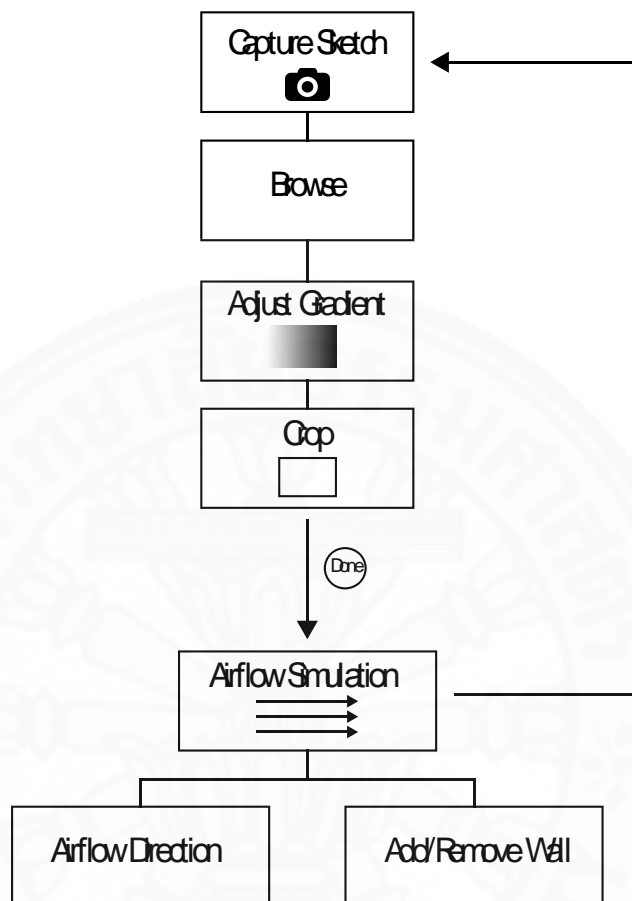


ภาพที่ 4.30 การแสดงผลการเพิ่มแหล่งกำเนิดของมวลาอากาศอีกประเภท

#### 4.3 สรุปการใช้งานของระบบ

การใช้งานจากผู้ใช้งานสามารถทำได้โดย ถ่ายรูปผังอาคาร จากนั้นเข้าใช้งานระบบ และโหลดรูปที่ถ่ายมาใช้ ปรับปริมาณสีที่ตรวจจับให้สามารถตรวจจับผังอาคารได้และต้องไม่ตรวจจับเงาของกระดาศ ลากขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการให้ระบบตรวจจับ จากนั้นการจำลองลมจะ

ทำงาน ผู้ใช้งานจะสามารถตรวจสอบทิศทางการไหลจากช่องเปิดได้ ถ้าลมไม่เข้าสามารถลบหรือเพิ่มผนังในตัวระบบได้



ภาพที่ 4.31 Diagram การใช้งานของผู้ใช้งาน

#### 4.4 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ

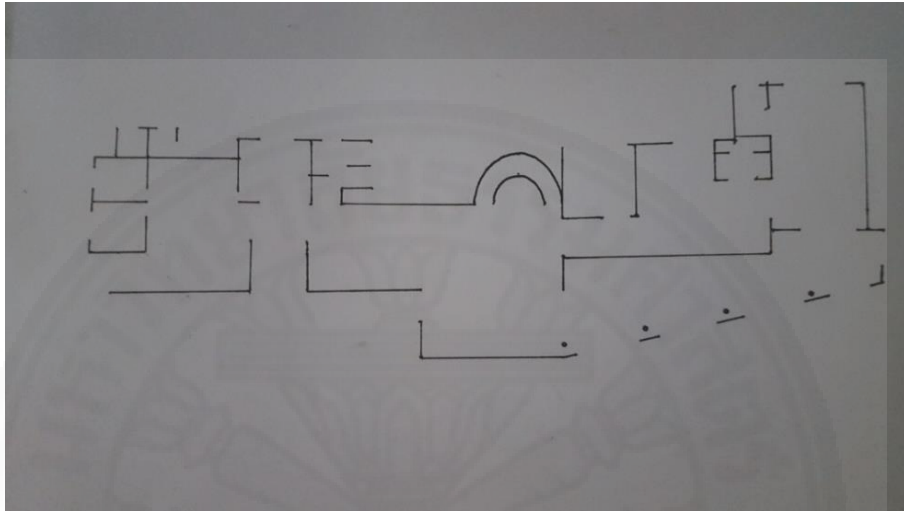
##### 4.4.1 การประเมินความแม่นยำของระบบ

งานวิจัยนี้เป็นระบบจำลองสถานการณ์การไหลขั้นต้นของอากาศจากภาพวาดผังอาคาร จะประกอบด้วยการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่

1. ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing) การแปลงเส้นผนังจากภาพวาดผังอาคารไปสู่ Vector ซึ่งสามารถนำไปจำลองสถานการณ์ของไหลของมวลอากาศต่อไปได้ จะใช้ Library `diewald_CV_kit` ประสิทธิภาพที่จะประเมินขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการตรวจจับเส้นผนังบนกระดาษ ซึ่งจะต้องแยกกลุ่มของสี (Blob) ไม่ให้ปนกับเงาที่จะเกิดขึ้นบนกระดาษ ซึ่งในตัว Library สามารถปรับค่าของการรับความเข้มของกลุ่มสีได้



ในภาพ ถ่ายด้วยกล้องมือถือ Samsung Galaxy S6 ในสถานที่ที่ที่มีความสว่าง 5 lux ซึ่งมีความสว่างน้อยทำให้ตรวจจับเส้นได้ยาก ถ้าไม่ปรับค่า ค่าการตรวจจับความเข้มของแสง (DETECT\_INTENSITY) จะตรวจจับเส้นไม่ได้ เพราะแยกเส้นผนังกับเงาของกระดาดไม่ได้ ดังรูป 4.33 ต้องปรับค่า DETECT\_INTENSITY จาก 50 หน่วย ซึ่งเป็นค่าดั้งเดิมของระบบ ปรับเป็น 35 หน่วย จะสามารถแยก pixel ของเส้นผนัง กับเงาของกระดาดได้ เมื่อปรับแล้วจะเป็นดังรูป 4.34



ภาพที่ 4.32 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่ที่มีความสว่าง 5 lux

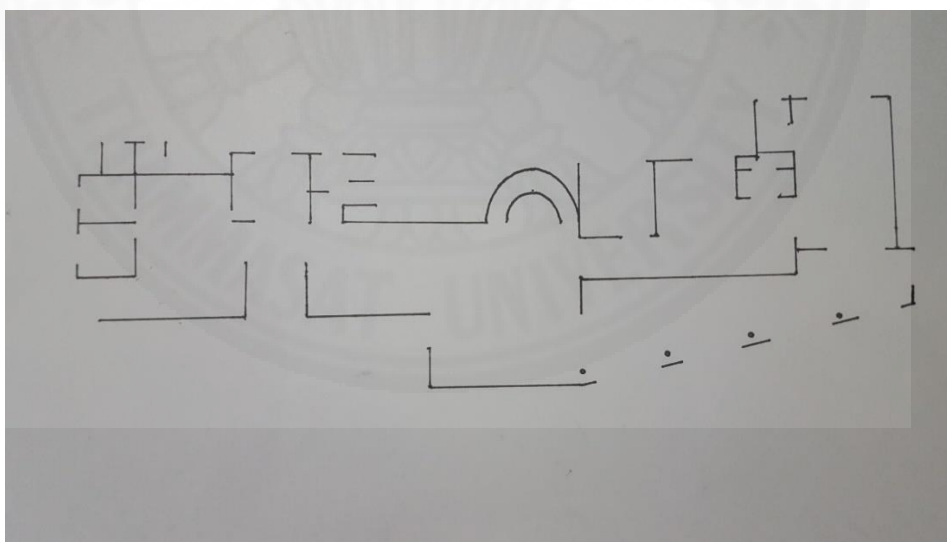


ภาพที่ 4.33 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT\_INTENSITY เท่ากับ 50



ภาพที่ 4.34 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT\_INTENSITY เท่ากับ 35 หน่วย

ในภาพ ถ่ายด้วยกล้องมือถือ Samsung Galaxy S6 ในสถานที่ที่ที่มีค่าความสว่าง 50 lux ซึ่ง เป็นแสงสว่างจาก Down light ภายในห้อง เพียงพอที่จะทำให้ค่า default ของระบบ แยกเส้นกับเงาของกระดาษได้ ดังรูป จึงไม่ต้องปรับค่า DETECT\_INTENSITY ซึ่งมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 50 หน่วย

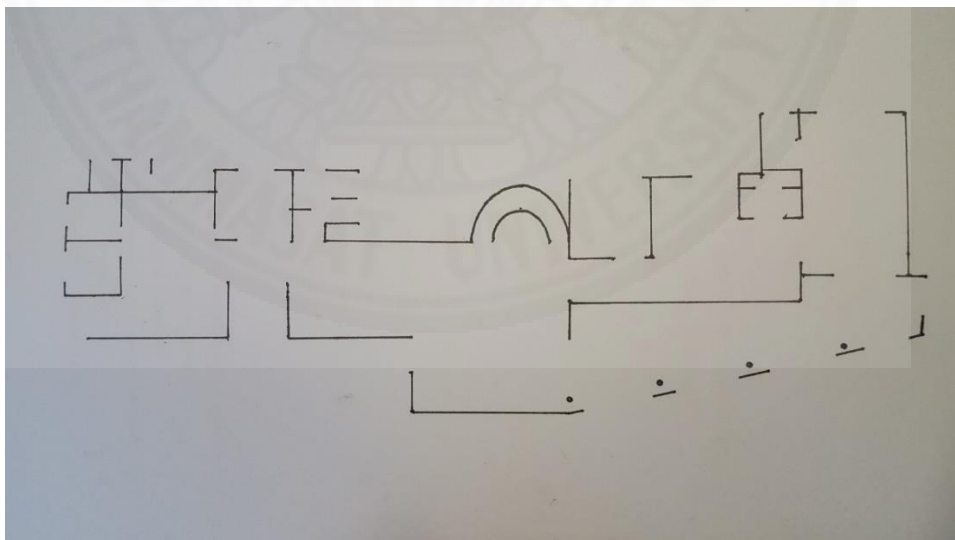


ภาพที่ 4.35 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่ที่มีค่าความสว่าง 50 lux



ภาพที่ 4.36 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT\_INTENSITY เท่ากับ 50 หน่วย

ในภาพ ถ่ายด้วยกล้องมือถือ Samsung Galaxy S6 ในสถานที่ที่มีค่าความสว่าง 150 lux ซึ่ง เป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ เพียงพอที่จะทำให้ค่า default ของระบบ แยกเส้นกับเงาของกระดาษได้ ดังรูป จึงไม่ต้องปรับค่า DETECT\_INTENSITY ซึ่งมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 50 หน่วย ซึ่งเมื่อถ่ายภาพในที่ที่มีค่าความสว่างมากเกินไปกำหนด กล้องจะปรับค่าความสว่างโดยอัตโนมัติ ทำให้ภาพที่ถ่ายในค่าความสว่าง 150 lux สามารถรับค่าได้ใกล้เคียงกับภาพที่ถ่าย



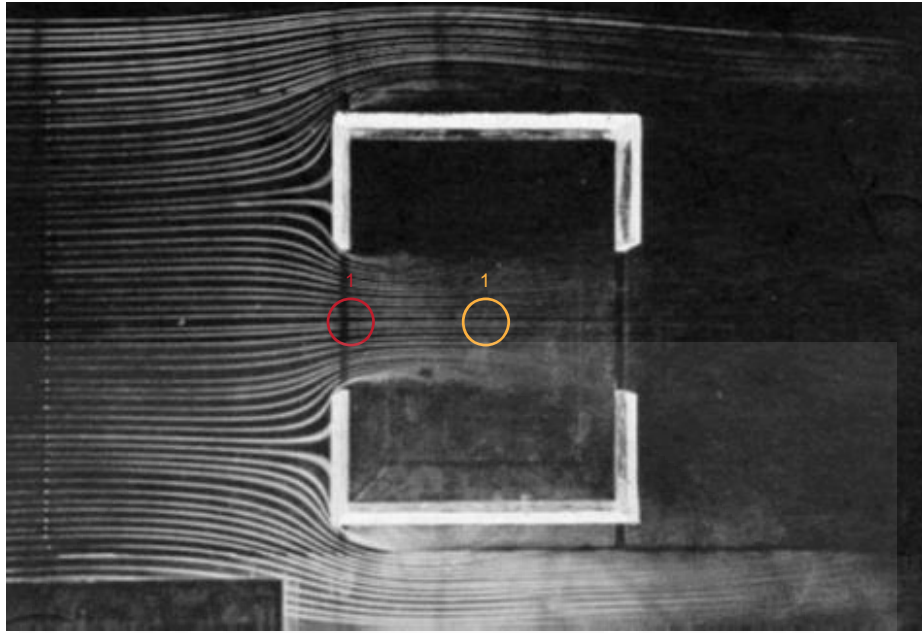
ภาพที่ 4.37 ภาพผังอาคารที่ถ่ายในสถานที่ที่มีค่าความสว่าง 150 lux



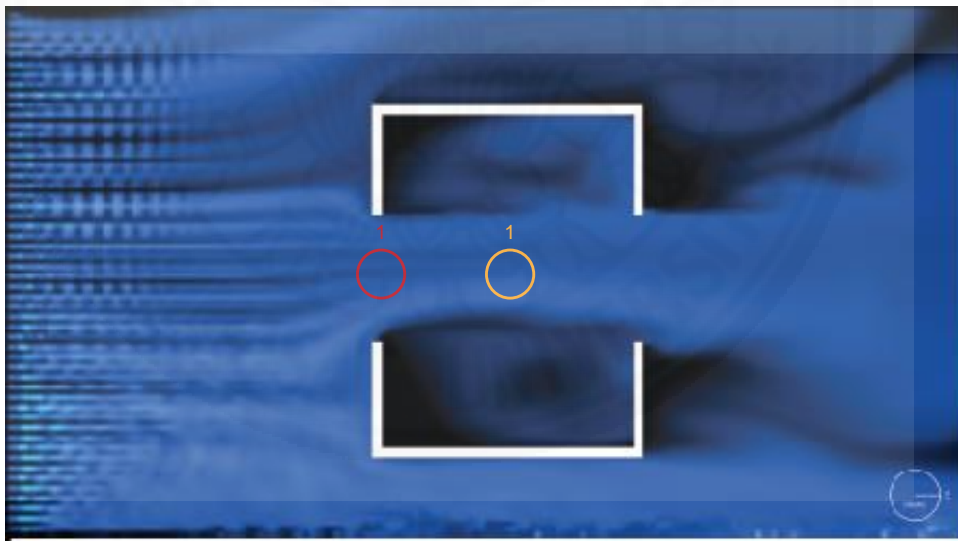
ภาพที่ 4.38 การแสดงผลเมื่อปรับค่า DETECT\_INTENSITY เท่ากับ 50 หน่วย

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Process) สามารถตรวจจับเส้นได้ทุกเส้นเมื่อปรับค่าการตรวจจับความเข้มของแสง (DETECT\_INTENSITY) ที่เหมาะสมแล้ว แต่จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเมื่อเกิดเงาทับซ้อนเส้นที่วาดไว้ ทำให้ระบบไม่สามารถแยกเงากับเส้นที่วาดไว้ได้ และการสร้างเส้นโค้งยังเป็นลักษณะสร้างเป็นจุดอยู่ทำให้เห็นว่าส่วนที่เป็นเส้นโค้งเส้นจะแตกไม่โค้ง แต่ยังสามารถประมวลในการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศได้ปกติ

2. ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ จากการแปลงเส้นผนังมาเป็น Vector ทำให้ Library diwald\_fluid สามารถนำเส้นผนังมาคำนวณเป็น Object หรือสิ่งกีดขวางของมวลอากาศได้ โดยจะสร้างแหล่งกำเนิดมวลอากาศไว้ทั้ง 4 ด้านของส่วนแสดงผล สามารถปรับองศาของลมได้ ประสิทธิภาพที่จะประเมินขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการไหลของมวลอากาศ เทียบกับโต๊ะจำลองของไหลจาก โดยอ้างอิงจากค่าความเร็วการไหลของมวลอากาศเท่ากับ  $2.0578 \text{ m/s}$  ความหนาแน่นของมวลอากาศเท่ากับ  $1.224 \text{ kg/m}^3$  และความดันเท่ากับ  $2.6 \text{ Pa}$  ขอบเขตของโต๊ะจำลองของไหลมีความกว้าง 74 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สัดส่วน 1 ต่อ 100 โดยเกณฑ์การวัดความคล้ายคลึงของทิศทางการไหลของมวลอากาศจากโต๊ะจำลองของไหลกับระบบ จะวัดโดยการเปรียบเทียบทิศทางของมวลอากาศหลังจากที่ผ่านช่องเปิดของอาคารแทนด้วยวงกลมสีเหลืองและปริมาณของมวลอากาศที่ผ่านจุดที่กำหนดแทนด้วยวงกลมสีแดง การเลือกจุดที่กำหนดจะเลือกจากจุดที่มีการใช้งานของผู้ใช้งาน หรือจุดที่มวลอากาศเบี่ยงเบนหลังจากผ่านช่องเปิดเนื่องจากสามารถสังเกตได้ง่าย และมีทิศทางที่ชัดเจน

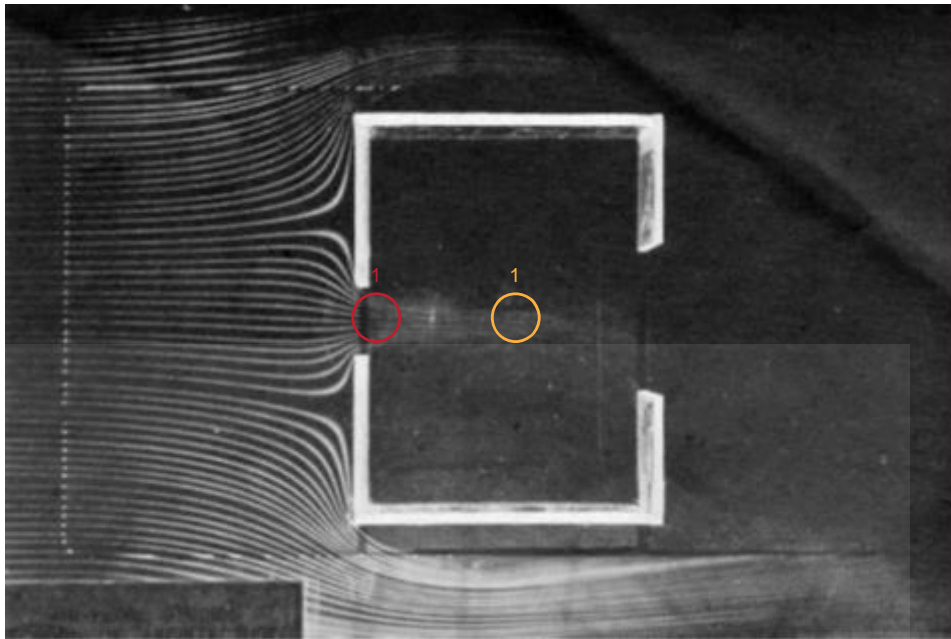


ภาพที่ 4.39 การเจาะช่องเปิดขนาดเท่ากัน จาก <http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>,  
1998

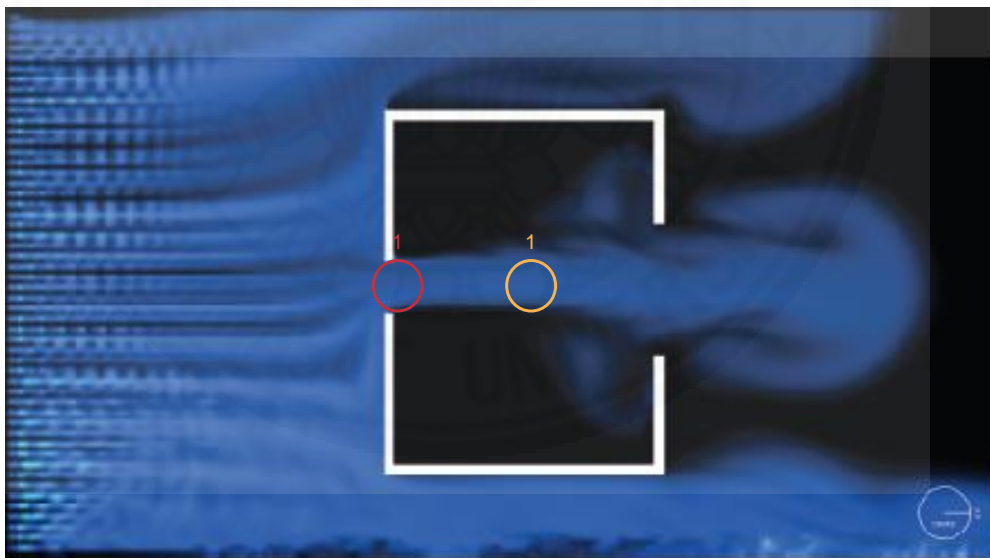


ภาพที่ 4.40 การเจาะช่องเปิดขนาดเท่ากันโดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ไปทางระดับกลางของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน

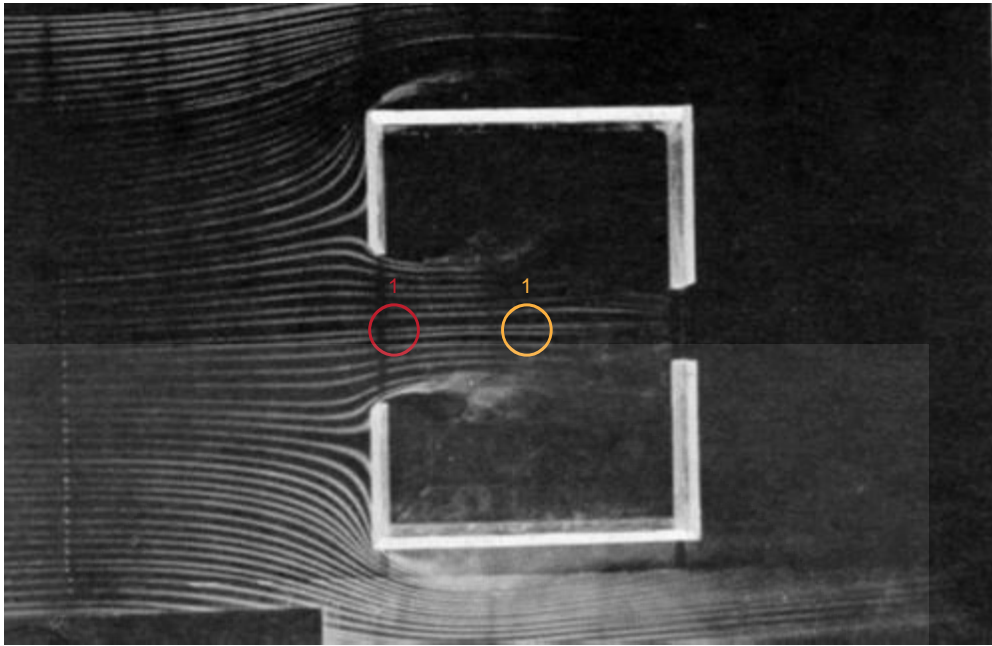


ภาพที่ 4.41 การเจาะช่องเปิดขนาดเล็กในทางเข้าและขนาดใหญ่ในทางออก จาก  
<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998



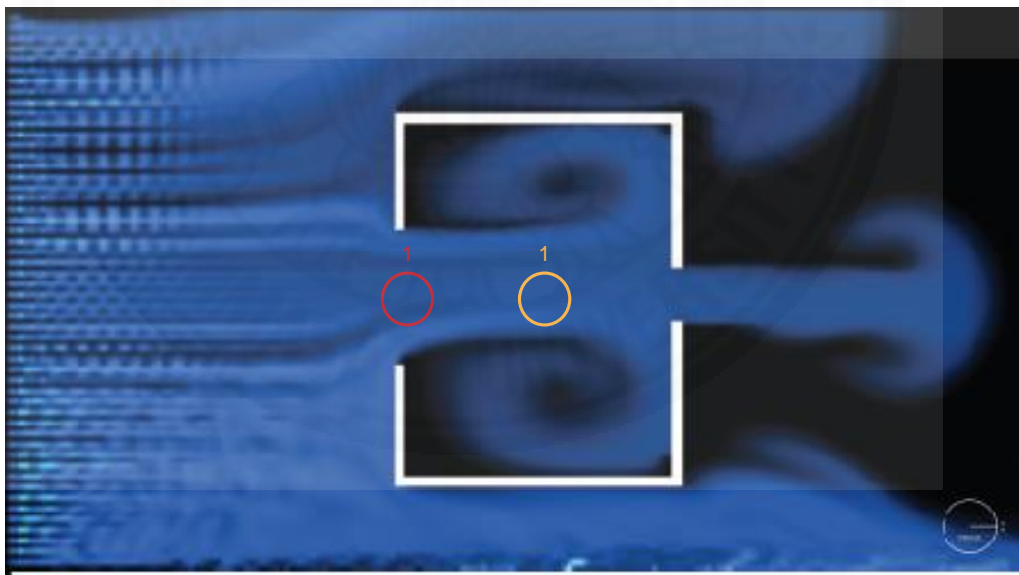
ภาพที่ 4.42 การเจาะช่องเปิดขนาดเล็กในทางเข้าและขนาดใหญ่ในทางออกโดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ไปทางระดับกลางของอาคาร มีความกว้างมากขึ้นเมื่อมวลอากาศผ่านช่องเปิด จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน



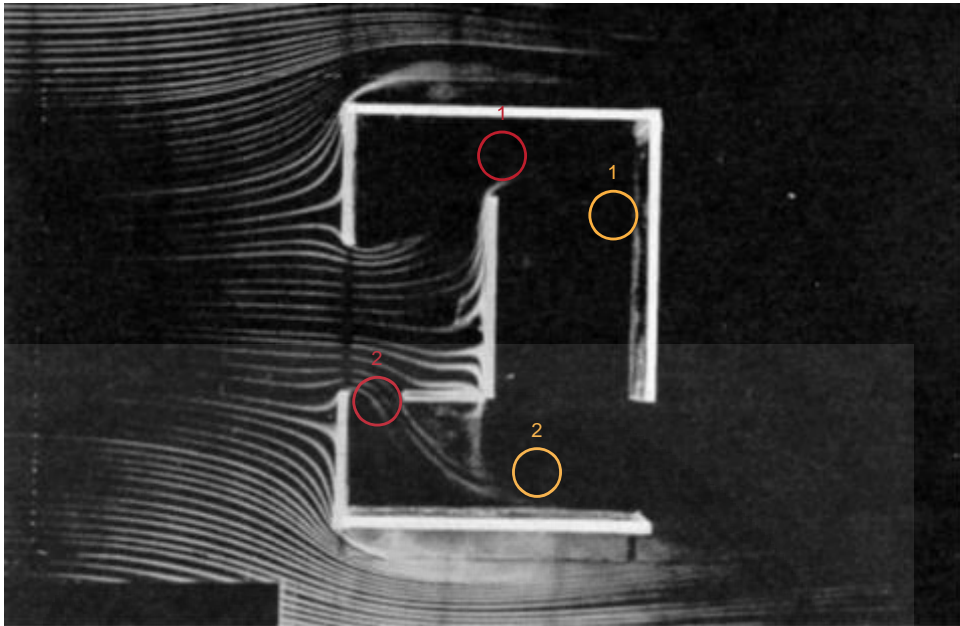
ภาพที่ 4.43 การเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ในทางเข้าและขนาดเล็กในทางออก จาก

<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998

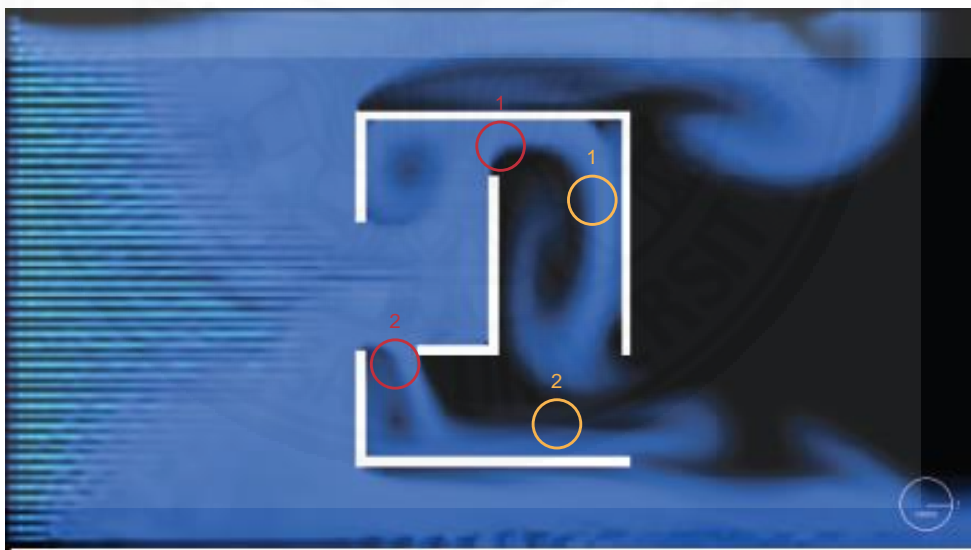


ภาพที่ 4.44 การเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ในทางเข้าและขนาดเล็กในทางออกโดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ไปทางระดับกลางของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน



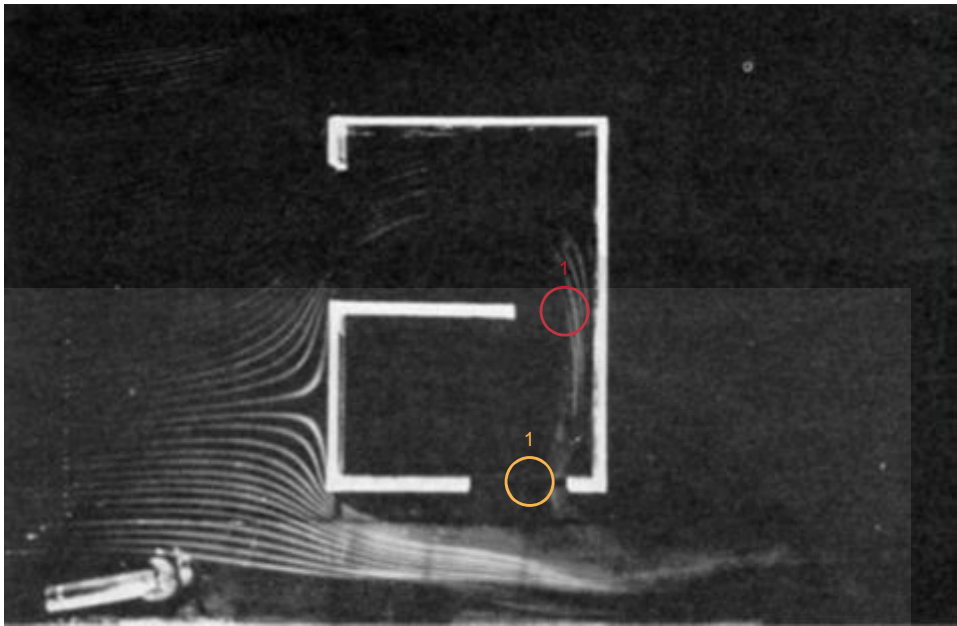
ภาพที่ 4.45 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 1 จาก  
<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998



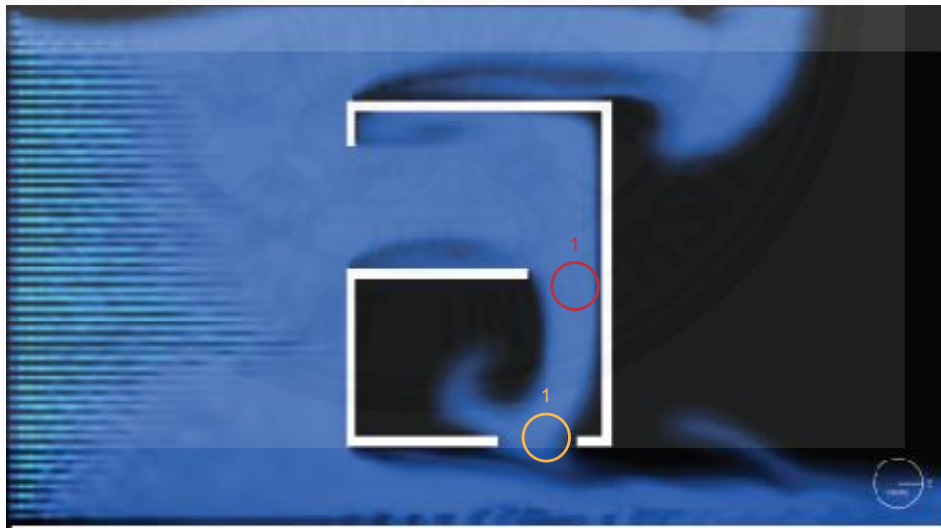
ภาพที่ 4.46 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 1 โดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนบนไปทางส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนกลางไปทางส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน



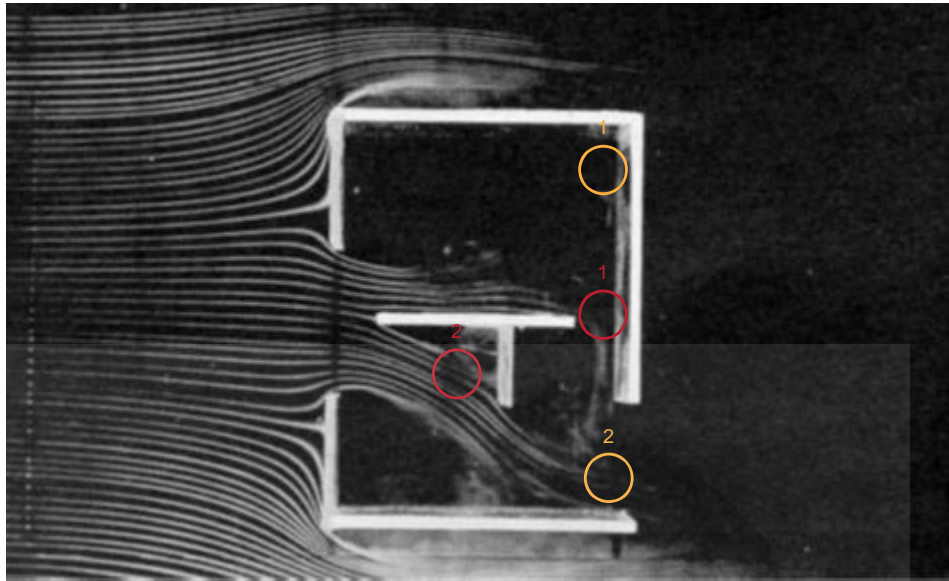


ภาพที่ 4.47 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 2 จาก  
<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998

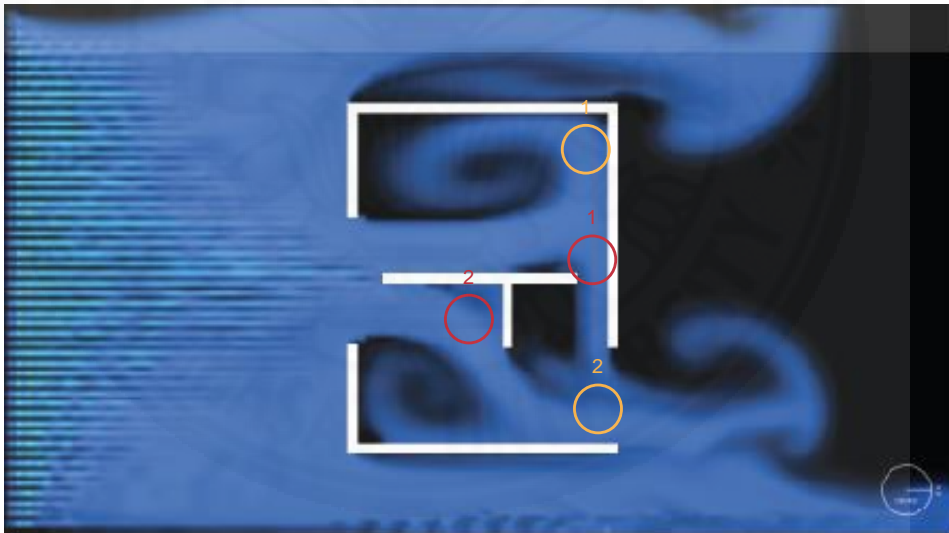


ภาพที่ 4.48 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 2 โดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนกลางของอาคารไปทางส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน

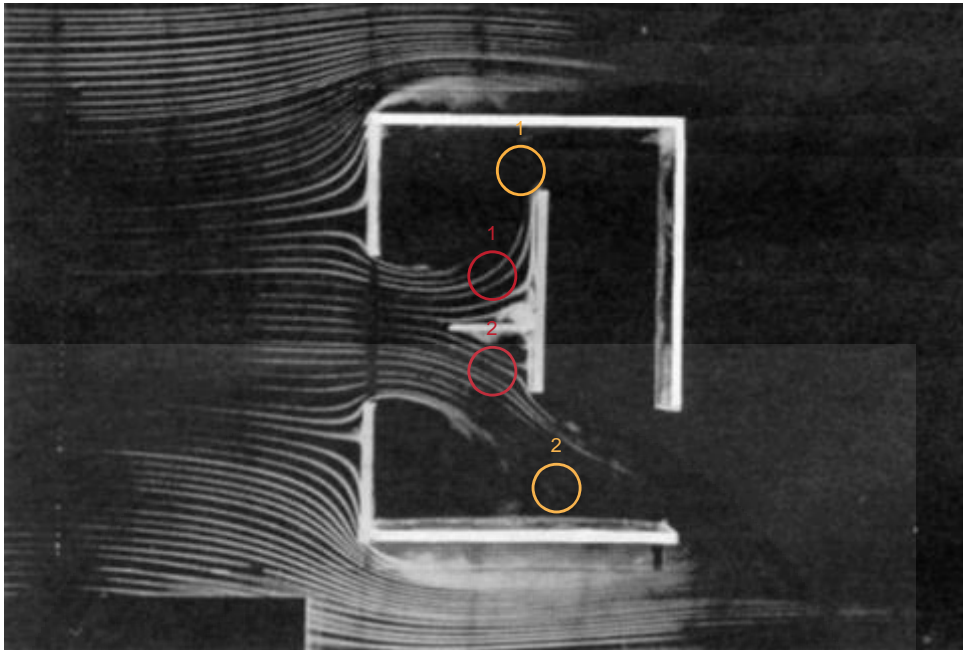


ภาพที่ 4.49 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 3 จาก  
<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998

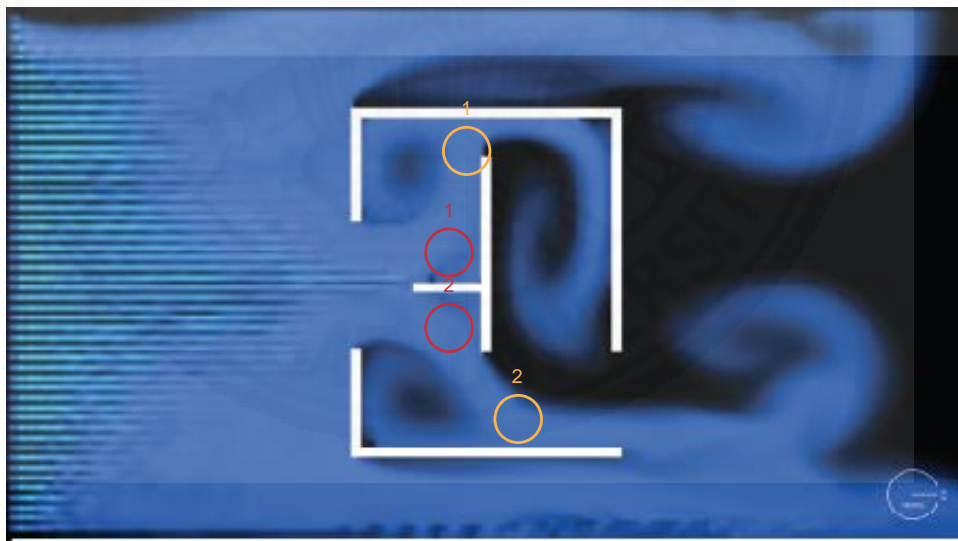


ภาพที่ 4.50 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 3 โดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนบนกลางไปทั้งส่วนบนและล่างของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนกลางไปทางส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 4.51 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 4 จาก  
<http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>, 1998



ภาพที่ 4.52 ผนังภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ แบบที่ 4 โดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนบนกลางไปส่วนบนของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่

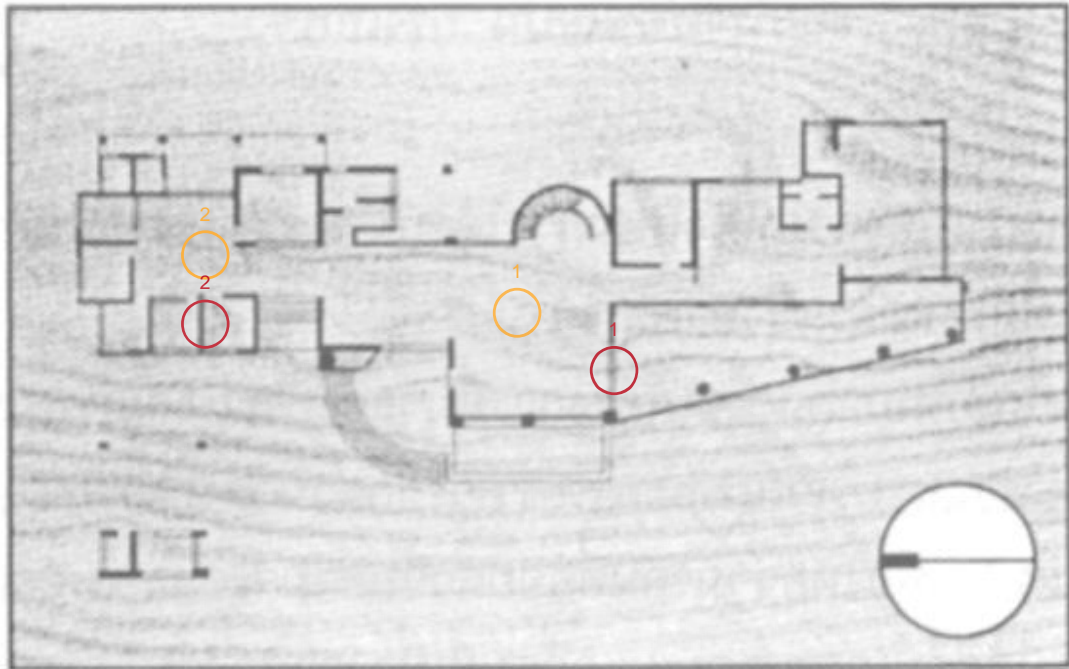
จากส่วนกลางไปทางส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิด จะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน

เพื่อการตรวจสอบความแม่นยำของทิศทางการไหลของมวลอากาศในอาคาร จึงได้เทียบการประมวลผลระหว่าง ระบบ กับ โต๊ะน้ำ (Flow Visualisation Apparatus) รุ่น H14 MK II ของ Tec Equipment Ltd. , Nottingham , England จาก งานวิจัย จาก “การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นประเทศไทย” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544) ซึ่งมีความเร็วของน้ำประมาณ 0.1 เมตร/วินาที และทำการถ่ายภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์ ถึงผลการทดลองที่เป็นลักษณะ 2 มิตินี้ ซึ่งจะทำให้เห็นภาพความสัมพันธ์ระหว่างการไหลของมวลอากาศที่แทนด้วยเส้นน้ำต่างทิศทางที่มเข้าสู่ช่องเปิดทางออกของห้อง ที่มีรูปแบบต่าง ๆ

1) อาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น เจ้าของ : คุณอนุรีย์ ศีตะจิตต์ ที่ตั้ง : ซอย สุขุมวิท 101 กรุงเทพมหานคร “เนื่องจากบริเวณโดยรอบอาคารค่อนข้างโล่งและอาคารเปิดช่องเปิดตลอดแนว ทำให้กระแสลมไหลผ่านค่อนข้างดีในเกือบทุกพื้นที่ ยกเว้นห้องน้ำ และส่วนบริการ ซึ่งการออกแบบอาคารสำหรับที่ตั้งที่มีด้านยาวขนานกับทิศทางของลมเด่นเช่นกรณีศึกษานี้ การทำระเบียงยาวมีหลังคาคลุมทางด้านทิศตะวันตกรวมถึง Canopy บริเวณทางเข้าและหลังคาส่วนจอดรถ เพื่อกันแดดและฝนในชั้นที่ 1 และให้หน้าต่างอยู่ลึกจากกำแพงภายนอกเพื่อใช้หลังคาช่วยบังแดดในชั้นที่ 2 ก็เป็นวิธีการแก้ปัญหาแนวทางหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีช่องเปิดได้มากขึ้น” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544)



ภาพที่ 4.53 ทักษณภาพของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 163.



ภาพที่ 4.54 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโตะน้ำในผังของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 163.



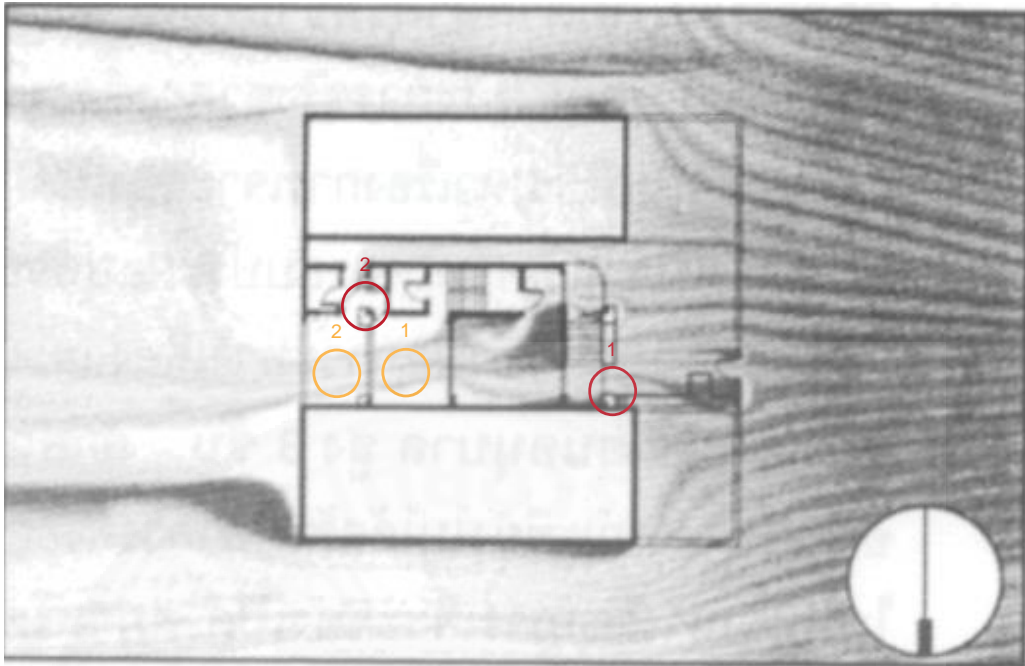
ภาพที่ 4.55 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนกลางของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนกลางไปทางส่วนกลางของอาคารไปสู่ส่วนบริการที่อยู่ด้านซ้ายของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นส่วนบริการและไม่ค่อยมีมวลอากาศผ่าน

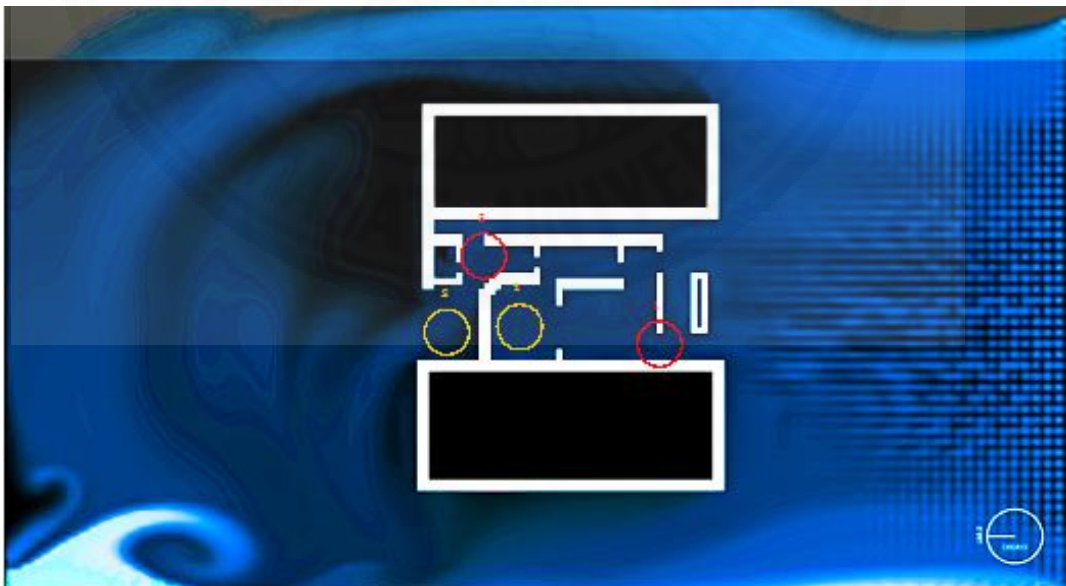
2) อาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น เจ้าของ : คุณมานิตย์ กมลเวช ที่ตั้ง : ซอยโรงเรียน ญีปุ่น กรุงเทพมหานคร “เนื่องจากที่ตั้งโครงการได้รับผลกระทบจากมลภาวะและอาคารข้างเคียงทำให้กระแสลมเข้าอาคารได้ในปริมาณที่ไม่มากเหมือนโครงการอื่น ๆ และกระแสลมภายในอาคารมีความเร็วค่อนข้างน้อย” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544)



ภาพที่ 4.56 ทศนิยมภาพของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 164.



ภาพที่ 4.57 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยใ้ตะน้ำในผังของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 164.



ภาพที่ 4.58 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนกลางของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนกลางไปทางส่วนกลางของอาคารไปสู่ส่วนซ้ายของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นส่วนบริการและไม่ค่อยมีมวลอากาศผ่าน

3) อาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น เจ้าของ : นายจรัส-นางสงวน อันพันทั้งที่ตั้ง : ตำบลโพธิ์พระ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี “ กระแสลมไหลผ่านอาคารค่อนข้างดีโดยเฉพาะชั้นล่างยกเว้นส่วนบริการ ได้แก่ โรงทำขนมครกไว้เก็บของเป็นต้นการที่กระแสลมสามารถเข้าถึงอาคารได้ดีก็เนื่องจากอาคารค่อนข้างโปร่งและมีพื้นที่โล่งตรงกลางอาคาร อีกทั้งที่ตั้งอาคารยังไม่มีสิ่งกีดขวางกระแสลมที่จะเข้าสู่อาคารมากนัก” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544)



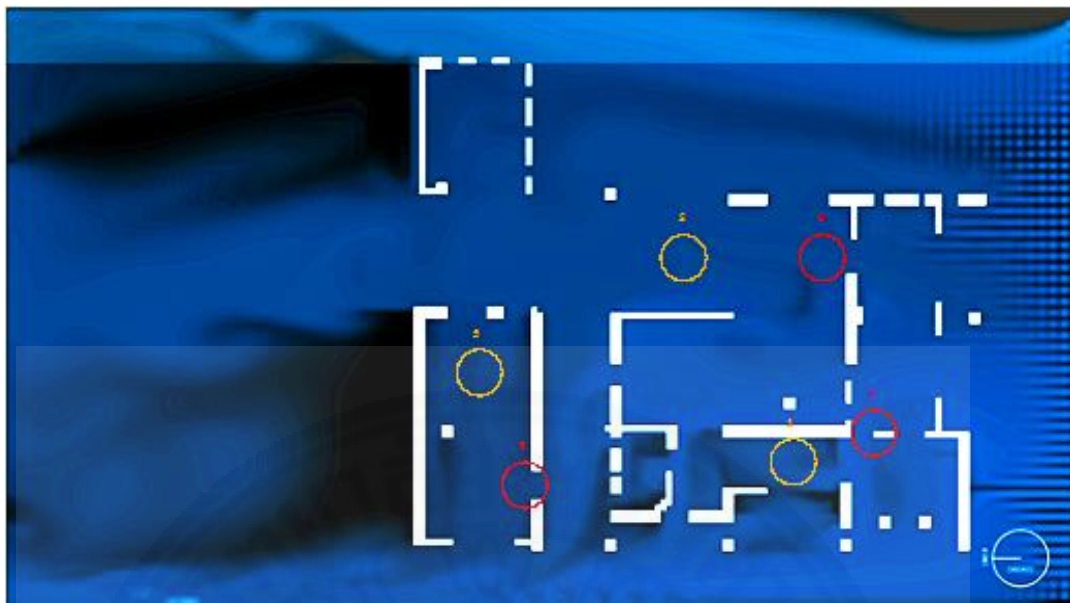
ภาพที่ 4.59 ทศนิยมภาพของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544).

การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนขึ้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 164.





ภาพที่ 4.60 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยใ้ตะน้ำในผังของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 164.



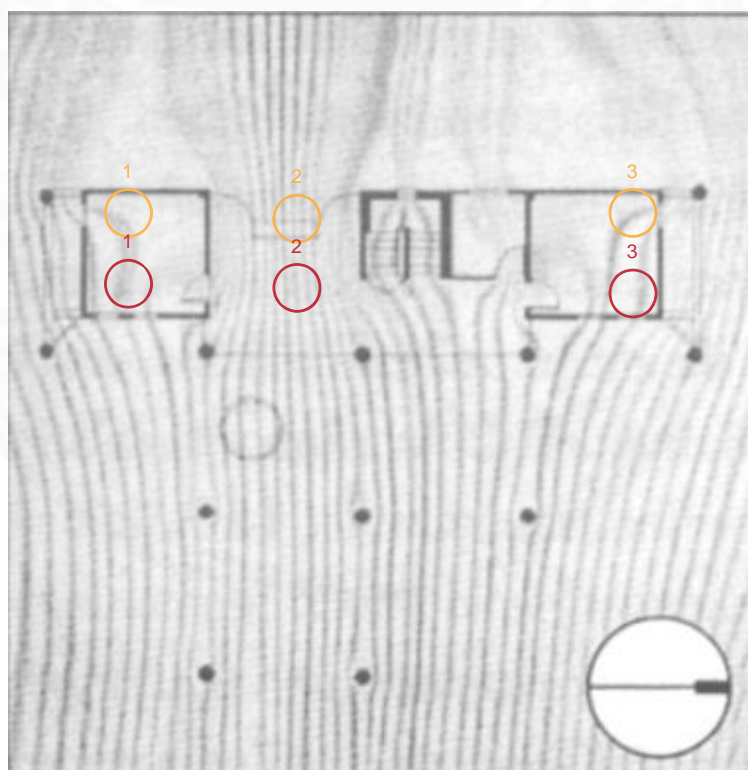
ภาพที่ 4.61 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารร้านค้า และพักอาศัยสูง 3 ชั้น

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนล่างของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนบนของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 3 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากส่วนล่างของอาคารไปส่วนซ้ายของอาคาร จากจุดที่ 3 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน

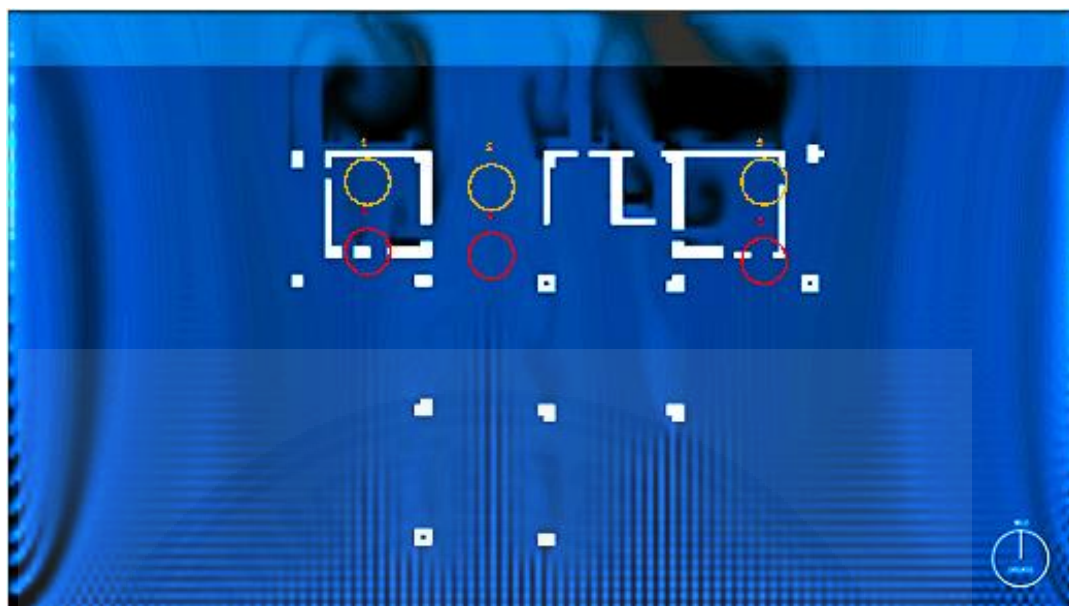
4) อาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น เจ้าของ : พล.ต.ต. ชูเกียรติ ภัยสิทธิ์ ที่ตั้ง : ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี “พื้นที่ชั้นล่างกระแสมเข้าถึงได้ดี เนื่องจากเป็นใต้ถุนโล่งยกเว้นในส่วนห้องนอนและห้องเก็บของที่ค่อนข้างมีกระแสมเข้าถึงภายในในปริมาณที่น้อย พื้นที่ชั้นบนในส่วนห้องนอนค่อนข้างอับลมโดยเฉพาะห้องนอนทางทิศเหนือ เนื่องจากช่องเปิดค่อนข้างน้อย” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544)



ภาพที่ 4.62 ทศนิยมภาพของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 165.



ภาพที่ 4.63 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยใ้ตะน้ำในผังของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 165.

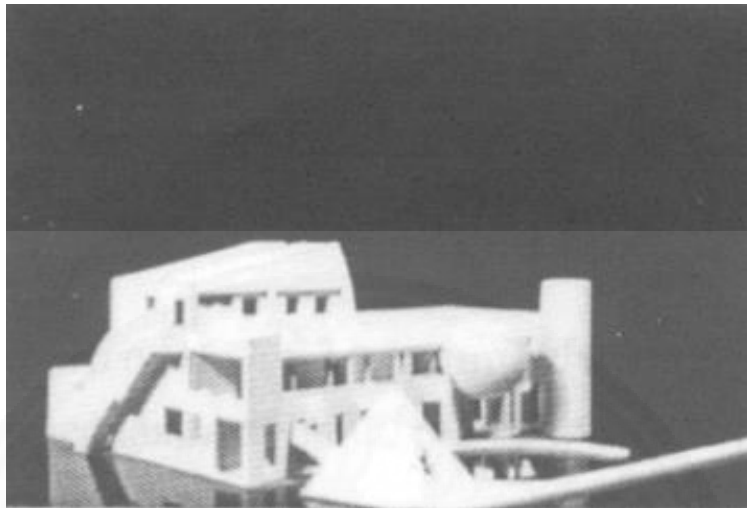


ภาพที่ 4.64 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น

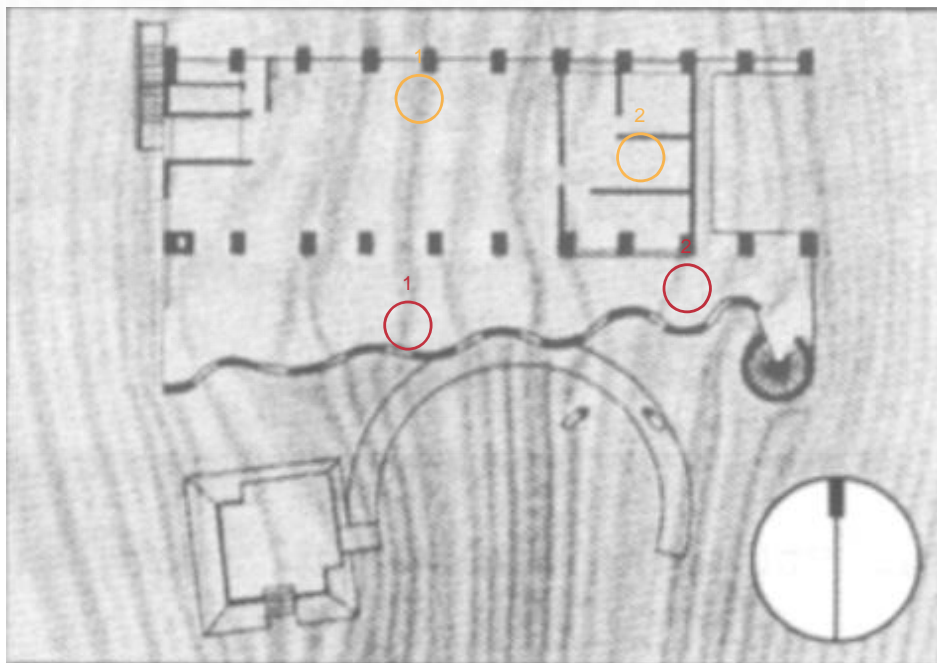
จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนซ้ายของอาคาร จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนกลางของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 3 สีแดง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนขวาของอาคาร จากจุดที่ 3 สีเหลือง จะสังเกตเห็นว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน

จากการเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์การไหลของอากาศโดยระบบเทียบกับโต๊ะ ผลโดยรวมพบว่าทิศและการเบี่ยงเบนของมวลอากาศมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยสังเกตจากพฤติกรรมของมวลอากาศช่วงระยะที่ใกล้จะปะทะสิ่งกีดขวางการเบี่ยงเบนเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางมีทิศทางที่คล้ายคลึงกัน แต่มีระบบข้อจำกัดที่ ก่อนที่มวลอากาศจะไหล ระบบจะไม่คำนวณค่าความดันในบริเวณที่ไม่มีมวลอากาศ ซึ่งทำให้บางครั้งทิศทางของการไหลของมวลอากาศที่ผ่านจากช่องเปิดจะไม่ตรงกับงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบเล็กน้อย เช่น ในกรณีศึกษา อาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น  
 เจ้าของ : คุณมัลลิกา วัฒนวงศ์ ที่ตั้ง : ถนนดอนหวาย-ไร่จิง อำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม  
 “กระแสมบบริเวณชั้น1และชั้น2 ค่อนข้างดียกเว้นในส่วนห้องน้ำและ Administration ที่กระแสมเข้าถึงได้น้อยส่วนพื้นที่ชั้น 3 กระแสมโดยรวม จะน้อยกว่าในส่วนห้องชั้น 1 และชั้น 2 จาก

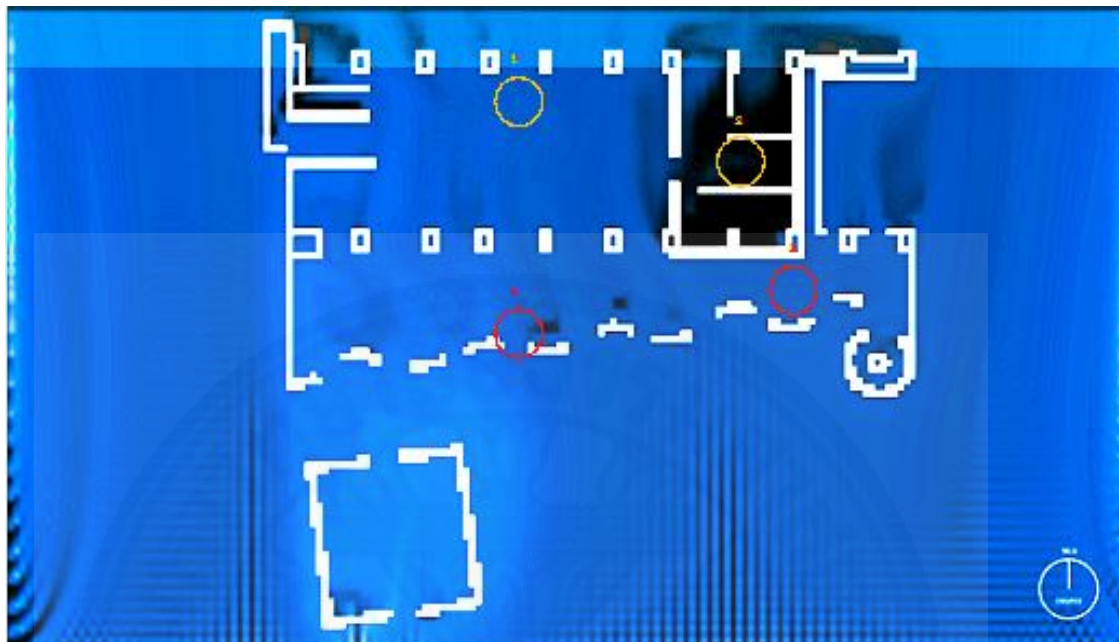
กรณีศึกษานี้จะเห็นได้ว่ารูปทรงอาคารมีผลต่อทิศทางของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารและการเจาะช่องเปิดต่าง ๆ ” (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544)



ภาพที่ 4.65 ทศนิยมภาพของอาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 165.



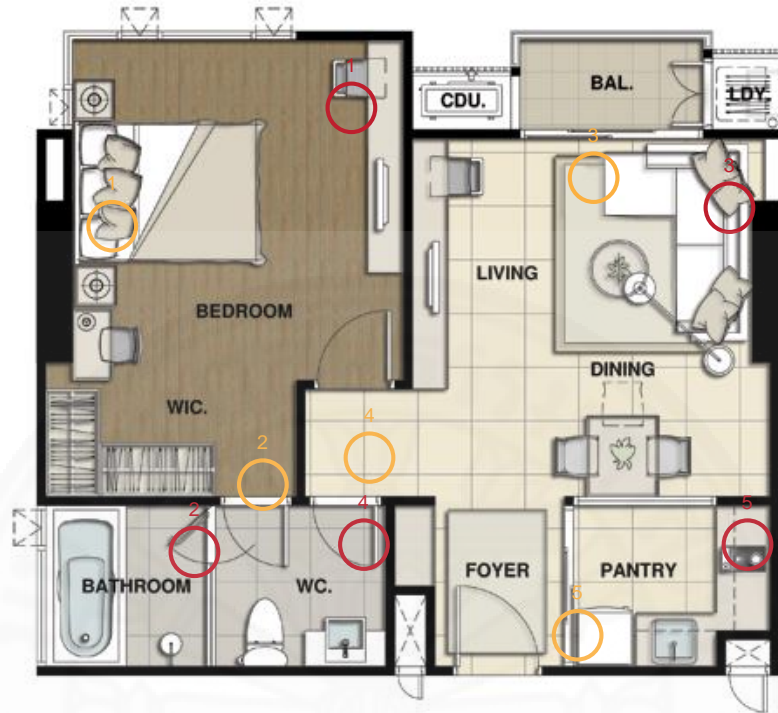
ภาพที่ 4.66 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยใ้ตะน้ำในผังของอาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 165.



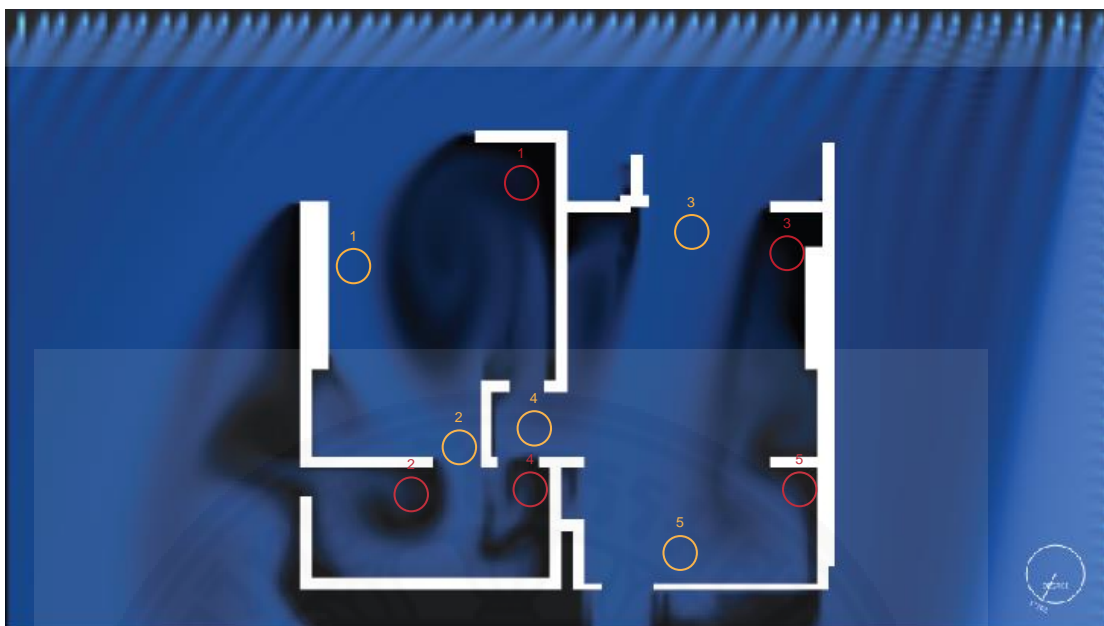
ภาพที่ 4.67 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในผังของอาคารโรงเรียนอนุบาล  
สูง 3 ชั้น

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดแบบผนังโค้งจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนบนของอาคารผ่านช่องเปิดแบบผนังโค้ง จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ใกล้เคียงกัน จากจุดที่ 2 สีแดง จะสังเกตได้ว่ามวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะเคลื่อนที่จากภายนอกของอาคารไปส่วนกลางและส่วนขวาของอาคาร จากจุดที่ 2 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่าไม่ค่อยมีมวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดที่จุดที่ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นส่วนบริการ

นอกจากการเปรียบเทียบผลการทดลองของระบบกับโต๊ะจำลองของไหล ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบจุดที่มีมวลอากาศภายในระบบกับกรณีศึกษาที่ เดอะ เครสต์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4 ชั้นที่ 8 เมื่อมีลมมวลอากาศไหลทิศทางเดียวกัน จะวัดโดยใช้ Anemometer Benetech Model: GM816 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความเร็วลม เทียบจุดที่วัดความเร็วลมในจุดที่มีลมผ่านและจุดที่ไม่มีลมผ่านเทียบกับระบบ วงกลมสีเหลืองแทนจุดที่มีลมผ่าน วงกลมสีแดงแทนจุดที่ไม่มีลมผ่าน โดยทำการวัดผลใน วันที่ 7 กรกฎาคม 2559 เวลา 10.00 น. ซึ่งทิศของลมจะมาจากตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 4.68 เดอะ เครสท์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4 จาก <https://www.lifull.co.th/condo/p-7641009291599>



ภาพที่ 4.69 เดอะ เครสท์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4 ประมวลผลโดยระบบ

#### ตารางที่ 4.1

ค่าความเร็วลมที่วัดได้ในเดอะ เครสท์ สุขุมวิท 34 ประเภทห้อง B4

จุดที่มีลมผ่าน (วงกลมสีเหลือง)	
จุดที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
1	1.8
2	1.5
3	1.9
4	0.8
5	1.2
จุดที่ไม่มีลมผ่าน (วงกลมสีแดง)	
จุดที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
1	0.0
2	0.0
3	0.0
4	0.0
5	0.0



จากผลการทดลอง จุดสีเหลืองที่ลมผ่าน ได้แก่ส่วนของ ห้องรับประทานอาหาร และห้องนอน เมื่อวัดโดยเครื่องวัดความเร็วลมพบว่าไม่มีลมผ่านตรงกับการจำลองสถานการณ์โดยระบบ จากจุดสีแดงที่ไม่มีลมผ่าน ได้แก่ ส่วนของบริการ ห้องน้ำ และมุมอับของห้อง เมื่อวัดโดยเครื่องวัดความเร็วลมพบว่าไม่มีลมผ่านตรงกับการจำลองสถานการณ์โดยระบบ

จากเดิม Library diewald\_fluid จะตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยในระบบผู้วิจัยได้แก้ไขให้มีคุณสมบัติของค่ามาตรฐานคล้ายการไหลของมวลอากาศเปรียบเทียบจากการจำลองในโต๊ะน้ำ ดังนี้

Timestep (เวลา) เท่ากับ 0.1 หน่วย เปลี่ยนเป็น 0.05 หน่วย  
 Iterations (ความโค้งของมวลอากาศ) เท่ากับ 16 หน่วย เปลี่ยนเป็น 5 หน่วย  
 IterationsDiffuse (ค่าความกระจายของมวลอากาศหลังจากปะทะสิ่งกีดขวาง) เท่ากับ 4 หน่วย เปลี่ยนเป็น 3 หน่วย  
 Viscosity (ความหนืดของมวลอากาศ) เท่ากับ 0.000001 หน่วย  
 Diffusion (การแพร่ของมวลอากาศ) 0.000001 หน่วย เปลี่ยนเป็น 0.00000001 หน่วย  
 Vorticity (การหมุนของมวลอากาศ) เท่ากับ 1 หน่วย

#### 4.4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน

ในการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานจะประเมินโดยการแจกแบบประเมิน หลังจากได้ทดลองใช้งานระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมแล้ว

ลักษณะในการประเมินแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ฟังก์ชันการประมวลผลจากภาพ (Image Processing) ฟังก์ชันการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation) โดยจะประเมินที่ประสิทธิภาพในการแสดงผล ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยหัวข้อที่ 1.3.3 ซึ่งประเมินหาประสิทธิภาพของระบบและหัวข้อที่ 3 ซึ่งประเมินความพึงพอใจของระบบ

แบบสอบถาม (ภาคผนวก ก) จะเห็นว่าแบบประเมินเป็นการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และ ปรับปรุง ซึ่งในแต่ละระดับมีค่า 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ระดับที่ได้จากการประเมินโดยผู้ประเมินทั้งหมดจะนำมาใช้หาค่าเฉลี่ยวัดเกณฑ์ความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

1.00 – 1.49 หมายถึง ไม่พึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบ ควรปรับปรุง

- 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจประสิทธิภาพของระบบในระดับน้อย  
 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจประสิทธิภาพของระบบในระดับปานกลาง  
 3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจประสิทธิภาพของระบบในระดับมาก  
 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจประสิทธิภาพของระบบในระดับมากที่สุด

จากการเก็บข้อมูลด้วยแบบประเมิน หลังจากทดลองใช้งานระบบ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน เป็นการเลือกแบบ Purposive Sampling สถานภาพของผู้ประเมินเป็นสถาปนิก 10 คน นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม 10 คน ประสบการณ์ในการใช้โปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics) ของผู้ประเมินทั้งหมด 20 คน แบ่งเป็น คนที่มีประสบการณ์มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ปี แต่น้อยกว่า 5 ปี 16 คน คนที่มีประสบการณ์มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ปี แต่น้อยกว่า 10 ปี 2 คน คนที่มีประสบการณ์มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ปี 2 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 11 คน หญิง 9 คน แบบประเมินจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบ ประมวลผลจากภาพ และประสิทธิภาพการแสดงผลของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

#### ตารางที่ 4.2

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบประเมิน		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	11	55
	หญิง	9	45
สถานภาพ	สถาปนิก	10	50
	นักศึกษา	10	50
ประสบการณ์ในการ ทำ CFD	>= 1 ปี	16	80
	>= 5 ปี	2	10
	>= 10 ปี	2	10

## ตารางที่ 4.3

## ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบประมวลผลจากภาพ

ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	20	4.50	0.51	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	20	4.30	0.68	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	20	4.10	0.72	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	20	4.00	0.73	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	20	4.24	0.10	ดี

จากตารางที่ 4.2 ทำให้สรุปได้ว่าในส่วนของระบบประมวลผลจากภาพ ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.50 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ ที่มีค่าเฉลี่ย 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 จากผลทั้งหมดนำมาหาค่าเฉลี่ยรวม ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบประมวลผลจากภาพในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.10 และเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบประมวลผลจากภาพได้โดยง่าย แต่จะมีบางรูปที่ค่อนข้างยากในการหาค่าในการปรับแสงให้พอดีที่ระบบจะตรวจจับเส้นผนังอาคาร

## ตารางที่ 4.4

ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	20	4.45	0.51	ดี
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	20	4.35	0.75	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	20	4.05	0.89	ดี
ระบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	20	3.58	0.61	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	20	4.11	0.16	ดี

จากตารางที่ 4.3 ทำให้สรุปได้ว่าในส่วนของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16 และเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศได้โดยง่าย

## ตารางที่ 4.5

## ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยสถาปนิก

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	10	4.50	0.53	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	10	4.50	0.53	ดีมาก
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	10	3.90	0.74	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	10	3.80	0.79	ดี
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	10	4.50	0.53	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	10	4.40	0.70	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	10	4.10	0.57	ดี
ระบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	10	3.11	0.33	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	10	4.10	0.15	ดี

จากตารางที่ 4.4 ทำให้สรุปได้ว่า การประเมินโดยสถาปนิก มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 และเห็นได้ว่าสถาปนิกสามารถใช้งานระบบได้โดยง่าย แต่ในส่วนของความแม่นยำและน่าเชื่อถือในระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจะมีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบอื่น และอยู่ในระดับปานกลาง เพราะสถาปนิกบางคนต้องการนำค่าความเร็วของลมไปใช้ในกระบวนการออกแบบต่อไป

## ตารางที่ 4.6

ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	10	4.50	0.53	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	10	4.20	0.79	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	10	4.30	0.67	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	10	4.20	0.63	ดี
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	10	4.40	0.52	ดี
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	10	4.30	0.82	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	10	4.00	1.15	ดี
ระบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	10	4.00	0.47	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	10	4.24	0.22	ดี

จากตารางที่ 4.5 ทำให้สรุปได้ว่า การประเมินโดยนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.22 และเห็นได้ວ່านักศึกษาสถาปัตยกรรมสามารถใช้งานระบบได้โดยง่าย

## ตารางที่ 4.7

ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD น้อยกว่า 5 ปี

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	16	4.44	0.51	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย	16	4.31	0.70	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	16	4.13	0.72	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	16	4.00	0.73	ดี
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	16	4.38	0.50	ดี
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย	16	4.38	0.72	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	16	4.00	0.97	ดี
ระบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	16	3.69	0.60	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	16	4.16	0.15	ดี

จากตารางที่ 4.6 ทำให้สรุปได้ว่า การประเมินโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD น้อยกว่า 5 ปี มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 และเห็นได้ว่าผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD น้อยกว่า 5 ปีสามารถใช้งานระบบได้โดยง่าย

## ตารางที่ 4.8

ผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	4	4.70	0.50	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	4	4.50	0.58	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4.00	0.81	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	4	4.00	0.81	ดี
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	4	4.75	0.50	ดี
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	4	4.25	0.96	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4.25	0.50	ดี
ระบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	4	3.00	0.00	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	4	4.19	0.30	ดี

จากตารางที่ 4.7 ทำให้สรุปได้ว่า การประเมินโดยผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 และเห็นว่าผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรมCFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปีสามารถใช้งานระบบได้โดยง่าย แต่ในส่วนของความแม่นยำและน่าเชื่อถือในระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจะมีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบอื่น และอยู่ในระดับปานกลาง เพราะผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรม



CFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปีบางคนมีความคุ้นชินกับโปรแกรมCFD ในปัจจุบันอยู่แล้ว ทำให้โปรแกรมอื่นมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าโปรแกรมCFD

ตารางที่ 4.9

สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพในการแสดงผลของระบบ

ระบบประมวลผลจากภาพ (Image Processing)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	20	4.50	0.51	ดีมาก
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	20	4.35	0.67	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	20	4.10	0.72	ดี
ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ	20	4.00	0.73	ดี
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)				
ข้อคิดเห็นที่มีต่อระบบ	จำนวน (คน)	Mean	SD	แปลผล
ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย	20	4.45	0.51	ดี
หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้ เข้าใจง่าย	20	4.35	0.75	ดี
ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	20	4.05	0.89	ดี
ระบบจำลองลมมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ	20	3.58	0.61	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	20	4.17	0.13	ดี

จากตารางที่ 4.8 ทำให้สรุปได้ว่า การประเมินโดยผู้ใช้งานทั้งสถาปนิกและนักศึกษาสถาปัตยกรรม ในส่วนของระบบประมวลผลจากภาพ ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.50 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจ

ง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ ที่มีค่าเฉลี่ย 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 ในส่วนของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ผู้ใช้สามารถเรียกเข้าฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 4.05 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.89 ระบบจำลองลมมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ ที่มีค่าเฉลี่ย 3.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 จากผลทั้งหมดนำมาหาค่าเฉลี่ยรวม ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานทั้งสถาปนิกและนักศึกษาสถาปัตยกรรม มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมในระดับที่ดี ที่มีค่าเฉลี่ย 4.17 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.13 และเห็นได้ว่าผู้ใช้งานทั้งสถาปนิกและนักศึกษาสถาปัตยกรรมสามารถใช้งานระบบได้โดยง่าย

ผลการสำรวจในส่วนของข้อเสนอแนะเพิ่มเติมโดยผู้ใช้งาน จากการทำแบบสอบถามสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบโดยได้สรุปไว้ในข้อ 5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบและข้อเสนอแนะในงานวิจัย

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม สามารถสรุปผลและแยกหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปการทำงานของระบบ

##### 5.1.1 สรุปการทำงานของระบบประมวลผลจากภาพ

##### 5.1.2 สรุปการทำงานของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้น

#### 5.2 สรุปผลขั้นตอนในการออกแบบสถาปัตยกรรมชั้นต้นเมื่อใช้ระบบ

#### 5.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

#### 5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบและข้อเสนอแนะในงานวิจัย

### 5.1 สรุปการทำงานของระบบ

จากการพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศชั้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1.3.1 ซึ่งการพัฒนาระบบนี้จะช่วยให้สถาปนิกและลูกค้าสามารถออกแบบสถาปัตยกรรมโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1.3.2 โดยสามารถสรุปผลในการทำงาน ได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

#### 5.1.1 สรุปการทำงานของระบบประมวลผลจากภาพ

จากการทดลองใช้งานระบบ ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าการวาดเส้นผังอาคารจะต้องวาดบนกระดาษขาว หรือกระดาษสีอ่อนเพราะจะทำให้ระบบตรวจจับเส้นที่วาดได้ง่ายขึ้น มีความคลาดเคลื่อนเกิดจากผู้ใช้งานได้ การใช้ไม้บรรทัด จะช่วยให้เส้นตรงขึ้น การใช้ปากกาควรมีความหนาของเส้น สีเข้ม การถ่ายภาพวาดผังอาคารในบริเวณที่มีความสว่างจะช่วยให้ระบบตรวจจับเส้นได้แม่นยำมากขึ้น การถ่ายรูปจะต้องไม่ให้เงาของเครื่องมือที่ใช้ถ่ายรูปเช่น กล้อง สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ตเกิดขึ้นบนกระดาษเพราะจะทำให้ระบบแยกเส้นผนังกับเงาของกระดาษได้ยาก เมื่อผู้ใช้งานทราบถึงข้อจำกัดดังกล่าวระบบจะสามารถตรวจจับเส้นผนังได้แม่นยำยิ่งขึ้น

การทำงานของระบบประมวลผลจากภาพสามารถตรวจจับเส้นผนังที่วาดโดยสถาปนิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำ แม้อยู่ในที่ที่มีความสว่างน้อยเพราะระบบสามารถปรับค่าการตรวจจับความสว่างได้ ซึ่งในฟังก์ชันนี้ช่วยให้กระบวนการการจำลองสถานการณ์

การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation) ในขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมเบื้องต้น (Schematic Design) มีขั้นตอนลดน้อยลง และมีความสะดวกเร็วมากขึ้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งใน แพลตฟอร์ม (Platform) วินโดว์ (Windows) และแอนดรอย (Android)

### 5.1.2 สรุปการทำงานของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้น

การทำงานของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ สามารถทำงานได้โดยมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะตรวจสอบทิศทางการไหลของมวลอากาศเบื้องต้นจากแบบร่างทางสถาปัตยกรรม เพราะได้มีการเปรียบเทียบทิศทางการไหลของมวลอากาศกับโตะจำลองของไหล จาก *“Arquitectura y climas. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”* (Victor Olgyay, 1998) *“การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น ประเทศไทย”* (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2544) และเปรียบเทียบจุดที่มีมวลอากาศไหลผ่านกับกรณีศึกษา จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่ามิติศทางการไหลของมวลอากาศที่คล้ายคลึงกัน แต่ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาคำนวณค่าในตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความดัน อุณหภูมิ ความเร็ว เป็นต้น ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพใน แพลตฟอร์ม (Platform) วินโดว์ แต่ในปัจจุบัน ฟังก์ชัน Export ไปยังแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนดรอย (Android) ของโปรแกรม Processing ทำให้การประมวลผลช้าลงมากเมื่อเทียบ การประมวลผลในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ (Windows) ดังนั้นสามารถประมวลผลได้ใน แท็บเล็ต (Tablet) ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และชุดคำสั่ง (Library) diwald\_fluid ซึ่งสามารถจำลองการไหลของมวลอากาศ ใช้การประมวลผลโดย CPU (Central Processing Unit) ยังต้องการประสิทธิภาพที่ค่อนข้างสูง เพราะเป็นการจำลองสถานการณ์แบบ เวลาจริง (Realtime) และในระบบยังไม่สามารถคำนวณตัวแปรการไหลของมวลอากาศเทียบกับความสูงได้ ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาประมวลผลกับรูปด้านหรือรูปตัดที่มีความสูงอาคารมาก บางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดในทิศทางการไหลของมวลอากาศหลังจากผ่านช่องเปิด เพราะระบบไม่คำนวณค่าความดันในบริเวณที่ยังไม่มีมวลอากาศ

โดยทั้ง 2 ส่วน มีการตั้งค่าต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการถ่ายรูปในสถานที่ที่มีแสงสว่างปานกลางประมาณ 50 lux และการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ของคุณสมบัติของมวลอากาศที่ทำให้คล้ายคลึงกับผลการทดลองโตะจำลองของไหล ดังนี้

## ตารางที่ 5.1

การตั้งค่าต่าง ๆ ในระบบ

ระบบประมวลผลจากภาพ	
ค่าการตรวจจับความสว่างของรูป	50 หน่วย
ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	
ค่าความเร็วของมวลอากาศ	0.05 หน่วย
ค่าความโค้งของมวลอากาศ	5 หน่วย
จำนวนแหล่งกำเนิด	30 เส้น

## 5.2 สรุปผลขั้นตอนในการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้นเมื่อใช้ระบบ

สรุปผลโดยเทียบขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้นในปัจจุบันกับการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้น (Schematic Design) ที่ใช้ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมแล้ว

## ตารางที่ 5.2

ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมเบื้องต้นในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมเบื้องต้นโดยใช้ระบบ

ลำดับ	ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมขั้นต้นในปัจจุบัน	ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรม
1	สรุป ความต้องการขั้นต้นของลูกค้า	สรุป ความต้องการขั้นต้นของลูกค้า
2	สถาปนิกพบปะลูกค้าเพื่อแก้ไขแบบ	พบปะเพื่อแก้ไขแบบ พร้อมทั้งออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศขั้นต้น
3	สถาปนิกสร้างแบบทางสถาปัตยกรรม	สถาปนิกสร้างแบบทางสถาปัตยกรรม
4	จำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ	จำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ
5	แก้ไขแบบโดยสถาปนิก	นำผลที่ได้ไปสู่ขั้นตอนออกแบบ (Design Development)
6	สถาปนิกพบปะลูกค้าเพื่อแก้ไขแบบ	-
7	นำผลที่ได้ไปสู่ขั้นตอนออกแบบ (Design Development)	-

จากตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการออกแบบโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีน้อยกว่าขั้นตอนการออกแบบทั่วไป เพราะมีการออกแบบโดยคำนึงถึงการไหลของมวลอากาศขั้นต้นโดยใช้ระบบแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องแก้ไขแบบและพบปะลูกค้าเพิ่มเติมหลังจากขั้นตอนจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยละเอียดโดยโปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics) ทำให้ขั้นตอนการแก้ไขแบบลดลง จึงทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายระหว่างสถาปนิกและลูกค้ามากขึ้น

## 5.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จากการประเมินกลุ่มผู้ใช้งานหลังจากทดลองใช้ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม มีผู้ประเมินทั้งหมด 20 คน โดยสรุปผลได้ว่า ระบบประมวลจากภาพมีประสิทธิภาพและกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ และระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศมีประสิทธิภาพและกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี แต่ในส่วนของความ

แม่นยำและน่าเชื่อถือในการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจะมีความพึงพอใจโดยสถาปนิกและผู้ที่มีประสบการณ์การใช้โปรแกรม CFD มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี น้อยกว่าหัวข้อการประเมินอื่นๆ เพราะไม่มีค่าความเร็ว ความดัน และอุณหภูมิ ที่สามารถแสดงเป็นตัวเลข อีกทั้งกลุ่มผู้ประเมินดังกล่าวมีความคุ้นชินกับโปรแกรม CFD มาก่อน ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เชี่ยวชาญด้าน Simulation ในระดับนี้ได้ ทุกกลุ่มผู้ประเมินมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี เพราะมีการใช้งานที่ง่ายและแม่นยำ จากผลการสำรวจพึงพอใจดังกล่าว ตรงกับวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1.3.3

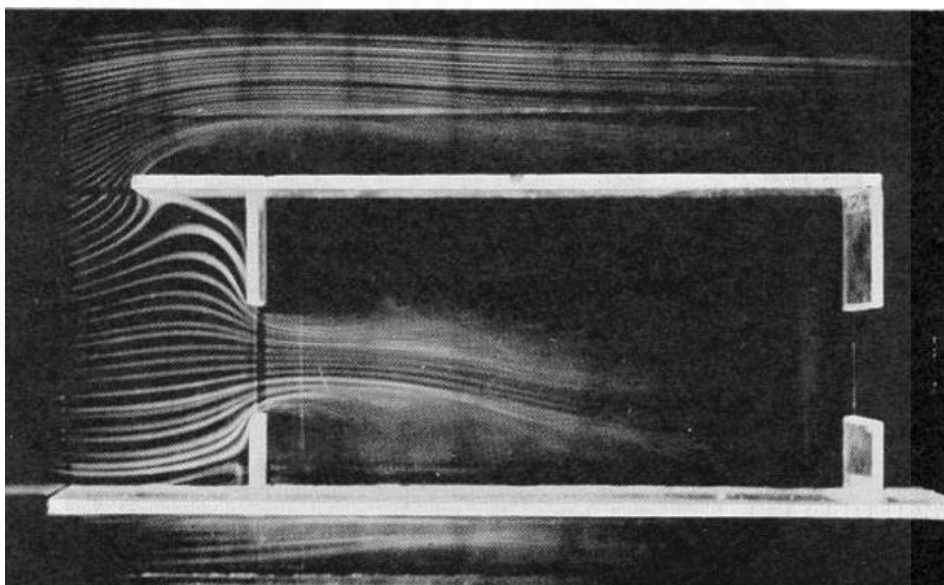
#### 5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบและข้อเสนอแนะในงานวิจัย

จากการพัฒนาระบบและประเมินประสิทธิภาพระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรมทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบดังนี้

1. เนื่องจากการวาดเส้นโดยสถาปนิกบางครั้งอาจไม่ตรง ทำให้พื้นผิวของอาคารไม่เรียบ การแปลงเส้นจาก Raster เป็น Vector ควรพัฒนาฟังก์ชันเสริมให้แสดงผลเฉพาะเส้นตรง
2. เนื่องจากภายในระบบยังไม่สามารถสร้างแหล่งกำเนิดของมวลอากาศอีกประเภทหนึ่ง เช่น ควันพิชจากรถยนต์ ท่อน้ำเสียที่ส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ ตั้งแต่ขั้นตอนประมวลผลจากภาพ ซึ่งจะสามารถสร้างเพิ่มขึ้นเองโดยผู้ใช้งานในขั้นตอนจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ ดังนั้นระบบ Image Processing ควรสามารถตรวจจับจุดที่เกิดมวลอากาศอีกประเภทหนึ่งได้ ตั้งแต่ขั้นตอนการประมวลผลจากภาพ โดยผู้ใช้งานจะกำหนดสีของเส้นที่แตกต่างจากเส้นผนังเพื่อกำหนดจุดกำเนิดของแหล่งกำเนิดมวลอากาศอีกประเภท
3. ระบบไม่สามารถวัดความเร็วของการไหลและอุณหภูมิของมวลอากาศภายในระบบได้ เนื่องจาก CPU (Central Processing Unit) จะประมวลผลซับซ้อนขึ้นมาก จำเป็นต้องใช้ Hardware ที่ประสิทธิภาพสูง การวัดความเร็วลมเฉลี่ยจากการจับเวลาและกำหนดระยะทางไม่สามารถทำได้เนื่องจากเป็นการคำนวณด้วยจำนวนเฟรม (Frame rate) ในแต่ละเครื่องที่ใช้ในการรันโปรแกรมมีจำนวนเฟรมไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในส่วนของ Hardware แต่ความเร็วของการไหลของมวลอากาศและอุณหภูมิก็คือเป็นตัวแปรที่สำคัญควรพัฒนาให้สามารถคำนวณความเร็วการไหลของมวลอากาศได้ แก้ไขได้ด้วยเปลี่ยนไปใช้การคำนวณแบบอ้างอิงเวลา (Time Based)
4. การประมวลผลในรูปแบบด้านหรือรูปตัด สามารถคำนวณได้ในอาคารที่ไม่สูงมาก หากอาคารมีความสูงมากขึ้น ความคลาดเคลื่อนของความเร็วลมจะมากขึ้น เพราะเมื่อความสูงมากขึ้น

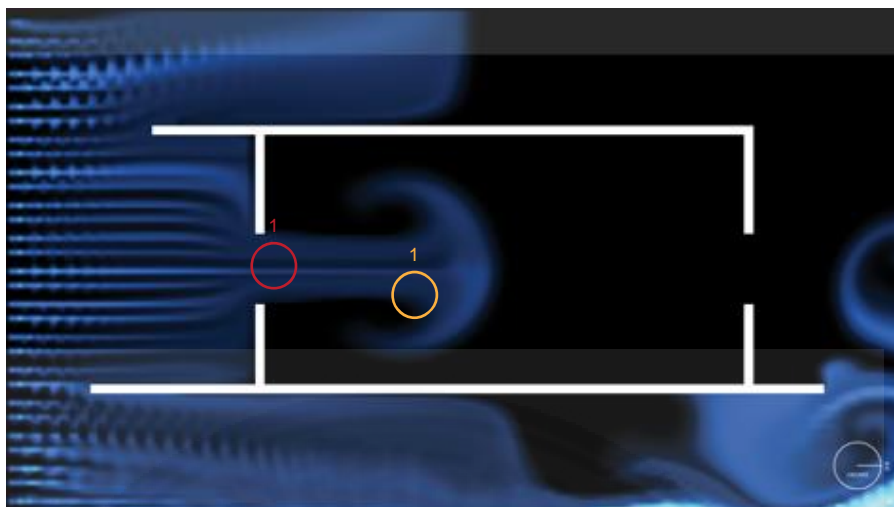
ความเร็วการไหลของมวลอากาศจะมากขึ้น การพัฒนาระบบต่อในอนาคตควรเพิ่มสมการของความสูงกับความเร็วการไหลของมวลอากาศภายในระบบเมื่อประมวลผลในลักษณะรูปด้านหรือรูปตัด

ประสิทธิภาพที่จะประเมินขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการไหลของมวลอากาศ เทียบกับโต๊ะจำลองของไหลจาก “*Arquitectura y climas. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*” (Victor Olgyay, 1998) โดยอ้างอิงจากค่าความเร็วการไหลของมวลอากาศเท่ากับ 2.0578 m/s ความหนาแน่นของมวลอากาศเท่ากับ 1.224 kg/m<sup>3</sup> และความดันเท่ากับ 2.6 Pa ขอบเขตของโต๊ะจำลองของไหลมีความกว้าง 74 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สัดส่วน 1 ต่อ 100 โดยเกณฑ์การวัดความคล้อยคลึงของทิศทางการไหลของมวลอากาศจากโต๊ะจำลองของไหลกับระบบ จะวัดโดยการเปรียบเทียบทิศทางของมวลอากาศหลังจากที่ผ่านช่องเปิดของอาคารแทนด้วยวงกลมสีเหลืองและปริมาณของมวลอากาศที่ผ่านจุดที่กำหนดแทนด้วยวงกลมสีแดง



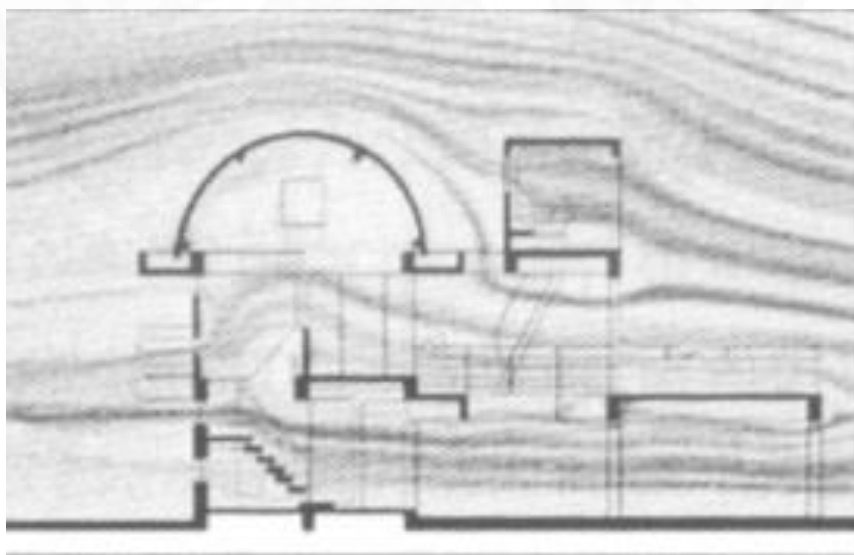
ภาพที่ 5.1 การวางผังกันแดดแบบผนังครึ่ง จาก <http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>,



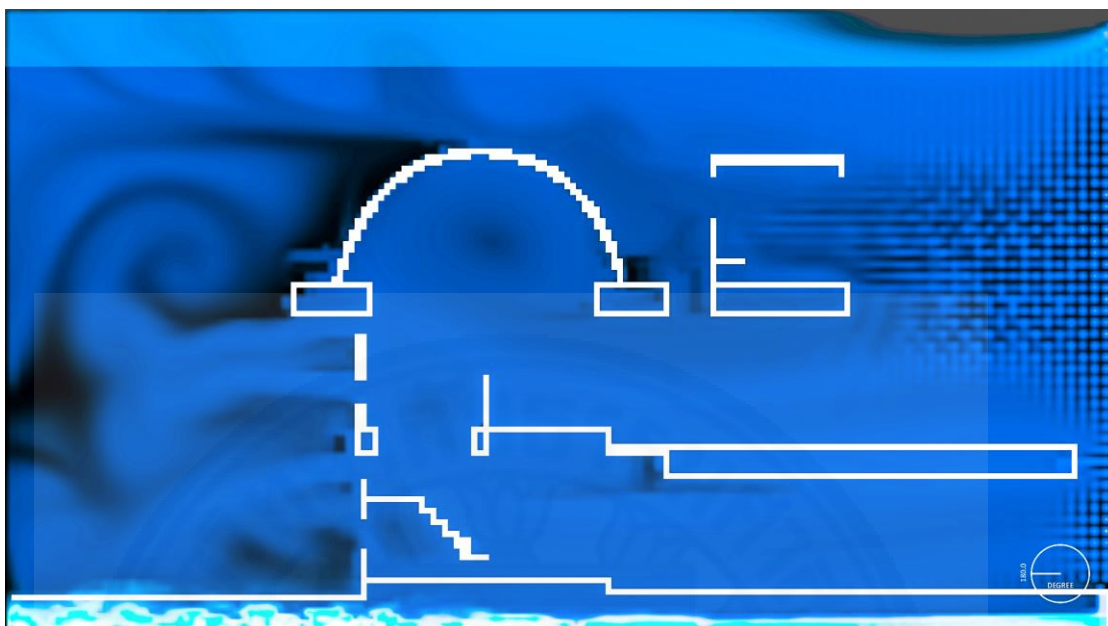


ภาพที่ 5.2 การวางผังกันแดดแบบผนังครึ่งโดยระบบ

จากจุดที่ 1 สีแดง จะสังเกตได้ว่าในโถ้ะจำลองของไหลมวลอากาศที่ผ่านช่องเปิด จะเคลื่อนที่ไปทางส่วนล่างของอาคาร แต่ในระบบทิศทางของมวลอากาศยังคงอยู่ในระดับกลาง จากจุดที่ 1 สีเหลือง จะสังเกตได้ว่าในโถ้ะจำลองของไหลมวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดจะไหลผ่านส่วนล่างของอาคาร แต่ในระบบมวลอากาศจากครึ่งส่วนบนยังดันมวลอากาศที่ผ่านช่องเปิดไม่มากพอทำให้มวลอากาศยังคงอยู่ในระดับกลางมากกว่าระดับล่าง



ภาพที่ 5.3 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยโถ้ะน้ำในรูปตัดของอาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น จาก มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 165.



ภาพที่ 5.4 การจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศโดยระบบในรูปตัดของอาคาร

จากรูปตัดของอาคารดังกล่าวพบว่าเมื่อมีความแตกต่างของความสูงตั้งแต่พื้นดินถึงชั้นสูงสุดมากจะยิ่งทำให้การเคลื่อนที่ของมวลอากาศมีความผิดพลาดสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วในระดับความสูงต่าง ๆ ไม่เท่ากัน

5. เนื่องจากการใช้ระบบในคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนที่มีประสิทธิภาพของ CPU (Central Processing Unit) ต่ำจะทำให้ระบบประมวลผลช้า การประมวลผลโดยชุดคำสั่ง `diewald_fluid` ภายในระบบ จะใช้ CPU ในการประมวลผลซึ่ง ถ้าเปลี่ยนไปใช้ GPU (Graphic Processing Unit) ประมวลผลจะช่วยทำให้ อัตราการเปลี่ยนของจำนวนเฟรม (Framerate) มากยิ่งขึ้น เพราะประมวลผลได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ สมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ประมวลผลได้เร็วมากขึ้น ช่วยลดระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศได้

6. เนื่องจากระยะทางจากแหล่งกำเนิดของมวลอากาศกับอาคารมีผลต่อทิศทางการไหลของมวลอากาศ, ผนังในอาคารความหนาไม่เท่ากัน และถ้าผนังอาคารบางเกินไปการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศภายในระบบจะมีมวลอากาศสามารถผ่านผนังไปได้บางส่วน และทิศทางของลมในประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลามีทิศทางที่แน่นอน ในส่วนแสดงผลควรเพิ่มฟังก์ชัน ย่อ (Zoom out) หรือขยาย (Zoom in) ภาพร่างทางสถาปัตยกรรมที่ตรวจจับได้, การเพิ่มหรือลดความหนาเส้นที่ระบบตรวจจับได้ (เบื้องต้นสามารถแก้ไขได้โดยวาดเส้นผนังในกระดาดให้หนาขึ้น), การ

ปรับทิศทางการไหลของมวลอากาศตามทิศทางของลมในประเทศไทย และเพิ่มการแสดงผลของเวลาเมื่อเข้าสู่กระบวนการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

7. ระบบสามารถใช้ได้ในแพลตฟอร์ม วินโดว์ แอนดรอยด์ แมคโอเอส เท่านั้น สำหรับระบบปฏิบัติการอื่น อาทิ ไอโอเอส ลินุกซ์ เป็นต้น ยังไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจาก เครื่องมือที่ใช้สร้างระบบยังไม่รองรับในการสร้างโปรแกรมในแพลตฟอร์มอื่น ๆ ในอนาคตควรทำให้พัฒนาในระบบปฏิบัติการดังกล่าวได้ รวมถึงทำให้พัฒนาให้ใช้งานผ่านเบราว์เซอร์ได้ด้วย เนื่องจากสามารถเข้าได้หลากหลายแพลตฟอร์ม และสามารถเก็บเป็นฐานข้อมูลได้

8. เนื่องจากระบบในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ยังค่อนข้างทำงานช้ากว่าระบบปฏิบัติการวินโดว์ที่มีประสิทธิภาพของ Hardware ใกล้เคียงกัน เป็นเพราะการ Export ของเครื่องมือ Processing ที่แปลงจากไฟล์ Java บนวินโดว์เป็นแอปพลิเคชันในแอนดรอยด์ ทำให้ระบบประมวลผลช้าลง ดังนั้นถ้าเครื่องมือ Processing สามารถ Export จากไฟล์ Java บนวินโดว์เป็นแอนดรอยด์ได้โดยไม่ลดประสิทธิภาพในการประมวลผลได้ จะทำให้การใช้ระบบในแอนดรอยด์เป็นไปอย่างรวดเร็วมากขึ้น

## รายการอ้างอิง

### บทความวารสาร

Anil K. Jain. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall Inc. New Jersey: USA, 1-92.

Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods. (1992). *Digital Image Processing*. Addison Wesley, 1-28.

มาลินี ศรีสุวรรณ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 17, 152-168.

### วิทยานิพนธ์

กฤษณพงศ์ ทองศรี, อรรถจน์ เศรษฐบุต, ธนิต จินดาวณิก. (2549). การศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้พื้นที่ภายนอกอาคารกรณีศึกษาโรงพยาบาลศิริราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

ธนิต จินดาวณิก. (2552). สถาปัตยกรรมไทยกับการปรับเย็นตามธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

วิโรจน์ บุญญภิญโญ. (2556). อุโมงค์ลม เพื่อทดสอบแรงลมสำหรับออกแบบอาคารสูงและสะพานยาว. (การศึกษาค้นคว้าอิสระ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ธนิต จินดาวณิก. (13 ธันวาคม 2558). สถาปัตยกรรมไทยกับการปรับเย็นตามธรรมชาติ. เข้าถึงได้จาก <http://antiquearchitecture.iqetweb.com/articles/379290/สถาปัตยกรรมไทยกับการปรับเย็นตามธรรมชาติ%20.html>

บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. (15 ธันวาคม 2558). ห้องอะไร อยู่ทิศไหน ..... ถึงจะดี?. เข้าถึงได้จาก <http://thinkofliving.com/2012/12/07/อยู่ทิศไหนถึงจะดี>

บริษัท แอปพลิแคด จำกัด. (20 ธันวาคม 2558). แนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Thinking). เข้าถึงได้จาก

- <http://www.applicadthai.com/business/art-inspire/แนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม-architectural-thinking>
- มูลนิธิวิกิมีเดีย. สารานุกรมออนไลน์. (22 ธันวาคม 2558). *Pixel*. เข้าถึงได้จาก <https://en.wikipedia.org/wiki/Pixel>
- รัฐพงษ์ บุญอ้อม. (23 ธันวาคม 2558). *ภาพ raster/vector*. เข้าถึงได้จาก <http://rattapong01.blogspot.com/2013/05/rastervector.html>
- ชุตินันท์ โนพันธ์. (23 ธันวาคม 2558). *Autodesk Ecotect Analysis*. เข้าถึงได้จาก <http://www.twoplussoft.com/Autodesk+Ecotect+Analysis/index.html>
- มูลนิธิวิกิมีเดีย. สารานุกรมออนไลน์. (25 ธันวาคม 2558). *พลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา*. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/พลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา>
- Thomas Diewald. (28 ธันวาคม 2558). *diewald\_CV\_kit*. เข้าถึงได้จาก [http://thomasdiewald.com/processing/libraries/diewald\\_CV\\_kit/](http://thomasdiewald.com/processing/libraries/diewald_CV_kit/)
- Thomas Diewald. (29 ธันวาคม 2558). *Processing Library – Fluid Simulation*. เข้าถึงได้จาก <http://thomasdiewald.com/blog/?p=95>
- Tokyo Polytechnic University. (29 มิถุนายน 2559). *CFD simulation of flow field around and within a cross-ventilated building*. เข้าถึงได้จาก [http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info\\_center/ventilation/CFD\\_1Main.html](http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/info_center/ventilation/CFD_1Main.html)
- Victor Olgyay. (29 มิถุนายน 2559). *Arquitectura y climas. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. เข้าถึงได้จาก <http://www.moondoreyes.com/M4.34.html>
- Archdaily. (6 กรกฎาคม 2559). *The Computer vs The Hand In Architectural Drawing: ArchDaily Readers Respond*. เข้าถึงได้จาก <http://www.archdaily.com/627654/the-computer-vs-the-hand-in-architectural-drawing-archdaily-readers-respond>



ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## แบบประเมินความพึงพอใจในระบบ



THAMMASAT  
DESIGN SCHOOL

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University

อาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

12121 โทรศัพท์: +66 (0) 2986 9434, +66 (0) 2986 9605-6 โทรสาร: +66 (0) 2986 8067 เว็บไซต์: <http://www.tds.tu.ac.th>

แบบสอบถามความพึงพอใจในระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศขั้นต้นจาก  
ภาพร่างทางสถาปัตยกรรม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน  หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง ตรงตามความเป็นจริง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1.1 เพศ  ชาย  หญิง

1.2 สถานภาพ  สถาปนิก  นักศึกษา

1.3 ประสบการณ์การใช้โปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics).....ปี

## ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพโปรแกรม

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านเพียงระดับเดียว

ประสิทธิภาพด้านการใช้งาน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
<b>ฟังก์ชันการประมวลผลจากภาพ (Image Processing)</b>					
<b>ประสิทธิภาพในการแสดงผล</b>					
1. ผู้ใช้สามารถเข้าการเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆได้ง่าย					
2. หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย					
3. ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
4. ระบบประมวลผลภาพได้แม่นยำ					
<b>ฟังก์ชันการจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ (Airflow Simulation)</b>					
<b>ประสิทธิภาพในการแสดงผล</b>					
1. ผู้ใช้สามารถเข้าการเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆได้ง่าย					
2. หน้าจอแสดงผลของระบบสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย					
3. ขั้นตอนการใช้งานของระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
4. ระบบจำลองลมมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....



## ภาคผนวก ข

### สคริปการทำงานของระบบประมวลผลจากภาพ

#### 1. การเรียกใช้ Library

```
// get a list of all the blobs
ArrayList<Blob> blob_list = blob_detector.getBlobs();

// iterate through the blob_list
for (int blob_idx = 0; blob_idx < blob_list.size(); blob_idx++ ) {

    // get the current blob from the blob-list
    Blob blob = blob_list.get(blob_idx);

    // get the list of all the contours from the current blob
    ArrayList<Contour> contour_list = blob.getContours();

    // iterate through the contour_list
    for (int contour_idx = 0; contour_idx < contour_list.size(); contour_idx++ ) {
```

#### 2. การสร้างกล่องแสดงการตรวจจับ Contour

```
// handle the first contour (outer contour = contour_idx == 0) different to the inner contours
if ( contour_idx == 0 ) {

    // draw the boundingbox and blob-id as text
    if ( draw_blobs_boundingbox ) {
        drawBoundingBox(bb, color(0, 200, 200), 1);
        fill(0, 200, 200);
        text("blob["+blob_idx+"]", bb.xMin(), bb.yMin()- textDescent()*2);
    }
}
```

#### 3. การแสดงผล Contour

```
// draw the contour
drawContour(contour.getPixels(), color(255, 0, 0), color(255, 0, 255, 100), draw_filled_blobs, 1);
```

#### 4. การปรับค่าความสว่างที่ตรวจจับ

```
public final boolean isBLOBable(int pixel_index, int x, int y) {
    if ( PixelColor.brightess(img_.pixels[pixel_index]) < detect_intensity){
        return true;
    } else {
        return false;
    }
}
```

## ภาคผนวก ค

### สคริปการส่งค่าตำแหน่งจากระบบประมวลผลจากภาพไประบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

#### 1. ฟังก์ชันในการสร้าง Contour และส่งค่าตำแหน่งไปยัง ฟังก์ชันในการสร้างสิ่งกีดขวาง

```
// draw contour
public void drawContour(ArrayList<Pixel> pixel_list, int stroke_color, int fill_color, boolean fill, float stroke_weight) {
    if ( !fill)
        noFill();
    else
        fill(fill_color);
    stroke(stroke_color);
    strokeWeight(stroke_weight);
    beginShape();
    for (int idx = 0; idx < pixel_list.size(); idx++) {
        Pixel p = pixel_list.get(idx);
        vertex(p.x_, p.y_);
        X = p.x_;
        Y = p.y_;
        if (start == 0 || checkreset == 2) {
            fluidInfluence2(fluid);
        }
    }
    endShape();
}
```

#### 2. ฟังก์ชันในการสร้างสิ่งกีดขวางโดยการรับค่าตำแหน่งของฟังก์ชันในการสร้าง Contour

```
public void fluidInfluence2( Fluid2D fluid2d ) {
    if (mousePressed && !(keyPressed)) { // Add Obs
        if ( edit_quader) {
            int quader_size = 2;
            int xpos = (int)(X/(float)cell_size) - quader_size/2;
            int ypos = (int)(Y/(float)cell_size) - quader_size/2;
            addObject(fluid2d, xpos, ypos, quader_size, quader_size, 0);
        } else {
            setDens(fluid2d, mouseX, mouseY, 5, 5, 2, 2, 2);
        }
    }
}
```

## ภาคผนวก ง

## สคริปการทำงานของระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศ

## 1. การปรับค่าตัวแปรใน Library diwald\_fluid

```

fluid_tmp.setParam_Timestep ( 0.05 );
fluid_tmp.setParam_Iterations( 50 );
fluid_tmp.setParam_IterationsDiffuse(1);
fluid_tmp.setParam_Viscosity ( 0.0000010000f );
fluid_tmp.setParam_Diffusion ( 0.00000001f );
fluid_tmp.setParam_Vorticity ( 0 );
fluid_tmp.processDensityMap ( true );
fluid_tmp.processDiffusion ( true );
fluid_tmp.processViscosity ( true );
fluid_tmp.processVorticity ( true );
fluid_tmp.processDensityMap ( true );
fluid_tmp.setObjectsColor (1, 1, 1, 1);
return fluid_tmp;

```

## 2. การสร้างแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ

```

for (int y = 0; y <= height; y+=35*emitternum) {
    setDens(fluid, 1*cell_size, y, 1, 1, .2f, .5f, 1);
    setVel(fluid, 1*cell_size, y, 10, 10, rx, ry);
}

```

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายภัคพล แจ้เจนกิจ
วันเดือนปีเกิด	25 พฤศจิกายน พ.ศ.2535
ตำแหน่ง	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## ผลงานทางวิชาการ

ภัคพล แจ้เจนกิจ, และ ชาวี บุษยรัตน์, (กรกฎาคม 2559). ระบบจำลองสถานการณ์การไหลของมวลอากาศจากภาพร่างทางสถาปัตยกรรม. งานประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference ครั้งที่ 7 ประจำปี 2559 (BERRAC 7, 2016), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี