



แบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์

โดย

นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์

โดย

นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



Large-scale Flood Simulation using Multi-agent Framework

BY

Ms. Suvalak Vijitpornkul



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF SCIENCE PROGRAM IN
COMPUTER SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล

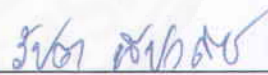
เรื่อง

แบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.รัชต พิชวณิชย์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(ดร.วรวรรณ ดีอ้อ การ์บาย (มะเรียงสิทธิ์))

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.วสิศ ลิ้มประเสริฐ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.ศิริพร กมลธรรม)

คณบดี



(รศ.ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.วรวรรณ ดีอัช การ์บาย(มะเร็งสิทธิ์)
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

เมื่อเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติการอพยพกลุ่มคนจำนวนมากไปสู่ที่ปลอดภัยได้สำเร็จทันกาลนั้นขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้แผน อพยพที่เหมาะสมต่อสถานการณ์ ดังนั้น การเตรียม แผนอพยพที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของมวลชนในหลายรูปแบบ ที่ผ่านมามีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคนิคการสร้าง ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์ สำหรับวิเคราะห์หารูปแบบ การเคลื่อนที่ของมวลชนเมื่อเกิดเหตุ ฉุกเฉิน พบว่าเทคนิคดังกล่าวทำให้สามารถจำลองพื้นที่ประสบภัยที่ครอบคลุมบริเวณเมืองขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีระบบ จำลองที่สามารถใช้ศึกษา การเคลื่อนที่ของ มวลชนเพื่ออพยพจาก ภัยพิบัติที่ครอบคลุมพื้นที่หลายเมือง ดังเช่น การอพยพเมื่อเกิดเหตุมหาอุทกภัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบจำลองดังกล่าว การ วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน สามขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนแรก ระบบจำลองแบบหลายเอเจนต์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นโมเดลแบบลำดับขั้นเพื่อใช้จำลองการเกิดอุทกภัยโดยแต่ละลำดับขั้นเป็นการแสดงพื้นที่ประสบภัยซึ่งสร้างจาก ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ขั้น ตอนที่สองได้แก่การผนวกโมเดลทางคณิตศาสตร์เข้ากับระบบจำลอง เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของมวลชนอย่างเสมือนจริงไปตามถนนขั้น ตอนที่สาม เป็นการวัดและประเมินประสิทธิภาพของระบบจำลองดังกล่าวด้วยการทำการทดลองนำระบบจำลองไป ประมวลผล บนเซิร์ฟเวอร์บนการคำนวณแบบกลุ่ม เมฆส่วนตัว การทดลองครอบคลุม สอง กรณีศึกษาที่ ทั้งสองกรณีศึกษานั้น แสดงการเคลื่อนที่ของเอเจนต์มวลชน ผู้ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในหลายบริเวณ ระบบจำลองครอบคลุมพื้นที่ ประเทศไทย ทั้งประเทศ และ สามารถแสดงการเคลื่อนที่ของมวลชนเป็นภาพเคลื่อนไหวสองมิติ ผลลัพธ์จากการจำลองแสดงสถานะของเอเจนต์และจำนวนของเอเจนต์ที่ต้องการ อพยพไปยังศูนย์พักพิงของผู้ประสบภัยระบบ จำลอง

(2)

สามารถแสดงเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในหนึ่งวัน โดยใช้เวลาในการประมวลผล 4-9 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของน้ำท่วมและจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก

คำสำคัญ: ปัญหาประติษฐ์แบบกระจาย, ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์, การจำลองภัยพิบัติ, การเคลื่อนที่ของกลุ่มคน, การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ



Thesis Title	Large-scale Flood Simulation using Multi-agent Framework
Author	Ms. Suvalak Vijitpornkul
Degree	Master of Science Program In Computer Science
Major Field/Faculty/University	Department of Computer Science Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Dr.Worawan Diaz Carballo (Marurngsith)
Academic Years	2015

ABSTRACT

Crowd movement during natural disasters and major accidents can affect the success of evacuation procedure. Thus to develop an effective evacuation plan, a wide-range of scenarios causing different routes and patterns of crowd movement should be considered. Recent researches in agent-based simulation have achieved techniques to simulate crowd movement in emergency scenarios at city scale. However, simulating crowd movement at a macroscopic level for disasters which might affect several cities, like large-scale flood, is still a challenge. This paper addresses this issue and makes three contributions. First, the development of an agent-based layered model to simulate large-scale flood using GIS is demonstrated. Second, the simulation of crowd agents' movement on available roads is presented. Third, the preliminary experiments running on private Cloud server is reported. The experiments cover two case studies illustrating the movement of crowd agents around Thailand while several parts of the country have been inundated. The 2D animation depicts the movement of crowd; and the simulation results show the status of the agents and the amount of individuals which required shelters. To simulate one day events, the simulator took 4-9 hours execution time depending on the severity of floods and available facilities.

Keywords: Distributed Artificial Intelligence; Multi-agent Systems; Disaster Simulation; Crowd Movement; Cloud Computing



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านซึ่งไม่อาจจะนำมา
กล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่ขอขอบพระคุณคือ ดร.วรวรรณ ดีอัช การ์บาโย(มะเร็งสิทธิ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน
เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.สิริพร กมลธรรม ที่ เอื้อเพื่อ
ข้อมูลสำคัญอันเป็นประโยชน์และส่งผลให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ดร.รัชต พิษวนิชน์
และ ดร.วสิศ ลิ้มประเสริฐ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์สำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและมุมมองที่
หลากหลายของงานวิจัย เพื่อให้งานวิจัยกลายเป็นผลงานที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณเพื่อนๆ
คณะวิทยาศาสตร์วิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจจนงานเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ช่วยเหลือ
สถานที่และอำนวยความสะดวกในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณพ่อวิฑูร วิจิตรพรกุล และคุณแม่เบญจพรวิจิตรพรกุล ที่อยู่เบื้องหลัง
ในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล

สารบัญ

หน้า	
บทคัดย่อ	1
สารบัญตาราง.....	9
สารบัญภาพ	10
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างโมเดล	4
1.2.2 เพื่อจัดการแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ (Vector GIS data files)	5
1.2.3 เพื่อสร้างระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่.....	5
1.2.4 เพื่อวัดผลระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่	5
1.3 ขอบเขตโครงการและผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ระบบจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับข้อมูลสารสนเทศ (Simulating Geographical System)..	6
2.1.1 โมเดลแบบเซลลูลาร์ (Cellular Automata Model).....	6
2.1.2 โมเดลสำหรับระบบจำลองคอมพิวเตอร์ระดับจุลภาค (Microsimulation Model).....	6
2.1.3 โมเดลสำหรับระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์ (Agent Simulation Model).....	6
2.2 ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System)	9
2.2.1 ประเภทข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	9
2.2.2 ลักษณะข้อมูลระบบสารสนเทศ.....	10
2.3 จีโอเมสัน (GeoMASON).....	11

2.3.1	สถาปัตยกรรมของจีโอเมสัน	11
2.4	กฎการเคลื่อนที่ของฝูงชน (Crowd Behavior & Simulation)	13
2.4.1	ทฤษฎีพฤติกรรมของฝูงชนในสถานการณ์ฉุกเฉิน	13
2.4.2	ระบบจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชน	14
2.5	ระบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วม	18
2.5.1	ISIS	18
2.5.2	MIKE 11	18
2.5.3	HEC-RAS	19
2.6	ระบบปฏิบัติการเฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลากในประเทศไทย	19
2.6.1	การวัดค่าปริมาณน้ำเพื่อแจ้งเตือนภัยสามารถทำได้สองวิธี	20
2.6.2	ขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัย	20
2.7	ระบบติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย	21
บทที่ 3	วิธีการวิจัย	22
3.1	ระเบียบวิธีในการดำเนินการวิจัย	22
3.2	ศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	23
3.3	ศึกษาเทคโนโลยี เทคนิค และการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลอง	28
3.4	ศึกษาและเตรียมแฟ้มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์	28
3.4.1	ศึกษาแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์	28
3.4.2	การเตรียมแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์	33
3.5	การเตรียมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก	35
3.6	โครงสร้างของระบบจำลอง	37
3.7	แนวคิดการออกแบบระบบจำลอง	39
3.8	สิ่งอำนวยความสะดวก	41
3.9	การเคลื่อนที่และกำหนดการ	42

3.9.1 การเลือกเส้นทาง.....	43
3.9.2 เปลี่ยนเป้าหมาย	43
3.9.3 ความเร่งในการเคลื่อนที่	44
3.9.4 แรงเร่งและค่าผกผัน	44
3.10 การแสดงผล.....	46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	57
4.1 ผลการทดลอง	57
4.1.1 การทดสอบที่หนึ่ง	58
4.1.2 การทดสอบที่สอง.....	60
4.2 อภิปรายผลการทดลอง.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต	65
รายการอ้างอิง	66
ประวัติผู้เขียน.....	69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตาราง 1 รูปแบบของเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทย และระดับความเสี่ยง [1]	2
ตาราง 2 ตัวอย่างคุณสมบัติของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย	29
ตาราง 3 ตัวอย่างคุณสมบัติของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย	30
ตาราง 4 ตัวอย่างคุณสมบัติของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย	31
ตาราง 5 ข้อมูลรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวกในไฟล์ ascii_util_1.txt	36
ตาราง 6 ข้อมูลรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวกในไฟล์ ascii_util_2.txt	36
ตาราง 8 คุณสมบัติของคลาส Victim.....	40
ตาราง 9 ประสิทธิภาพของเวลาจำลองในระบบหนึ่งวัน	58
ตาราง 10 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปรียบเทียบโมเดล v และโมเดล H.....	62

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

รูป 1 การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเครื่องมือจำลองเพื่อเผชิญอุทกภัยในปี พ.ศ.2554[15] ...	3
รูป 2 การใช้ระบบจีโอเมสันร่วมกับการโมเดลแบบหลายเอเจนต์เพื่อทำนายการระบาดของเชื้ออหิวาต์ ตกโรค [16].....	4
รูป 3ก) แผนที่ทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบของ (ข) กริด , (ค) ข้อมูลภูมิศาสตร์แบบ เวกเตอร์และ (ง) เครือข่าย [11].....	8
รูป 4 โครงสร้างและการเชื่อมโยงถึงกันของสถาปัตยกรรมของจีโอเมสัน[12]	12
รูป 5 องค์ประกอบของโมเดลบอยด์[13]	16
รูป 6 การติดขัดและการโค้ง (Clogging and Arching) [13].....	17
รูป 7 การสร้างช่องทาง (Lane Formation).....	17
รูป 8 พฤติกรรมการแข่งขัน (Competitive Behavior)	18
รูป 9 เว็บไซต์ระบบฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลากในประเทศไทย [14]	19
รูป 10 ขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัย[14]	20
รูป 11 เว็บไซต์ระบบติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย [15].....	21
รูป 12 โครงสร้างระบบจำลองพิวดอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อการศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์ .	24
รูป 13 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นโครงสร้างถนน.....	24
รูป 14 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นพื้นที่แคมป์	25
รูป 15แสดงผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นสิ่งอำนวยความสะดวก	25
รูป 16 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นผู้ลี้ภัย	26
รูป 17 ผลลัพธ์การรันข้อมูลรวมทั้ง 4 ชั้นพร้อมกัน.....	27
รูป 18 ผลลัพธ์การรันข้อมูลรวมทั้ง 4 ชั้นพร้อมกันแบบขยายรายละเอียด.....	27
รูป 19 ข้อมูลวิกฤตการณ์น้ำท่วมประเทศไทยปีพ.ศ. 2554 แยกตามลำดับชั้นข้อมูล [17]	28
รูป 20 เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย	29

รูป 21	เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย	31
รูป 22	เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย	32
รูป 23	การซ้อนทับของเพิ่มข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์	32
รูป 24	การแปลงเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์ ของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย	33
รูป 25	การแปลงเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์ ของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย	34
รูป 26	การแปลงเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์ ของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย	34
รูป 27	ตัวอย่างการแปลงเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของราสเตอร์ไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบแอสกีไฟล์ ของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย .	35
รูป 28	โครงสร้างของระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่	37
รูป 29	UML Diagram ของระบบ	39
รูป 30	คุณสมบัติของคลาส TimeManager	41
รูป 31	หน้าจอโดยรวมของระบบจำลองทิวเอฟเอส	46
รูป 32	ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - About	47
รูป 33	ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - Console	47
รูป 34	ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - Displays	48
รูป 35	หน้าจอการซ้อนทับของทุกชั้นข้อมูลในระบบ	49
รูป 36	ตัวเลือกชั้นข้อมูลต่างๆในระบบ	49
รูป 37	ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่แสดงพื้นที่ภูมิภาคของประเทศไทย	50
รูป 38	ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่ถนนทางหลวงในประเทศไทย	50
รูป 39	ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่ทางชลประทานในประเทศไทย	51
รูป 40	ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก	51
รูป 41	ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลเอเจนต์ผู้ประสบภัย	52

รูป 42 หน้าจอบอกปริมาณเอเจนต์ผู้ประสพภัยที่อยู่ในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ	52
รูป 43 หน้าจอบอกปริมาณเอเจนต์ผู้ประสพภัยในช่วงอายุต่างๆ.....	53
รูป 44 หน้าจอแสดงขนาดของครอบครัวในระบบ	53
รูป 45 หน้าจอจำนวนเอเจนต์ผู้ประสพภัยที่สถานะทางสุขภาพต่างๆ	53
รูป 46 หน้าจอจำนวนเอเจนต์ผู้ประสพภัยที่อพยพไปยังที่พักผู้ประสพภัย	54
รูป 47 หน้าจอเวลาในระบบจำลอง	54
รูป 48 หน้าจอข้อมูลการติดตามสถานะของวัตถุที่อยู่ในระบบ	55
รูป 49 หน้าจอข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบ.....	56
รูป 50 การเคลื่อนที่ของกลุ่มคนเพื่อยังเป้าหมาย	57
รูป 51 ความเร็วในการประมวลผลของเวลาจำลองระบบของวันที่สองและวันที่สามเปรียบเทียบทั้งสี่รูปแบบ.....	58
รูป 52 ร้อยละของผู้ประสพภัยในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆตั้งแต่วันที่หนึ่งถึงสามของเหตุการณ์น้ำท่วม.....	60
รูป 53 จำนวนหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ตามสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆของวันที่สามในเหตุการณ์น้ำท่วม	61
รูป 54 อัตราส่วนของเวลาจำลองในระบบ/เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโมเดล H และ V โดยผลลัพธ์ของโมเดล H อยู่ด้านล่างและผลลัพธ์ของโมเดล V อยู่ด้านบน	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและปัญหา

การเตรียมรับเหตุฉุกเฉินขนาดใหญ่ เป็นขั้นตอนสำคัญในการลดความสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อต้องเผชิญเหตุ แผนเตรียมรับเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสมที่สุด (Optimal preparedness plan) ยังมีส่วนช่วยให้ลดเวลาในการฟื้นคืน และการป้องกันและบรรเทาผลกระทบในอนาคต แผนปฏิบัติการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติแห่งชาติ พ.ศ.2553 – 2562 [1] กำหนดนโยบายเพื่อจัดการเหตุฉุกเฉินทั้งสิ้น 12 ลักษณะ (ดังตารางที่ 1 ข้อ 1 – 12) หากจำแนกด้วยระบบคล้ายกับของสหราชอาณาจักร อาจจำแนกเป็นสี่ประเภท ภัยธรรมชาติ อุบัติเหตุ การถูกโจมตี และภัยทางการเมือง (ดังที่อ้างถึงใน [2]) เหตุฉุกเฉินที่ไม่ได้กล่าวถึงตารางแต่กล่าวในเนื้อหาของแผนปฏิบัติการลดความเสี่ยงฯ ได้แก่ สึนามิ และแผนระดับชาติเพื่อเตรียมรับการโจมตีแบบไซเบอร์ ซึ่งกำหนดขึ้นในปี 2556 [3] นั้น ยังไม่ได้ถูกวิจัยเพื่อระบุค่าน้ำหนัก ข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ไม่มีเหตุฉุกเฉินประเภทใดที่ประเทศไทยสามารถบริหารจัดการได้ในระดับดี และกึ่งหนึ่งมีการจัดการในระดับที่ไม่ดี จึงเกิดแผนปฏิบัติการฯ ดังกล่าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ เกิดการปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมของหลายหน่วยงาน ในหลายระดับ [4-6] แต่อย่างไรก็ตาม ความเสียหายจาก การเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี พ.ศ.2554 ที่แม้ว่ามีระบบแจ้งเตือนภัย แต่ยังคงไม่มีระบบการลำเลียงปัจจัยช่วยเหลือ หรือปัจจัยการตัดสินใจอพยพที่มีประสิทธิภาพ เป็นเหตุฉุกเฉินที่มีความรุนแรงสูงแต่ยังคงบริหารจัดการได้ในระดับปานกลาง จึงแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการเตรียมพร้อมที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยใช้เครื่องมือช่วยในการเตรียมการ การเกิดอุทกภัย หรือภัยธรรมชาติมักส่งผลกระทบต่อพื้นที่ภูมิศาสตร์ในเชิงกว้าง (Spatial Geography) จึงจำเป็นต้องเตรียมพร้อมจากข้อมูลทางภูมิศาสตร์ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน จากอุทกภัย จึงจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาต่อยอด

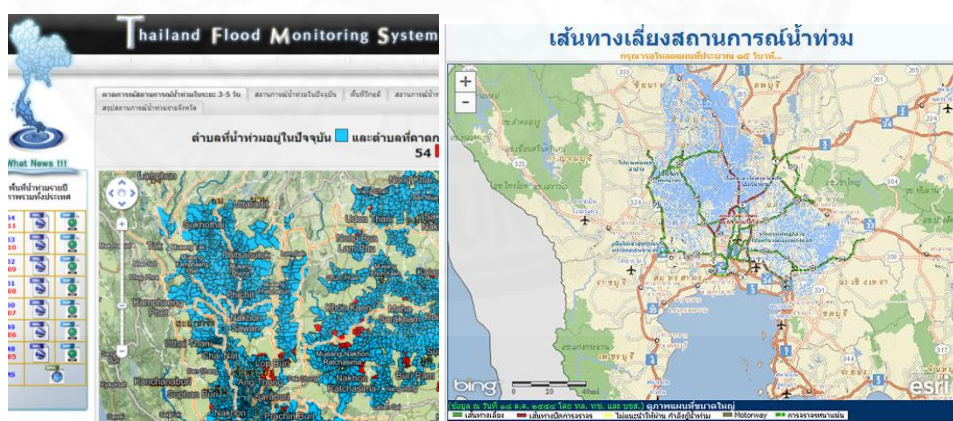
ตาราง 1 รูปแบบของเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทย และระดับความเสี่ยง [1]

เหตุฉุกเฉิน	ระดับของความ/การ					ประเภท
	รุนแรง	ล่อแหลม	บริหารจัดการ	เสี่ยง	Wg	
1. อุทกภัย	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	2.39	ภัยธรรมชาติ
2. อุบัติเหตุ	สูง	ปานกลาง	ไม่ดี	สูง	2.37	อุบัติเหตุ
3. วัตถุระเบิด	สูง	ปานกลาง	ไม่ดี	สูง	2.34	การถูกโจมตี
4. พายุไต้ฝุ่นและพายุหมุน	สูง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	2.31	ภัยธรรมชาติ
5. ภัยแล้ง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	2.24	ภัยธรรมชาติ
6. อัคคีภัย	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	2.2	อุบัติเหตุ
7. โคลนถล่ม	ปานกลาง	ต่ำ	ไม่ดี	ปานกลาง	2.15	ภัยธรรมชาติ
8. แผ่นดินไหว	ต่ำ	ต่ำ	ไม่ดี	ปานกลาง	1.97	ภัยธรรมชาติ
9. สังคมไม่สงบ	ต่ำ	ต่ำ	ไม่ดี	ปานกลาง	1.87	ภัยการเมือง
10. โรคพืช	ปานกลาง	ต่ำ	ไม่ดี	ปานกลาง	1.77	ภัยธรรมชาติ
11. โรคระบาดมนุษย์	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	1.63	ภัยธรรมชาติ
12. การอพยพเข้าของผู้ลี้ภัย	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	0	ภัยการเมือง
13. การโจมตีทางไซเบอร์						การถูกโจมตี
14. สึนามิ	เพิ่มเติมจากเหตุการณ์ที่ระบุใน[1]					ภัยธรรมชาติ

ในทศวรรษที่ผ่านมา ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ช่วยวางแผนและตัดสินใจในการจัดการเหตุฉุกเฉินขนาดใหญ่ กล่าวคือ เหตุฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร หรือมีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตมากกว่า 100 คน ดังที่อ้างถึงในบทความทบทวนวรรณกรรมทางด้านการประยุกต์ใช้ระบบจำลองคอมพิวเตอร์ ในการเผชิญเหตุฉุกเฉินขนาดใหญ่ [2] ระบบจำลองคอมพิวเตอร์มักจะใช้เพื่อหาวิธีการรับสถานการณ์ และใช้ทดสอบขั้นตอนวิธีเพื่อเตรียมรับมือเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากระบบจำลองคอมพิวเตอร์ 12 ระบบที่จำลองสถานการณ์ฉุกเฉินทั่วโลก ที่กล่าวถึงใน [2] ได้แก่ ไวเปอร์และแดดส์ (WIPER/DADS) จำลองพายุเฮอริเคน, เอพิซิมเอส (EpiSims) และ ไอแมมซีอาร์ (IMAMCR) จำลองการระบาดของเชื้อโรคและไวรัส , แพลนซี (PLAN-C) จำลองการก่อการร้าย , อราวด์ (AROUND) จำลองการเกิดแผ่นดินไหวในเวียดนาม, โรบอคัพเรสคิว (RoboCup Rescue) จำลองการเกิดแผ่นดินไหวและสึนามิในญี่ปุ่น มีเพียงระบบซิมเจนิส (SimGenis) ของสหราชอาณาจักรเพียงระบบเดียวที่จำลองสถานการณ์ฉุกเฉินทั่วไป

แต่ยังไม่ครอบคลุมการสร้างแผนรับสถานการณ์ ส่วนในประเทศไทยมีการสร้างระบบจำลองในประเทศไทยเพื่อจำลองมหาสมุทร และสภาพแวดล้อมของประการัง เพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และมีการสร้างระบบจำลองทางภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจในระยะยาวจากอุทกภัยในปี พ.ศ.2554 [7] ในช่วงเกิดอุทกภัยมีการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ผู้ประสพภัยในการเผชิญต่อสถานการณ์ (รูปที่ 1) แต่ยังไม่มียระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ที่เผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเตรียมรับสถานการณ์ฉุกเฉิน เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินกลุ่มคนที่อยู่ในพื้นที่ภัยพิบัติจะเกิดภาวะตื่นตระหนกและเคลื่อนที่ตามสัญชาตญาณการเอาตัวรอด ก่อให้เกิดความสับสนวุ่นวายรวมถึงการควบคุมเป็นไปได้ยาก แผนเตรียมการอพยพเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินจึงมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยควบคุมสถานการณ์ความโกลาหล เมื่อกลุ่มคนที่อยู่ในพื้นที่ภัยพิบัติปฏิบัติตามแผนเตรียมการอพยพ จะส่งผลให้การเคลื่อนย้ายกลุ่มคนเป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีเป้าประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ที่จำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนในเหตุการณ์อุทกภัยระดับมหภาคชื่อ ทียูเอฟเอส(ระบบจำลองทียูเอฟเอส ย่อมาจาก Thammasat University's Flood Simulator) เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาซอฟต์แวร์สร้างแผนเตรียมรับเหตุฉุกเฉินชื่อ เลปซิม (LEPSim ย่อมาจาก Large-scale Emergency Preparedness Simulator) ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ทั้งสี่ประการดังที่กล่าวมา



(ก) การระบุบริเวณที่เกิดอุทกภัยแบบทันทีทันใด(ข) การใช้ระบบอาร์คซิมเพื่อช่วยระบุเส้นทางเสี่ยงน้ำท่วม
รูป 1 การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเครื่องมือจำลองเพื่อเผชิญอุทกภัยในปี พ.ศ.2554[15]

ระบบจำลองทียูเอฟเอส ถูกพัฒนาโดยใช้เฟรมเวิร์กของ จีไอเมสัน [12] ใช้ไลบรารีในการสร้างโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถใช้สร้างเป็นระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ ของสถานที่เกิดเหตุจริง จำลองเป็นสภาพแวดล้อมของ

เอเจนต์ เช่นเดียวกับวิจัยที่เผยแพร่ในเดือนกันยายน ปี พ.ศ.2557 ที่ผ่านมา [16] ที่นำระบบจีโอเมสัน มาจำลองเพื่อศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์ตกโรค (ดังรูปที่ 2)

ระบบจำลองที่ยูเอฟเอส จะใช้เอเจนต์เป็นตัวแทนกลุ่มคนหรือกลุ่มของบุคคลบน ภูมิภาคทั้งหกภูมิภาคที่ได้รับผลกระทบจากเหตุอุทกภัยและจำลองการเคลื่อนที่ไปตามถนนทั้งหมดในประเทศไทย



รูป 2 การใช้ระบบจีโอเมสันร่วมกับการโมเดลแบบหลายเอเจนต์เพื่อทำนายการระบาดของเชื้ออหิวาต์ตกโรค [16]

ผลจากการพัฒนางานวิจัยระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์ หรือ ระบบจำลองที่ยูเอฟเอสสามารถวัดประสิทธิภาพของระบบได้จากการทดลองสองกรณีศึกษาซึ่งการทดลองจะมีบางส่วนจำลองการเคลื่อนที่ไปบนเส้นทางถนน และอีกส่วนหนึ่งถูกน้ำท่วม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างโมเดล

ออกแบบและสร้างโมเดลของเอเจนต์ (Agents) สภาพแวดล้อม (Environment) การปฏิสัมพันธ์ (Interaction) และสรุปพารามิเตอร์ (Parameter) ในการจำลองเหตุอุทกภัย ด้วยระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการเกิดอุทกภัยในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - ปัจจุบันซึ่งมีขนาดใหญ่ ได้แก่ เหตุอุทกภัยที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 10 ตารางกิโลเมตร หรือมีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตมากกว่า 100 คน

1.2.2 เพื่อจัดการเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ (Vector GIS data files)

จัดการข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบมาตรฐานที่ไลบรารีจีโอเอสัน (GeoMASON) รองรับ เพื่อจำลองสภาพภูมิศาสตร์ที่เคยเกิดอุทกภัยขึ้นในประเทศไทย

1.2.3 เพื่อสร้างระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่

โดยใช้เฟรมเวิร์กเมสันและจีโอเมสันสร้างระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่ที่อ้างอิงอยู่บนสถานที่จริงของเหตุการณ์ ในรูปแบบของเพิ่มข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์

1.2.4 เพื่อวัดผลระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่

วัดประสิทธิภาพของระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่จากการทดลองสองชุดที่จำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนในรูปแบบสองมิติ

1.3 ขอบเขตโครงการและผลที่คาดว่าจะได้รับ

สร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์สำหรับแผนเตรียมรับสถานการณ์อุทกภัยโดยใช้ขอบเขตของประเทศไทยที่มีขนาดพื้นที่ครอบคลุม 513,120 ตารางกิโลเมตรเป็นกรณีศึกษา และใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์จำลองเป็นสภาพแวดล้อมของเอเจนต์ได้แก่ ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แสดงขอบเขตภูมิภาคประเทศไทย ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แสดง ถนนทางหลวงในประเทศไทย ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แสดง พื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) สามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้ต่อยอดในการพัฒนาซอฟต์แวร์เลปซิม
- (2) ได้เรียนรู้โครงสร้างการทำงานของเฟรมเวิร์กเมสันและจีโอเมสัน
- (3) ได้ศึกษาและจัดการกับข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ให้เหมาะสมกับงานวิจัย
- (4) ได้ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ที่มีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับข้อมูลสารสนเทศ (Simulating Geographical System)

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับข้อมูลสารสนเทศ คือระบบจำลองพฤติกรรม การเคลื่อนที่ เคลื่อนไหว การไหลเวียนของวัตถุโดยอาศัยการอ้างอิงการจำลองอยู่บนข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งเป็นเรื่องยากในการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ให้ออกมาในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โมเดลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์มีอยู่หลากหลาย ตามลักษณะงานที่ต้องการจำลอง

2.1.1 โมเดลแบบเซลลูลาร์ (Cellular Automata Model)

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบอโตมาต้าเป็นระบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ได้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสลับซับซ้อนและเต็มไปด้วยการกระทำต่างๆของวัตถุ ซึ่งนำเสนอในรูปแบบของกริดหรือเซลล์ และคงอยู่ในสถานะใดๆที่ช่วงเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงในระบบเป็นไปตามกฎการเปลี่ยนแปลง (Transition Rule) การจำลองคอมพิวเตอร์แบบอโตมาต้ามีข้อดีคือประมวลผลเร็ว และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่ง่ายในการเข้าใจ แต่ข้อเสียคือขาดความสมจริงในการแสดงข้อมูล

2.1.2 โมเดลสำหรับระบบจำลองคอมพิวเตอร์ระดับจุลภาค (Microsimulation Model)

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบไมโคร มีลักษณะเป็นระบบสังคม (Social System) โดยอ้างอิงแนวคิดเชิงโครงสร้าง มีกฎที่แน่นอนในการจำลองวัตถุซึ่งต่างจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์ที่อ้างอิงจากการจำลองพฤติกรรม จึงทำให้แบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่าในสถานการณ์ที่วัตถุมีความเฉพาะตัวแตกต่างกัน ซึ่งต้องใช้การจำลองจากพฤติกรรมที่แตกต่างกัน

2.1.3 โมเดลสำหรับระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์ (Agent Simulation Model)

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์ คือระบบที่จำลองการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ (Agent) โดยอาศัยการเรียนรู้จากพฤติกรรมของเอเจนต์ (Behavior) รวมถึงการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างวัตถุภายในระบบหรือวัตถุกับสภาพแวดล้อม (Environment) เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประมวลผลของระบบโดยระบบจำลองคอมพิวเตอร์จะถูกพัฒนาจากกลไกการประมวลผล

ผ่านกฎ (Rule), ลักษณะเฉพาะตัวภายใน (Internal Characteristic), ปัจจัยภายนอก (External Input)

2.1.3.1 องค์ประกอบของระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์

2.1.3.1.1 เอเจนต์ (Agents)

เอเจนต์สามารถเป็นวัตถุ มนุษย์ สิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ได้ขึ้นอยู่กับระบบที่พิจารณา ดังนั้นจึงกำหนดคุณลักษณะเฉพาะที่สามารถบ่งชี้ได้ความเป็นเอเจนต์ได้คือ

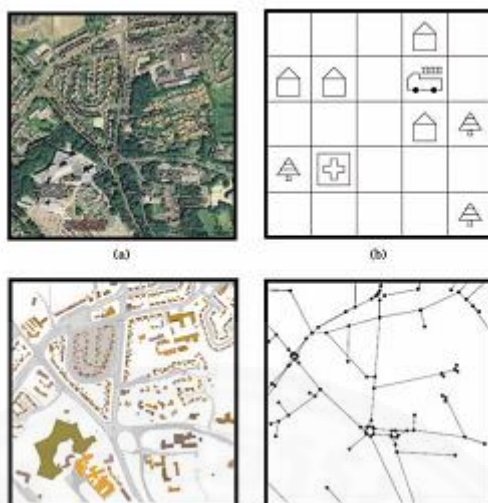
- ความเป็นหน่วยย่อยอิสระ (Autonomy) - สามารถตัดสินใจและกระทำการด้วยตัวเอง
- ความเฉพาะตัว (Heterogeneity) - มีคุณสมบัติเด่นเฉพาะตัว
- มีสังคม (Social) - สามารถปฏิสัมพันธ์กับเอเจนต์อื่นและแลกเปลี่ยนแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเอเจนต์ด้วยกัน
- มีสถานะ (State) - ณ ช่วงเวลาใดๆเอเจนต์จะมีสถานะซึ่งจะเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.1.3.1.2 กฎพฤติกรรม และการปฏิสัมพันธ์

กฎและพฤติกรรมใช้เป็นตัวกำหนดการแสดงออกของเอเจนต์ มีลักษณะเป็นคำสั่งเงื่อนไข (if-else statement) เมื่อเอเจนต์ตัดสินใจตามกฎจะส่งผลให้สถานะของเอเจนต์เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ จะส่งผลให้ข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้ทั้งระหว่างเอเจนต์กับเอเจนต์ เอเจนต์กับสภาพแวดล้อมและสภาพแวดล้อมกับสภาพแวดล้อม

2.1.3.1.3 สิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมคือบริเวณที่เอเจนต์ตั้งอยู่มักอยู่ในรูปของแผนที่ภูมิศาสตร์ซึ่งระบบสามารถนำเสนอในรูปแบบของกริด (Grid) ข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ (Vector GIS) หรือข้อมูลเชิงเครือข่าย (Network)



รูป 3ก) แผนที่ทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบของ (ข) กริด
, (ค) ข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์และ (ง) เครือข่าย [11]

จากภาพ (ก) แสดงแผนที่ทางภูมิศาสตร์ที่รับเข้าไปในระบบ โดยระบบสามารถแปลงข้อมูลและนำเสนอข้อมูลออกมาในรูปแบบต่างคือ (ข) แบบกริด (ค) แบบข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ (ง) แบบเครือข่าย

การนำเสนอข้อมูลแบบกริดมีข้อเสียคือเป็นการนำเสนอที่ขาดความสมจริงของพฤติกรรมเอเจนต์ที่เคลื่อนที่ไปบนกริดจะครองพื้นที่ทั้งส่วนกริดเซลล์นั้น ซึ่งต้องอาศัยการพิจารณาจากสถานะของกริดเซลล์อื่น จึงทำให้สภาพแวดล้อมมีลักษณะเป็นแบบคงที่ (static) ซึ่งต่างจากไฟล์ต้นฉบับที่สภาพแวดล้อมมีลักษณะเป็นแบบพลวัต (dynamic) ส่วนการนำเสนอในรูปแบบเครือข่ายจะมีความเฉพะเจาะจงสำหรับระบบที่สภาพแวดล้อมไม่มีการถูกทำลาย เช่นในกรณีโรคระบาด ดังนั้นการนำเสนอในรูปแบบข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์จึงได้รับความนิยมในกรณีที่เกิดเหตุภัยพิบัติ

2.1.3.2 การทำงานกับระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์

โมเดลที่สร้างขึ้นมาเพื่อจำลองระบบคอมพิวเตอร์ต้องพิจารณาถึงความเข้ากันได้กับชุดเครื่องมือและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนารวมถึงสิ่งที่สำคัญคือการตรวจสอบการทำงานของระบบด้วย

2.1.3.2.1 การตรวจสอบ การทวนสอบ และการตรวจเทียบ

การตรวจสอบการทำงานในระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็นสามลักษณะ คือการตรวจสอบ (Verification) คือกระบวนการตรวจสอบการพัฒนาระบบถึงความถูกต้องสอดคล้องตามดีไซด์ การทวนสอบ (Validation) คือกระบวนการตรวจสอบการพัฒนาระบบถึงความถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลจริงบนโลก และการตรวจสอบ (Calibration) คือกระบวนการเปรียบเทียบค่าที่ได้

กับค่ามาตรฐาน โดยกระบวนการตรวจสอบจะรวมไปถึงส่วนของการตรวจสอบด้วยเนื่องจาก พารามิเตอร์ที่เลือกมานั้นต้องได้จากโมเดลที่มีประสิทธิภาพ

2.1.3.2.2 การสื่อสารและการแสดงผล(Communication and Visualization)

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะแสดงผลผลลัพธ์ข้อมูลในรูปแบบของการแสดงผล ภาพซึ่งเป็นช่องทางทางที่สามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจโมเดลของข้อมูล แต่การแสดงผลแบบการ แสดงผลภาพเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะสื่อสารกับระบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้ ต้องอาศัยการ เชื่อมโยงผ่านเมธอดเพื่อนำโครงสร้างข้อมูลและพารามิเตอร์ประกอบเป็นโมเดล

2.2 ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System)

2.2.1 ประเภทข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.2.1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data)

ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้สามรูปแบบ คือ

- จุด (Point) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง ได้แก่ ที่ตั้ง โรงเรียนในสังกัดกทม.,ที่ตั้งศูนย์บริการสาธารณสุข,ที่ตั้งสำนักงานเขต เป็นต้น
- เส้น (Line) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของเส้น เช่น ถนน , แม่น้ำ, ทางด่วน เป็นต้น
- พื้นที่ (Area or Polygon) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของพื้นที่ เช่น พื้นที่ขอบเขตการปกครอง, พื้นที่อาคาร เป็นต้น

2.2.1.2 ข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่(Non-Spatial data)

ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่หรือ ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึง คุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลาย ๆ ช่วงเวลาเช่น ข้อมูลจำนวน ประชากรในเขตต่าง ๆ ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละชั้นของโรงเรียนสังกัดกทม. เป็นต้น

2.2.2 ลักษณะข้อมูลระบบสารสนเทศ

2.2.2.1 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งออกเป็น ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) และ ข้อมูลแสดงลักษณะกริด (Raster data)

2.2.2.1.1 ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data)

คือข้อมูลที่แสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ที่ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X , Y) และ/หรือ แนวตั้ง (Z) หรือ Cartesian Coordinate System ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะ เป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าจะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า สาม จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขต การปกครอง โรงเรียน เป็นต้น

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ ในรูปแบบเวกเตอร์จะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่าง ๆ กันพอสรุปได้ดังนี้ คือ

1.รูปแบบจุด (Point Features) เป็นตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาดและทิศทาง จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งใด ๆ เช่นที่ตั้งของโรงพยาบาลในสังกัด กทม. เป็นต้น

2.รูปแบบเส้น (Linear Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น ไปยังจุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด ประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง เช่น ถนน ทางด่วน คลอง เป็นต้น

3.รูปแบบพื้นที่ (Polygon Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น จุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด ที่ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยมมีขนาดพื้นที่ (Area) และเส้นรอบรูป (Perimeter)

2.2.2.1.2 ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data)

คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องเหลี่ยมเรียกว่า จุดภาพ (Grid cell)เรียง ต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวตั้ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ หนึ่งค่า ความสามารถแสดง รายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่ง ชุดนั้น ค่าที่เก็บในแต่ละจุดภาพสามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูล ลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลก็ได้ ข้อมูลลักษณะกริด อาจแปรรูปมาจากข้อมูล แสดงทิศทาง หรือแปรจาก ข้อมูลลักษณะกริด ไปเป็น ข้อมูลแสดงทิศทาง หรือแปรจาก ข้อมูลแสดงทิศทาง ไปเป็น ข้อมูลแบบกริด แต่เห็นได้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล

2.2.2.2 ลักษณะข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่

ประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ

- ข้อมูลเชิงปริมาณ
- ข้อมูลเชิงคุณภาพ
- ข้อมูลเชิงบรรยาย

2.3 จีโอเมสัน (GeoMASON)

เมสัน (MASON) [12] คือไลบรารีที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาจาวา เพื่อใช้สำหรับสร้างระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์โดยเฉพาะ มักถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานประเภทที่เป็นระบบจำลองคอมพิวเตอร์ อาทิเช่นระบบควบคุมการจราจร (Traffic Control), network intrusion, ant foraging ข้อดีของเมสันคือสามารถประมวลผลได้ทั้งในงานแบบเบื้องหน้า (front-end) ที่มีการแสดงผลลัพธ์ออกทางหน้าจอ (Visualization) และแบบเบื้องหลัง (back-end server) ที่ไม่มีการแสดงผลลัพธ์ ซึ่งสามารถประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งาน

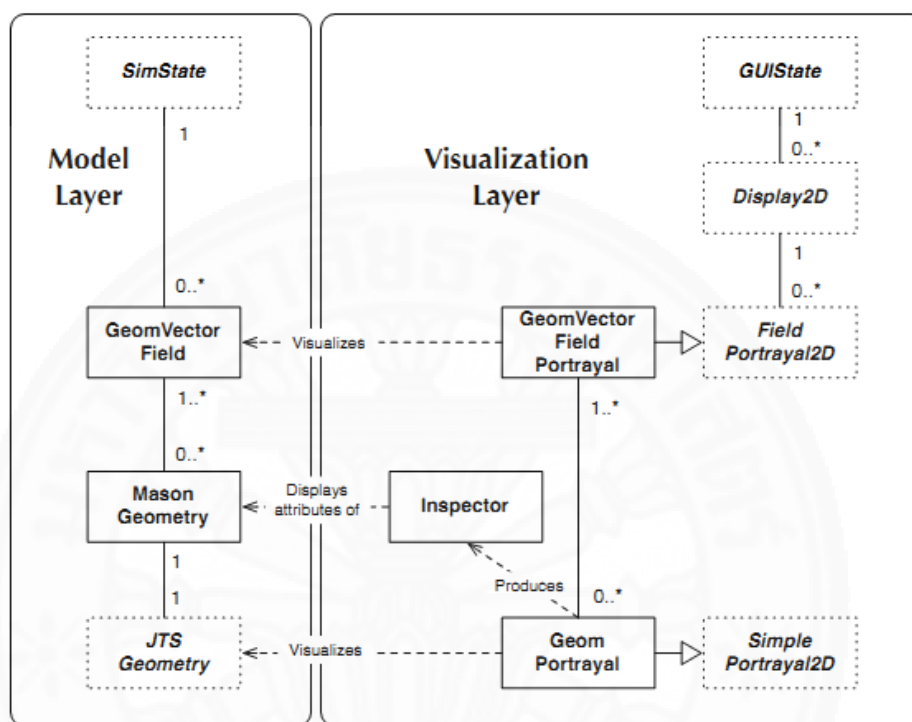
ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบเอเจนต์โดยส่วนมากมักเลือกใช้สภาพแวดล้อมที่อ้างอิงจากสถานที่จริงบนโลกซึ่งมักก่อเกิดประโยชน์มากกว่า รวมถึงข้อมูลที่มีลักษณะเชิงบรรยาย (non-spatial) มักจะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันกับเชิงกายภาพเช่น จำนวนประชากร ระดับมลพิษ หรือชื่อสถานที่นั้นๆ โดยข้อมูล ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) จะถูกเก็บและวิเคราะห์ เพื่อนำมาสร้างเป็นการนำเสนอข้อมูลในเชิงพื้นที่ (visualize geospatial data)

โดยทั่วไประบบจำลองคอมพิวเตอร์ จะสามารถใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (geospatial data) ในการจำลองการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ไปตามถนน หรือกำหนดสถานที่ตั้งของตึก กำหนดบริเวณของพื้นที่น้ำ หรือคำนวณการอพยพของประชากร แต่เนื่องจากเมสันไม่รองรับข้อมูลเชิงพื้นที่ดังนั้นก็จึงได้สร้างส่วนขยายเพิ่มเติมให้สามารถรองรับข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยอยู่ภายใต้โครงสร้างเมสันนั้นคือจีโอเมสัน

2.3.1 สถาปัตยกรรมของจีโอเมสัน

โครงสร้างของจีโอเมสันประกอบด้วยสามส่วนเหมือนกับเมสันคือประกอบด้วยชั้นยูทิลิตี้ (Utility Layer) คือส่วนที่ใช้ในการนำเข้าและนำออกข้อมูล ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (import/export GIS data), ชั้นโมเดล (Model Layer) คือส่วนที่ประกอบด้วยคุณลักษณะ GeomField ซึ่งใน GeomField ประกอบด้วยข้อมูลทรงเรขาคณิตของข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์, ชั้นแสดงผล (Visualization Layer) คือส่วนที่ประกอบด้วยคลาสที่ใช้ในการวาดรูปทรงเรขาคณิต

แผนภาพยูเอ็มแอล (UML Diagram)แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้างจีโอเมสันซึ่งประกอบด้วยส่วนของโมเดล (Model) และการแสดงผล (Visualization) และแสดงความสัมพันธ์ภาพรวมของโครงสร้างทั้งหมดเป็นส่วนๆ



รูป 4 โครงสร้างและการเชื่อมโยงถึงกันของสถาปัตยกรรมของจีโอเมสัน[12]

1. ชั้นโมเดล (Model Layer)เป็นส่วนที่ประกอบด้วย single instance ต่างๆของ MASON ได้แก่ Discrete Event (Schedule) , Random number of generator, field , และความสัมพันธ์ของระหว่างฟิลล์และสภาพแวดล้อมในส่วนของจีโอเมสันเพิ่ม 2 ฟิลล์ใหม่เข้ามา ได้แก่ GeomGridField และ GeomVectorField ซึ่งทั้งคู่เป็นคลาสย่อยของ GeomField
2. ชั้นแสดงผล (Visualization Layer)เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลโมเดล โดยใช้ฟิลล์ portrayal ในส่วนของจีโอเมสันเพิ่มฟิลล์ portrayal ขึ้นมาอีกสองตัวคือ GeomVectorFieldPortrayal สำหรับแสดงข้อมูลของ GeomVectorField และ GeomGridFieldPortrayal สำหรับข้อมูลของ GeomGridField
3. ชั้นยูทิลิตี้ (Utility Layer)ในเมสันประกอบไปด้วยคลาสต่างๆเช่น Random Number Generation Class, โครงสร้างข้อมูล, เครื่องมือสำหรับ GUI ในส่วนของจีโอเมสันเพิ่มคุณสมบัติในการนำเข้าและนำออกข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และคุณลักษณะของ

ฟิลล์ที่เกี่ยวข้อง (GeomImporter) โดยอ่านข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ามาเก็บไว้ที่ GeomField ซึ่งในปัจจุบัน GeomImporter ประกอบด้วยสี่คลาสย่อยได้แก่ShapeFileImporter(), GeoToolsImporter(), OGRImporter(), GDALImporter() ส่วน GeomExporter จะเขียนข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์จาก GeomField

จีโอเมสันอนุญาตให้ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านเฟรมเวิร์กเมสันซึ่งสามารถรองรับรูปแบบไฟล์ได้หลายประเภท เช่น Shape, SDTS, NTF, TIGER, S57, VRT, and GML ซึ่งเชื่อได้ว่าสามารถให้ผลลัพธ์จากการแปลงข้อมูลเรขาคณิตที่มีความซับซ้อน (complex geometric) ให้กลายเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพนักพัฒนา ระบบจำลองคอมพิวเตอร์จะได้ประโยชน์จากความใช้งานที่ง่ายและเร็วในฟิล์งานที่เป็นข้อมูลสารสนเทศ

2.4 กฎการเคลื่อนที่ของฝูงชน (Crowd Behavior & Simulation)

ค่านิยมของฝูงชนสามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติดังนี้ [13]

- จำนวนบุคคลที่พิจารณา(Size)
- ความหนาแน่นของบุคคล (Density) ณ สถานที่หนึ่งซึ่งต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยและการกระจายตัวอย่างเหมาะสม
- บุคคลที่จะมาอยู่ร่วมกัน ณ สถานที่เดียวกันในช่วงเวลาหนึ่ง (Time)
- บุคคลที่มีลักษณะร่วมกันในสังคม รวมถึงเป้าหมายและความสนใจร่วมกัน (Collectivity)
- บุคคลที่มีความสามารถในการอยู่ร่วมกันในสังคมได้ แม้จะมาอยู่ร่วมกันในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย (Novelty)

2.4.1 ทฤษฎีพฤติกรรมของฝูงชนในสถานการณ์ฉุกเฉิน

สามารถแบ่งพฤติกรรมของฝูงชนในสถานการณ์ที่ต้องอพยพฉุกเฉินหรือเกิดภัยพิบัติออกเป็นสามทฤษฎี คือ Mass Panic, Affiliation and Normative Models, Social Identity Approach

2.4.1.1 Mass Panic

เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ฉุกเฉิน ผู้คนจะใช้อารมณ์มากกว่าการคิดวิเคราะห์โดยใช้สมอง ตัดสินใจด้วยการใช้สัญชาตญาณของตนเอง พฤติกรรมเหล่านี้จะกระจายตัวไปอย่างรวดเร็วผ่านฝูงชน

2.4.1.2 Affiliation and Normative Models

ตรงกันข้ามกับแนวคิดของ Mass Panic แนวคิดนี้กล่าวว่าจะเกิดความร่วมมือและปฏิบัติตามกฎเกณฑ์เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน พฤติกรรมของฝูงชนจะเกิดความเห็นแก่ตัวแต่จะยังคงยึดถือกฎทางสังคม

2.4.1.3. Social Identity Approach

จะพิจารณาจากทฤษฎีตัวตนทางสังคมควบคู่กับทฤษฎีจำแนกบุคคล กล่าวถึงภาพรวมของฝูงชนท่ามกลางสังคมในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจะเกิดความช่วยเหลือและร่วมมือกันระหว่างบุคคลที่ไม่รู้จักกัน

2.4.2 ระบบจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชน

ระบบจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนมีวัตถุประสงค์หลายประการ อาทิเช่น เพื่อศึกษาการจำลองการทำงานของชีวิตมนุษย์ เพื่อควบคุมและจัดการฝูงชนในงานด้านทหาร หรือเพื่อเตรียมแผนการอพยพ ระบบจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนจะมุ่งเน้นไปที่การจำลองการเคลื่อนไหวของฝูงชนและศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพเนื่องจาก ลักษณะข้อมูลเป็นแบบไดนามิก จึงทำให้พฤติกรรมที่คาดไม่ถึงจะถูกแสดงออกมา แบ่งประเภทของระบบจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนออกเป็นสองประเภท ได้แก่ ระดับมหภาค (Macroscopic level) และระดับจุลภาค (Microscopic level)

2.4.2.1 การจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนระดับมหภาค

จะเน้นการศึกษาภาพรวมของระบบและพฤติกรรมที่สังเกตได้โดยง่าย ที่ถูกแสดงออกมาเมื่ออยู่รวมกันเป็นฝูงชนตัวอย่างของโมเดลการจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนในระดับมหภาค ได้แก่ โมเดลการไหลแบบไดนามิก (Fluid Dynamic Model) เป็นโมเดลที่อาศัยแนวคิดการเคลื่อนไหวร่วมกัน เช่นการเคลื่อนไหวในฝูงชน มีลักษณะคล้ายการไหลของของเหลว แนวคิดนี้ได้มาจากการสังเกตการณ์จากสถานการณ์บางอย่าง แต่ละบุคคลในฝูงชนมีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายการไหลของของเหลว ซึ่งจะเคลื่อนที่อิสระต่อกันด้วยความเร็วและทิศทางที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น แต่ละบุคคลจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยจะถูกปิดกั้นเพราะการอยู่รวมกันอย่างใกล้ชิดในฝูงชน

แต่การเคลื่อนที่ยังคงต้องเกิดขึ้นจึงทำได้โดยการเคลื่อนที่ไปตามภาพรวมของกลุ่ม ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่คล้ายกับการไหลของของเหลวตามธรรมชาติ โดยฮิวอี้ (Hughes) ได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของฝูงชนได้แก่

(1) ความเร็วของการเดินจะถูกกำหนดด้วยลักษณะของพื้นที่เดิน ความหนาแน่นของบุคคลที่ร่วมเดินและพฤติกรรมของผู้ร่วมเดิน

(2) แต่ละบุคคลมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการที่จะไปให้ถึงปลายทางร่วมกัน

(3) แต่ละบุคคลพยายามที่จะลดเวลาในการเดินทางที่จะไปยังจุดหมาย ขณะเดียวกันก็พยายามที่จะหลีกเลี่ยงความหนาแน่นของฝูงชนที่ร่วมเดินทาง

ข้อจำกัดของการจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนระดับมหภาคคือไม่มีคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เช่นความสามารถทางกายภาพ ทิศทางการเคลื่อนที่ การวางตำแหน่งของแต่ละบุคคล และที่สำคัญคือมนุษย์จะไม่ประพฤติตัวตามกฎฟิสิกส์ดังเช่นการไหลของของเหลว ดังนั้นโมเดลการไหลแบบไดนามิกจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการสังเกตพฤติกรรมของฝูงชน

2.4.2.2 การจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนระดับจุลภาค

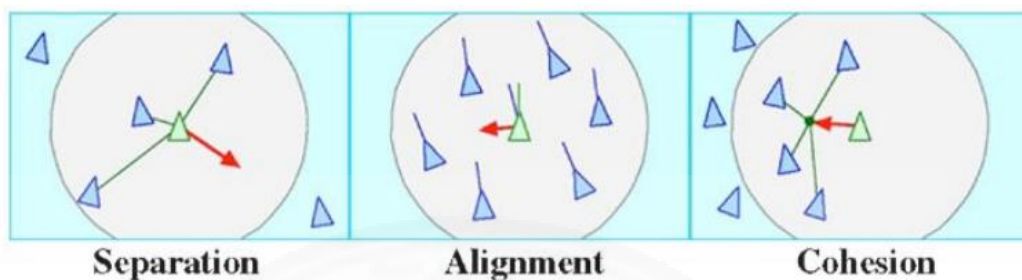
เน้นการศึกษาในระดับบุคคล พิจารณาถึงพฤติกรรม การกระทำ และการตัดสินใจของบุคคล ท่วมกลางการอยู่ร่วมกันเป็นฝูงชนที่มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ตัวอย่างของโมเดลการจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงชนระดับจุลภาคได้แก่

(1) โมเดลแบบอ้างอิงกฎ (Rule-Based Model) เป็นโมเดลที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการจำลองการเคลื่อนที่ของฝูงสัตว์และฝูงชนของมนุษย์ โมเดลที่เป็นที่รู้จักคือโมเดลบอยด์ (Boyd) ของเรโนวาร์ด ซึ่งเปรียบพฤติกรรมของฝูงชนในมนุษย์กับการเคลื่อนที่ของฝูงสัตว์ โดยเฉพาะพฤติกรรมของฝูงนก เมื่อนกบินมันจะจำสิ่งที่อยู่ใกล้มันทั้งเพื่อนนกที่อยู่ใกล้และสิ่งกีดขวางต่างๆ โดยมันจะพยายามบินไม่ให้ชน และค้นหาเส้นทางการกลับรังโดยใช้สัญชาตญาณ ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกมองว่าคล้ายการเคลื่อนที่ของฝูงชนในมนุษย์

โมเดลบอยด์ใช้ฟรอกคิงอัลกอริทึม (Flocking Algorithm) ในการอธิบายสัตว์และพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสัตว์มีองค์ประกอบสี่ประการได้แก่

- การแบ่งแยก (Separation) - เช่นการเก็บระยะที่สั้นที่สุดระหว่างตัวมันเองกับสภาพแวดล้อม
- การวางตำแหน่ง (Alignment) - เช่นค่าคงที่ในระยะเวลาทางและและความเร็วในการเคลื่อนที่กับความสัมพันธ์กับตัวอื่น

- การติดต่อ (Cohesion) - เช่นการรวบรวมสมาชิกให้เข้ามาอยู่ในกลุ่ม
- การหลีกเลี่ยง (Avoidance) - เช่นหลีกเลี่ยงการชนกันของแต่ละตัว



รูป 5 องค์ประกอบของโมเดลบอยด์[13]

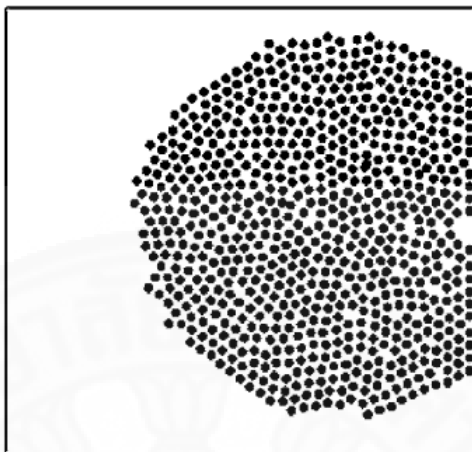
ข้อจำกัดของโมเดลแบบอ้างอิงกฎคือขาดความสมจริงเพราะเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของฝูงชนมนุษย์กับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของฝูงนก โดยเน้นพิจารณาความเร็ว ทิศทาง และความใกล้ชิดกับสิ่งที่อยู่รอบข้างมากกว่า และมองข้ามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของฝูงชนมนุษย์

(2) โมเดลการจัดการด้วยตนเอง (Self-Organisation Phenomena) ถูกใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของฝูงชนมากในงานที่มีลักษณะต้องจัดการด้วยตนเองแบบฉุกเฉิน โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ใดๆขึ้น ฝูงชนมักจะประพฤติตัวตามหลักของการพยายามให้น้อยที่สุด (Principle of Least Effort) หลักการนี้ได้นำเสนอว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ต้องพิจารณาทางเลือกที่มีอยู่ เช่นการเปลี่ยนเส้นทาง เปลี่ยนความเร็ว มนุษย์จะเลือกเส้นทางที่ต้องใช้ความพยายามน้อยที่สุด โดยที่จะพยายามปรับตัวให้เข้าสิ่งแวดล้อมใหม่ หรือถ้าใช้ความพยายามน้อยกว่านั้นอีกก็จะเลือกเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับที่ต้องการ

ตัวอย่างลักษณะของโมเดลจัดการตนเองอาทิเช่น

- ผลกระทบของการเร็วกว่าคือช้ากว่า ('Faster is slower' Effect)
เมื่อต้องผ่านสถานที่ลักษณะคอขวด ทุกคนจะมีความปรารถนาที่จะเคลื่อนที่ไปให้ได้เร็วที่สุด แต่ด้วยความหนาแน่นของผู้คนที่รบกวนส่งผลให้การเคลื่อนที่หรืออพยพทำได้ช้ากว่าที่ควรจะเป็น
- การติดขัดของฝูงชน (Crowd Jam)
จะเกิดขึ้นเมื่อฝูงชนที่มีความหนาแน่นพยายามที่จะเคลื่อนย้าย
- การติดขัดและการโค้งงอ (Clogging and Arching)

ในสถานที่ขนาดใหญ่ผู้คนที่หนาแน่นจะทำให้ทางออกแคบและติดขัด และเกิดรูปแบบโค้งงอให้เห็นจากประตูทางออก



รูป 6 การติดขัดและการโค้งงอ (Clogging and Arching) [13]

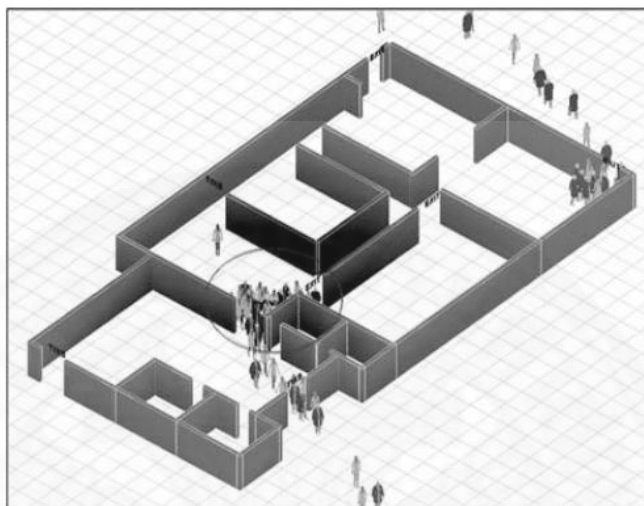
- สร้างช่องทาง (Lane Formation)

เมื่อฝูงชนเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกันพวกเขาจะสามารถสร้างช่องทางในทิศทางเดินของตัวเอง ซึ่งการกระทำนี้จะช่วยลดโอกาสในการชนของแต่ละบุคคลและทำให้สามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ รูปแบบนี้ถือเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดของโมเดลการจัดการด้วยตนเอง



รูป 7 การสร้างช่องทาง (Lane Formation)

- พฤติกรรมการแข่งขัน (Competitive Behavior)
เมื่อบุคคลหนึ่งแข่งขันกับคนอื่น ๆ ภายในฝูงชนเพื่อที่จะออกจากพื้นที่ พฤติกรรมนี้จะทำให้การอพยพไม่มีประสิทธิภาพ



รูป 8 พฤติกรรมการแข่งขัน (Competitive Behavior)

2.5 ระบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วม

จากการศึกษางานวิจัยการจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางคณิตศาสตร์ เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิงของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร [10] พบว่างานวิจัยดังกล่าวต้องการสร้างระบบจำลองสภาพน้ำท่วมโดยได้เปรียบเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำได้แก่

2.5.1 ISIS

คือ โปรแกรมซอฟต์แวร์ซึ่งใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองของน้ำ พัฒนาขึ้นโดย Halcrow Group Ltd. โดยเป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์การจัดทำแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม , พยากรณ์น้ำท่วม สามารถติดตั้งฟรีเมื่อมีการลงชื่อเข้าใช้ระบบ

2.5.2 MIKE 11

คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งจำลองการไหลเวียนของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำ ที่ราบ คลองชลประทานและแหล่งเก็บน้ำอื่น ๆ บนแผ่นดิน โดย MIKE 11 สามารถ

วิเคราะห์น้ำท่วมและออกแบบการบรรเทาเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมได้แบบเรียลไทม์ สามารถติดตั้งโปรแกรมได้โดยด้วยการซื้อลิขสิทธิ์

2.5.3 HEC-RAS

คือ โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำที่อาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างแบบจำลอง พัฒนาขึ้นโดยกองทัพของสหรัฐฯ สามารถใช้งานได้กับซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ArcView ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลผ่านโปรแกรม AutoCAD เพื่อใช้ในการสร้างพื้นหลังของแบบจำลอง สามารถส่งออกข้อมูลพื้นที่น้ำระหว่าง HEC-RAS และ ArcView เพื่อสร้างแผนที่น้ำที่มีระดับความลึกและขอบเขตของน้ำท่วม

เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะต่างๆของแบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำ งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เครื่องมือ HEC-RAS เพื่อสร้างแบบจำลองซึ่งสามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจนเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 ระบบปฏิบัติการเฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลากในประเทศไทย

ปัจจุบันสามารถตรวจสอบสถานะการเตือนภัยล่วงหน้าได้ทางเว็บไซต์ http://ews.dwr.go.th/website/ews_all/index.php โดยกรมทรัพยากรน้ำ [14]

รูป 9 เว็บไซต์ระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลากในประเทศไทย [14]

โดยแบ่งสถานการณ์เตือนภัยออกเป็นสามระดับได้แก่

1. สถานการณ์เฝ้าระวัง (ไฟเขียว) มีคุณลักษณะคือ สัญญาณดังทุก 20 นาทีและดังนานเป็นเวลา 10 วินาที เมื่อสัญญาณไฟสีเขียวดังขึ้นให้ประชาชนในพื้นที่เฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์และคอยฟังประกาศจากหอกระจายข่าว

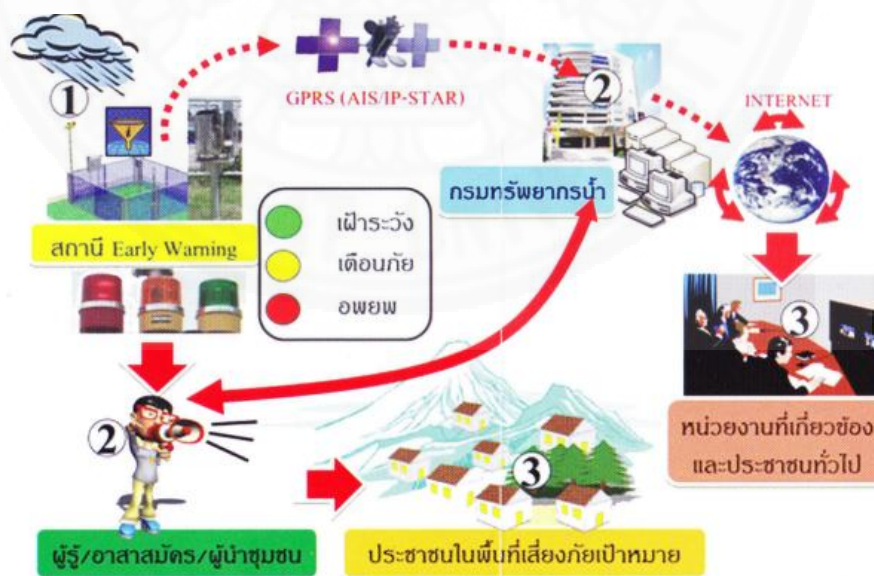
2. สถานการณ์เตือนภัย (ไฟเหลือง) มีคุณลักษณะคือ สัญญาณดังทุก 15 นาทีและดังนานเป็นเวลา 10 วินาทีเมื่อสัญญาณไฟสีเหลืองดังขึ้นให้ประชาชนในพื้นที่เตรียมตัวพร้อมรับสถานการณ์ เก็บรวบรวมสิ่งของที่จำเป็น และรอฟังประกาศและสัญญาณครั้งต่อไป

3. สถานการณ์อพยพ (ไฟแดง) มีคุณลักษณะคือ สัญญาณดังทุก 3 นาทีและดังนานเป็นเวลา 10 วินาทีเมื่อสัญญาณไฟสีเหลืองดังขึ้นให้ประชาชนในพื้นที่เคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ปลอดภัยที่ได้มีการแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

2.6.1 การวัดค่าปริมาณน้ำเพื่อแจ้งเตือนภัยสามารถทำได้สองวิธี

1. วัดปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ ถ้าฝนตกถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สถานีจะแจ้งเตือนภัย
2. วัดระดับน้ำในลำน้ำถ้าระดับน้ำเพิ่มสูงหรือปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สถานีจะแจ้งเตือนภัย

2.6.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัย

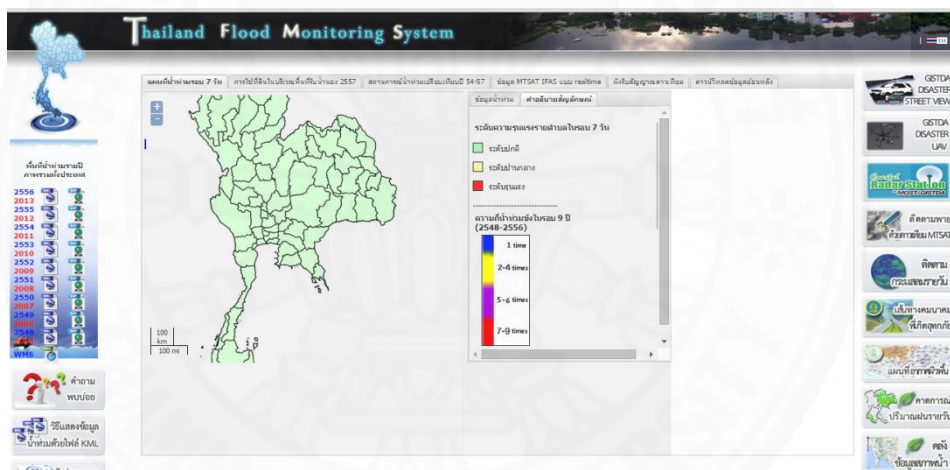


รูป 10 ขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัย[14]

เมื่อสถานีเฝ้าระวังส่งสัญญาณการเตือนภัย ด้านพื้นที่ที่อยู่ในเขตเฝ้าระวังให้อาสาสมัคร หรือผู้นำชุมชนส่งสัญญาณเพื่อแจ้งสถานการณ์การเฝ้าระวังไปยังประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย ระหว่างนั้นดาวเทียมเฝ้าระวังจะส่งสัญญาณการเตือนไปยังกรมทรัพยากรน้ำเพื่อปรับปรุงข้อมูลใน อินเทอร์เน็ตและแจ้งข่าวไปยังประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.7 ระบบติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย

ระบบติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี อวกาศและภูมิศาสตร์สารสนเทศ (Gistda) [15] แสดงสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยผ่านทางเว็บ ไซต์ <http://flood.gistda.or.th/> โดยสามารถสืบค้นข้อมูลการเกิดอุทกภัยในประเทศไทยย้อนหลังไป ได้ถึงปี 2549 ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบของไฟล์ฟอร์แมต .KML ผ่านโปรแกรม Google Map



รูป 11 เว็บไซต์ระบบติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย [15]

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แสดงให้เห็นแนวทางในการพัฒนาระบบจำลอง อุทกภัยขนาดใหญ่ในประเทศไทยโดยใช้วิธีการจำลองแบบหลายเอเจนต์ เนื้อหาบทนี้กล่าวสรุป ระเบียบวิธีในการทำวิจัยและการออกแบบระบบจำลองสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

3.1 ระเบียบวิธีในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนา แบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์มีขั้นตอนการดำเนินการแบ่งเป็นเจ็ดขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

- (1) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาแบบจำลองสำหรับเหตุอุทกภัยขนาดใหญ่
- (2) ศึกษาทฤษฎีและเทคนิคในการสร้างแบบจำลองโดยใช้เครื่องมือสร้างแบบหลายเอเจนต์
- (3) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดอุทกภัยในประเทศไทยและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการตอบสนองต่อเหตุการณ์

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาเทคโนโลยี เทคนิค และการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลอง

- (1) การติดตั้งชุดซอฟต์แวร์เมสัน จีโอเมสัน และซอฟต์แวร์ประกอบที่จำเป็นในการพัฒนาโมเดล
- (2) การพัฒนาโมเดลแบบเอเจนต์โดยใช้เมสัน
- (3) การศึกษาโมเดลจำลองขนาดใหญ่ที่มีลักษณะการออกแบบคล้ายกับแบบจำลองอุทกภัยที่จะพัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างของระบบจำลอง

- (1) ศึกษาข้อมูลการเกิดอุทกภัยในประเทศไทยจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อคัดกรองเป็นพารามิเตอร์สำหรับระบบจำลอง
- (2) การรวบรวมเพิ่มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของประเทศไทยได้แก่ เพิ่มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แสดงของเขตจังหวัดในประเทศไทย เพิ่มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย เพิ่มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แสดงข้อมูลทางชลประทานในประเทศไทยและเพิ่มข้อมูลระบุรูปทรงเพื่อนำมาสร้างสภาพแวดล้อมของแบบจำลอง
- (3) การออกแบบระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่โดยใช้เฟรมเวิร์กจีโอเมสันร่วมกับเมสัน

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบจำลองเบื้องต้นและทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของแบบจำลองเมื่อรองรับจำนวนเอเจนต์ขนาดใหญ่

- (1) พัฒนาระบบจำลองแบบเอเจนต์อย่างง่ายเพื่อสรุปแนวทางพัฒนาพฤติกรรมของเอเจนต์
- (2) ติดตั้งแบบจำลองตัวอย่างที่รองรับจำนวนเอเจนต์ขนาดใหญ่ และทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของระบบจำลองเพื่อรองรับจำนวนเอเจนต์ขนาดใหญ่

ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาแบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่ และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

- (1) เตรียมเพิ่มข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ทั้งหมดเพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้าของระบบ
- (2) พัฒนาแบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่ตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้
- (3) บันทึกผลการพัฒนา
- (4) ตรวจสอบความถูกต้องการเขียนโปรแกรมด้วยวิธีเปรียบเทียบผลการทดลองกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ของพารามิเตอร์ต่างๆ
- (5) ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 6 ทำการทดลองเพื่อวัดสมรรถนะของแบบจำลอง และทดลองเก็บผลลัพธ์จากแบบจำลองในเหตุการณ์สมมติ

- (1) วัดสมรรถนะของแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตจำนวนเอเจนต์ และความละเอียดของพารามิเตอร์ที่สามารถประมวลผลได้
- (2) ทำการทดลองเพื่อจำลองเหตุการณ์สมมติเพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้ จากแบบจำลองกรณีที่ใช้ความละเอียดของพารามิเตอร์ และทรัพยากรการประมวลผลเต็มความสามารถที่แบบจำลองรองรับได้
- (3) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

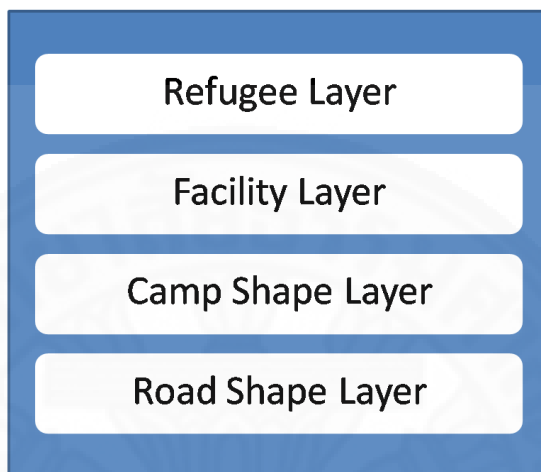
ขั้นตอนที่ 7 จัดทำเอกสารวิทยานิพนธ์ ตีพิมพ์ผลงานและเผยแพร่ต้นฉบับซอฟต์แวร์

3.2 ศึกษาวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองสำหรับเหตุฉุกเฉินขนาดใหญ่ และมีความใกล้เคียงกับระบบจำลองอุทกภัยมากที่สุดได้แก่ งานวิจัยของระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อการศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์ [16] เนื่องจากเป็นระบบที่จำลองการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ในสถานการณ์ฉุกเฉินและแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลอยู่บนข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์งานวิจัยดังกล่าวนำเข้าข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มาใช้เป็นสภาพแวดล้อมของระบบคือเส้นทางของถนนบริเวณแคมป์เพื่อให้การจำลองผลของข้อมูลมีความชัดเจนและสมจริงโดยสภาพแวดล้อมของถนนดังกล่าวครอบคลุม 337.5 ตารางกิโลเมตร

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อการศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์ได้แบ่งโครงสร้างของสภาพแวดล้อมที่ใช้ในระบบออกเป็นชั้นๆตามโครงสร้างของเฟรมเวิร์กจีโอเมสัน โดยโครงสร้างของระบบแบ่งออกเป็นสี่ชั้นดังรูป

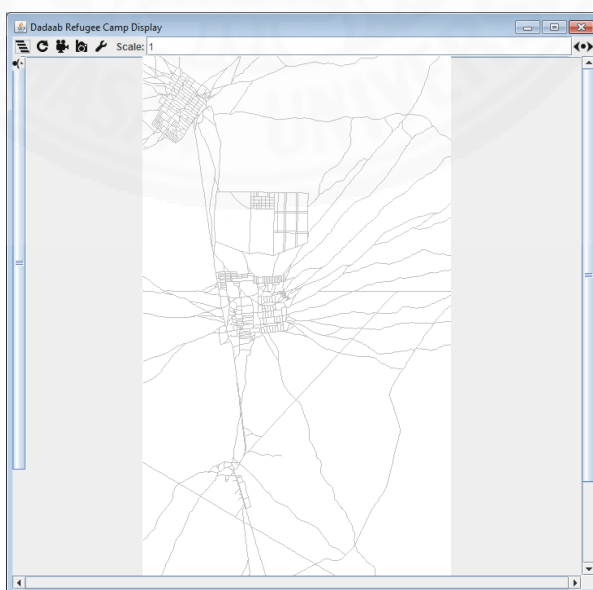
Multi-agent Simulation system



รูป 12 โครงสร้างระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อการศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์

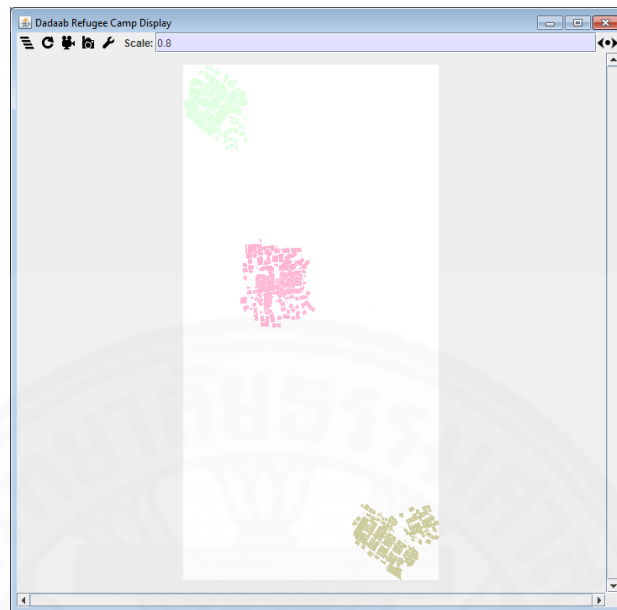
จากรูป 12 แสดงชั้นต่างๆของสภาพแวดล้อม โดยให้ชั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้อยที่สุดอยู่ชั้นล่างสุด

ชั้นที่ 1 : แสดงโครงสร้างถนน ซึ่งประกอบด้วยถนนเส้นหลัก ถนนเส้นรอง และทางเดิน



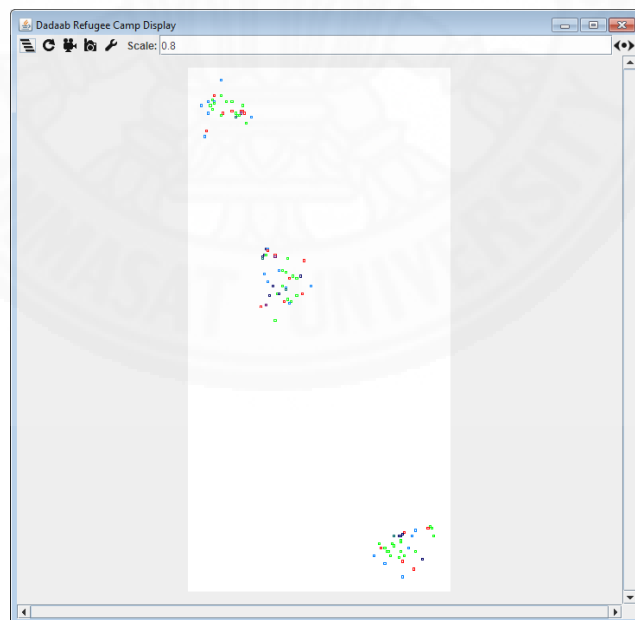
รูป 13 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นโครงสร้างถนน

ชั้นที่ 2 : แสดงพื้นที่ของแคมป์ทั้ง 3 ได้แก่ Dagahaley, Ifo, Hagadera



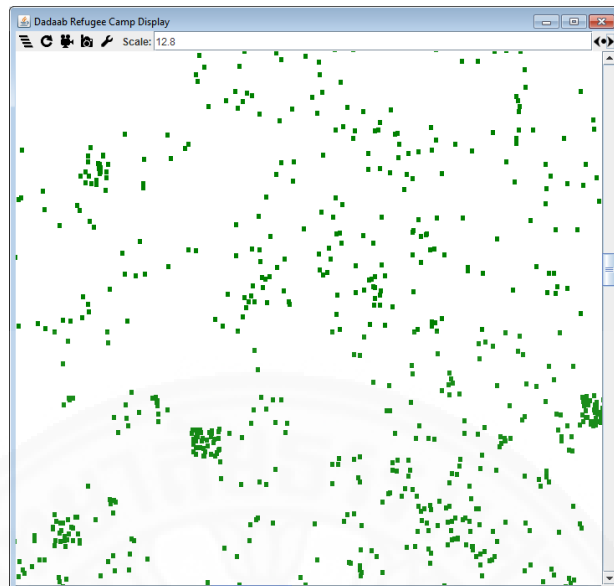
รูป 14 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นพื้นที่แคมป์

ชั้นที่ 3: แสดงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ได้แก่ borehole, health, school, food, mosq, market, other



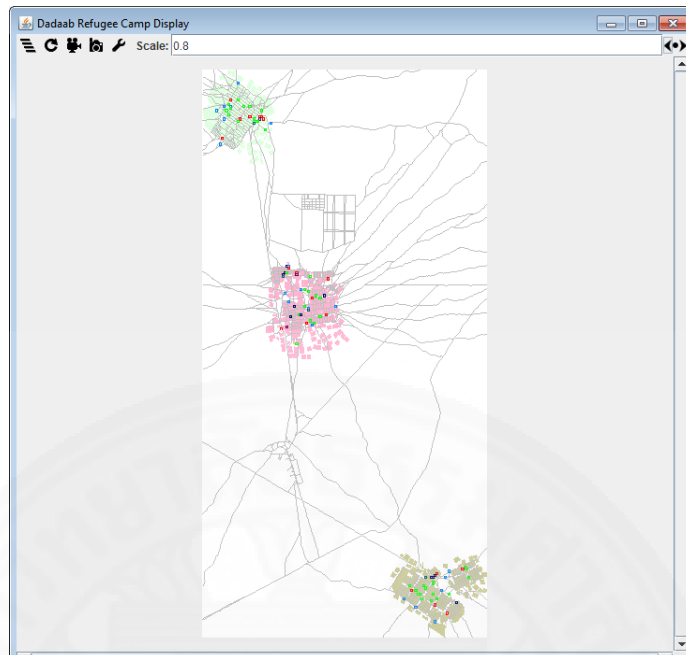
รูป 15 แสดงผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นสิ่งอำนวยความสะดวก

ชั้นที่ 4: ชั้นแสดงเอเจนต์ผู้ลี้ภัย โดยแบ่งประเภทของผู้ลี้ภัยตามสถานะทางสุขภาพ ได้แก่ healthy, exposed, infected, recover

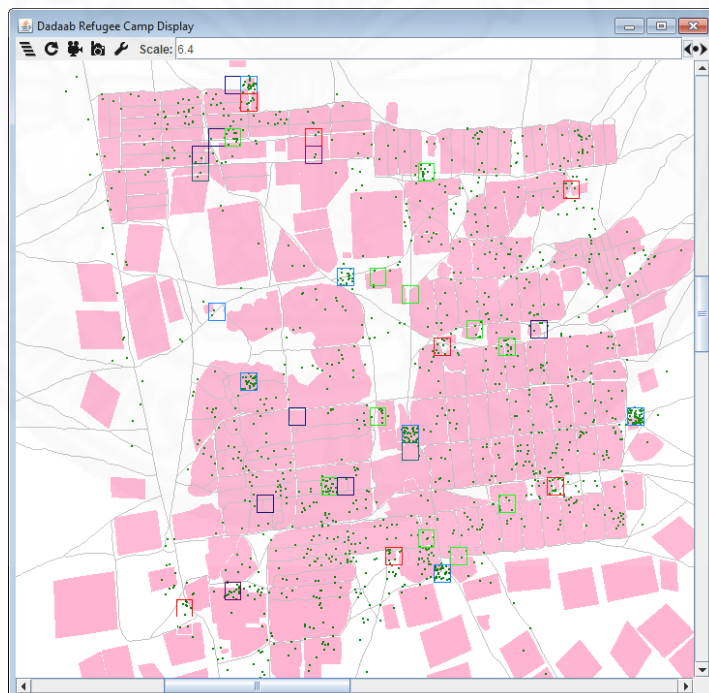


รูป 16 ผลลัพธ์การรันข้อมูลชั้นผู้ลี้ภัย

เมื่อนำชั้นข้อมูลทั้งสี่มาแสดงผลร่วมกันจะทำให้มองเห็นภาพรวมของระบบ คือเอเจนต์ผู้ลี้ภัยดำเนินชีวิตประจำวันโดยมีการเคลื่อนที่ไปยังสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆผ่านเส้นทางของถนนที่ครอบคลุมทั้งสามแคมป์ผู้ลี้ภัย ซึ่งตั้งอยู่บนแผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์สภาพแวดล้อมจริง โดยจากระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อการศึกษาการระบาดของเชื้ออหิวาต์เลือกใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์ของเวกเตอร์มาแสดงเพียงในชั้นที่ 1 (ชั้นโครงสร้างถนน) และชั้นที่ 2 (ชั้นแสดงบริเวณแคมป์) เพราะต้องอ้างอิงจากสถานที่จริง ส่วนในชั้นที่ 3 (ชั้นแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก) และชั้นที่ 4 (ชั้นผู้ลี้ภัย) จะใช้เพียงลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ และการพร้อมจุดตามลำดับเท่านั้น



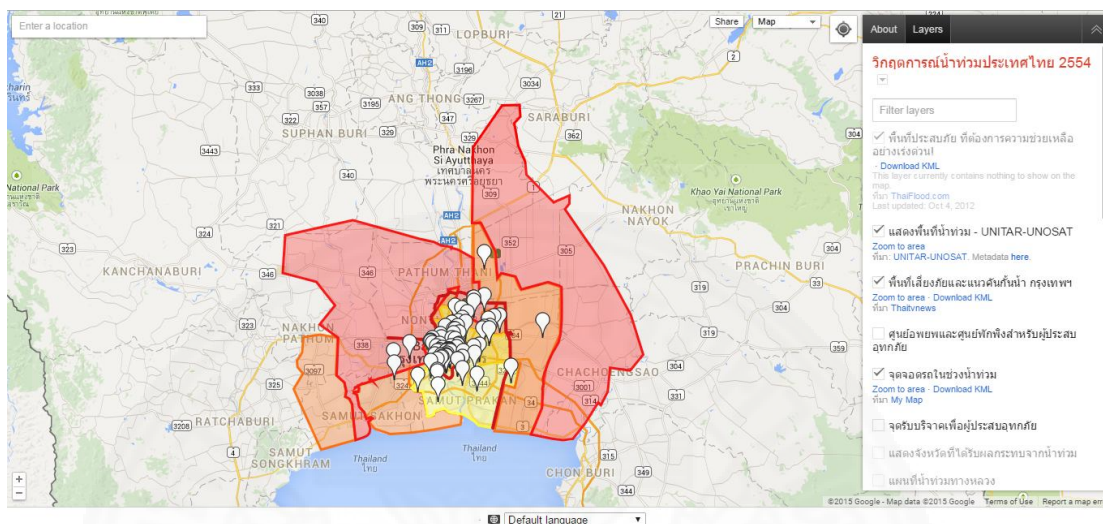
รูป 17 ผลลัพธ์การรันข้อมูลรวมทั้ง 4 ชั้นพร้อมกัน



รูป 18 ผลลัพธ์การรันข้อมูลรวมทั้ง 4 ชั้นพร้อมกันแบบขยายรายละเอียด

ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการเกิดอุทกภัยขนาดใหญ่ในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 - ปัจจุบันโดยครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร โดยเฉพาะข้อมูลการเกิดอุทกภัยขนาดใหญ่ในปี พ.ศ. 2554 บริเวณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์และพื้นที่โดยรอบ โดยศึกษาข้อมูลจากแผนที่

รายงานสถานการณ์น้ำท่วมจากไฟล์ KML ผ่านโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธ (Google Earth) [15] และการแสดงข้อมูลการเกิดอุทกภัยที่อ้างอิงอยู่บนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมของกูเกิลโคลด์ซีสเรสปอน (Google Crisis Response) ในหัวข้อเรื่องวิกฤติการณ์อุทกภัยปี 2554 [17]



รูป 19 ข้อมูลวิกฤติการณ์น้ำท่วมประเทศไทยปี.ศ. 2554 แยกตามลำดับชั้นข้อมูล [17]

3.3 ศึกษาเทคโนโลยี เทคนิค และการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลอง

ภาษาทางโปรแกรมที่สามารถนำมาสร้างระบบจำลองคอมพิวเตอร์นั้นมีหลายภาษา อาทิเช่น ภาษาซี (C), ภาษาจาวา (Java) เมื่อศึกษาลงรายละเอียดไปถึงไลบรารีและซอฟต์แวร์ประกอบที่สามารถอำนวยความสะดวกในการเรียกใช้และทำให้สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายภาษาจาวา (Java) นั้นมีเครื่องมือให้เรียกใช้งานได้หลากหลายและสะดวกกว่า เช่นเฟรมเวิร์กจีไอเมสัน ที่ผู้พัฒนาระบบสามารถนำเข้าแฟ้มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ได้โดยเรียกผ่านไลบรารี

3.4 ศึกษาและเตรียมแฟ้มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์

3.4.1 ศึกษาแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์

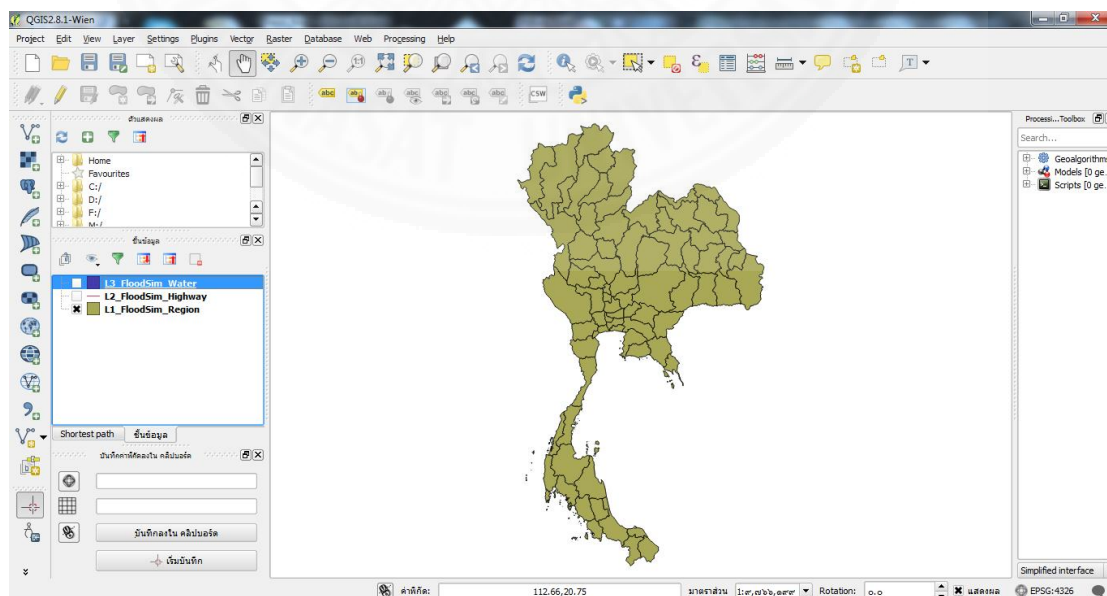
จัดเตรียมแฟ้มข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ (Vector GIS data files) ในรูปแบบมาตรฐานที่จีไอเมสันรองรับ (GeoMASON) โดยเลือกใช้แฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ (.shp) จากสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA โดยใช้โปรแกรมโอเพ่นซอส QGIS (Quantum GIS) เวอร์ชัน 2.8.1 ในการจัดการไฟล์ภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ ระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่แบบหลายเอเจนต์เลือกใช้ข้อมูลแฟ้มภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ทั้งสิ้นสามแฟ้มข้อมูล ได้แก่

3.4.1.1 เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดของประเทศไทย (L1_FloodSim_Region.shp) เป็นเพิ่มข้อมูลชั้นล่างสุดของระบบจำลองการเกิดอุทกภัยขนาดใหญ่ ประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญคือ

PV_CODE	แสดงรหัสของจังหวัด
PV_TN	แสดงชื่อจังหวัดภาษาไทย
PV_EN	แสดงชื่อจังหวัดภาษาอังกฤษ
RE_ROYIN	แสดงภูมิภาคของจังหวัด
AreaShapes	แสดงพื้นที่ของจังหวัด

ตาราง 2 ตัวอย่างคุณสมบัติของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย

PV_CODE	PV_TN	PV_EN	RE_ROYIN	AreaShapes
10	กรุงเทพมหานคร	Bangkok	Central	1568001647.285
20	ชลบุรี	Chon Buri	East	4507809186.979
70	ราชบุรี	Ratchaburi	West	5190080547.600



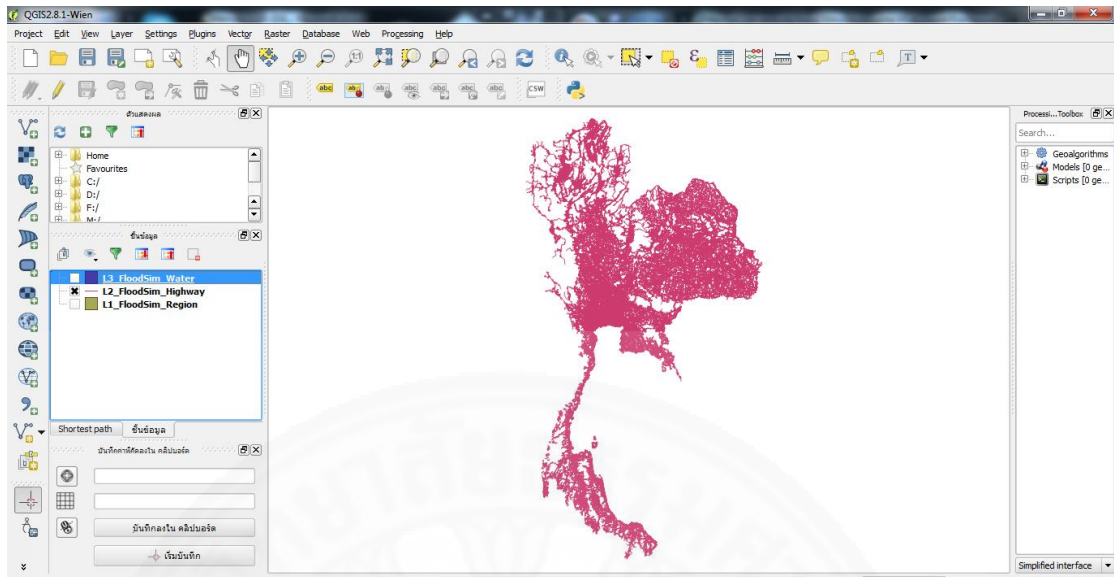
รูป 20 เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย

3.4.1.2 เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย (L2_FloodSim_Highway.shp) เป็นเพิ่มข้อมูลชั้นที่สองต่อจากเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงจังหวัดในประเทศไทย ประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญคือ

NAME_T	แสดงชื่อของถนนภาษาไทย
NAME_E	แสดงชื่อของถนนภาษาอังกฤษ
WIDTH	แสดงความลึกของถนน
LANE	แสดงจำนวนช่องจราจร
ONEWAY	แสดงข้อมูลการเดินทางรถทางเดียว
Length	แสดงความกว้างของถนน
RD_TYP_NEW	แสดงประเภทของถนน

ตาราง 3 ตัวอย่างคุณสมบัติของเพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย

NAME_T	NAME_E	WIDTH	LANE	ONEWAY	Length	RD_TYP_NEW
ถนนสุขุมวิท	SUKHUMVIT RD.	7	2	FT	329.525041782	1
ถนน มิตรภาพ	MITTRAPHAP RD.	7	2	FT	308.76226639	1
ทางหลวง แผ่นดิน หมายเลข 11	HIGHWAY 11	7	2	FT	7.99899327855	1



รูป 21 แฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย

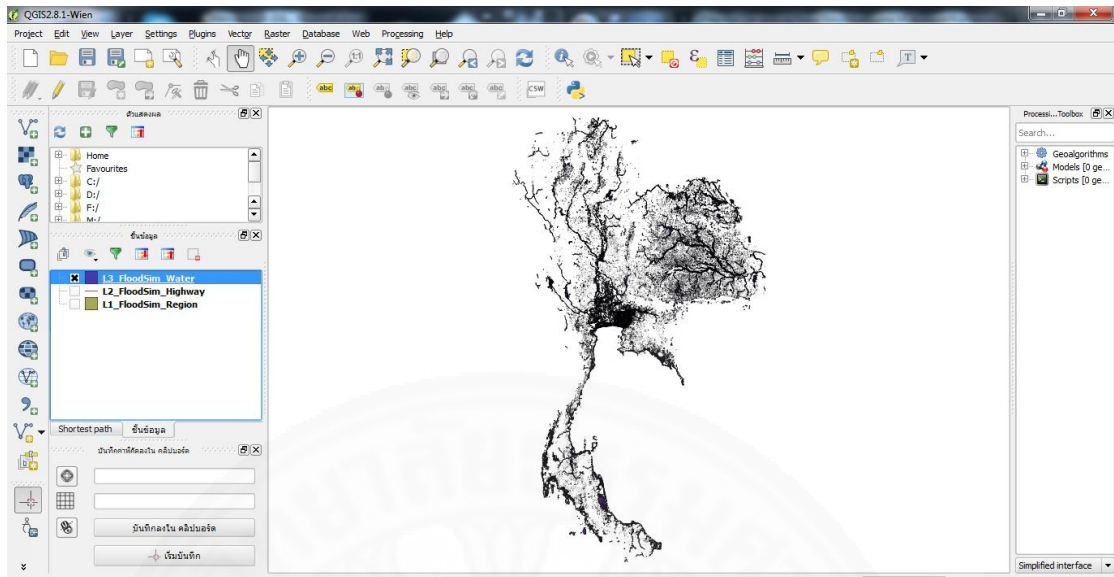
3.4.1.3 แฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย (L3_FloodSim_Water.shp) ประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญคือ

AREA แสดงปริมาตรของน้ำ ณ จุดใดๆ

PERIMETER แสดงขอบเขตของน้ำ ณ จุดใดๆ

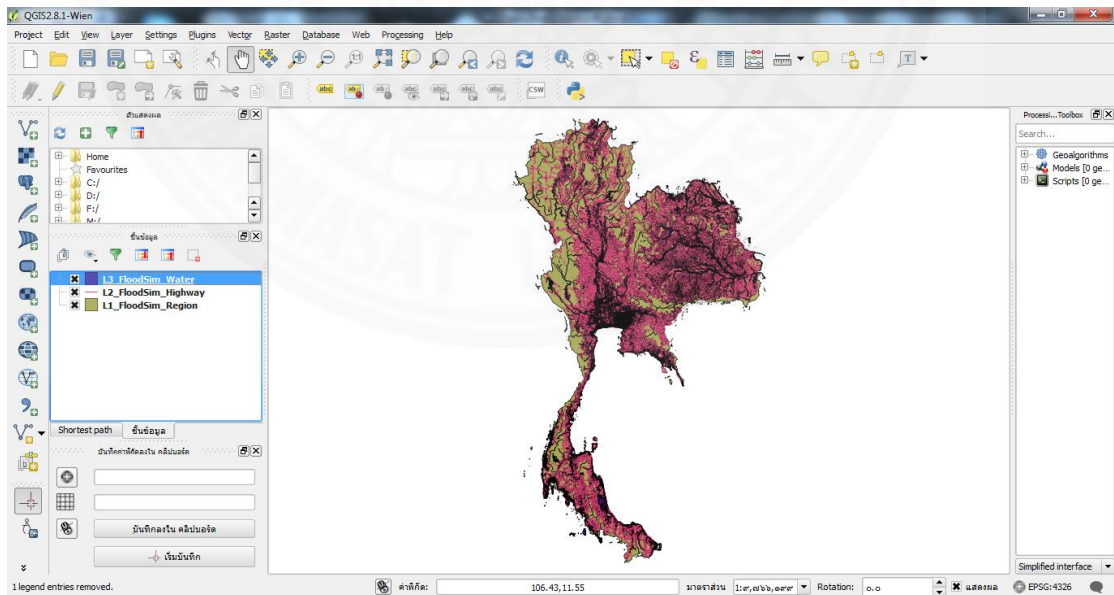
ตาราง 4 ตัวอย่างคุณสมบัติของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย

AREA	PERIMETER
0.00000106544349891	0.00578640073635
0.00000642731723368	0.0188460949017
0.00000239740218071	0.00887500389657



รูป 22 เพิ่มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย

เมื่อนำข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์มาซ้อนทับกันทั้งสามเพิ่มข้อมูลจะได้ลักษณะข้อมูลดังรูป 23 ซึ่งจะใกล้เคียงกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมของระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่ระบบจำลองที่ยูเอฟเอส



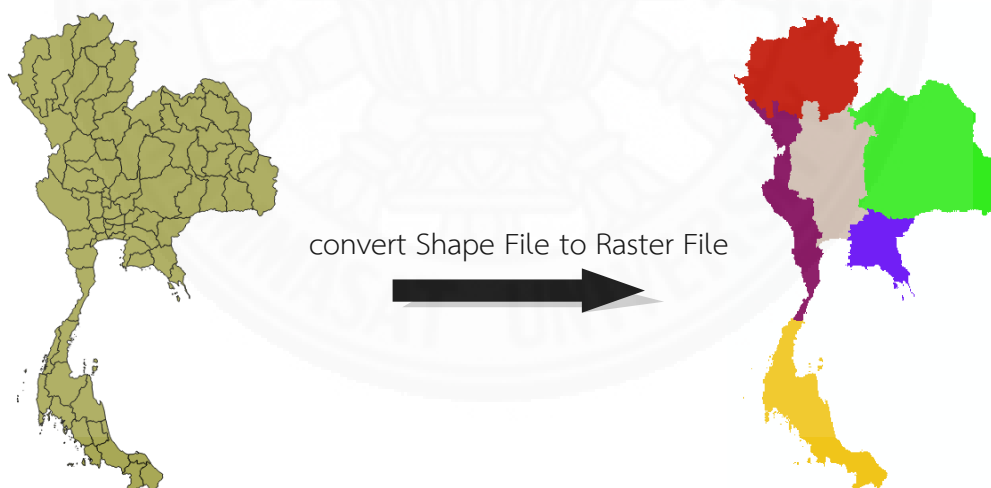
รูป 23 การซ้อนทับของเพิ่มข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์

3.4.2 การเตรียมแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์

ขั้นตอนการเตรียมแฟ้มข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลเข้าของระบบจำลองทิวเอฟเอส ใช้แฟ้มข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์เพื่อนำมาแสดงผลออกทางหน้าจอของระบบจำลอง การทำงานเบื้องหลังของระบบจำเป็นต้องได้รับข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลการทำงานของระบบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับที่ระบบรองรับ

งานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบไฟล์ข้อความหรือรูปแบบแอสกี (ASCII format) เพื่อเป็นข้อมูลเข้าของระบบ เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลแสดงอยู่ในลักษณะของไฟล์ตัวอักษร (text file) จึงง่ายต่อการอ่านข้อมูลเข้าระบบในขั้นตอนการพัฒนา ระบบ ขั้นตอนการแปลงแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ที่อยู่ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้เป็นแฟ้มข้อมูลรูปแบบของแอสกีไฟล์จำเป็นต้องแปลงรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของราสเตอร์ไฟล์ก่อน จากนั้นจึงสามารถแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลรูปแบบของแอสกี

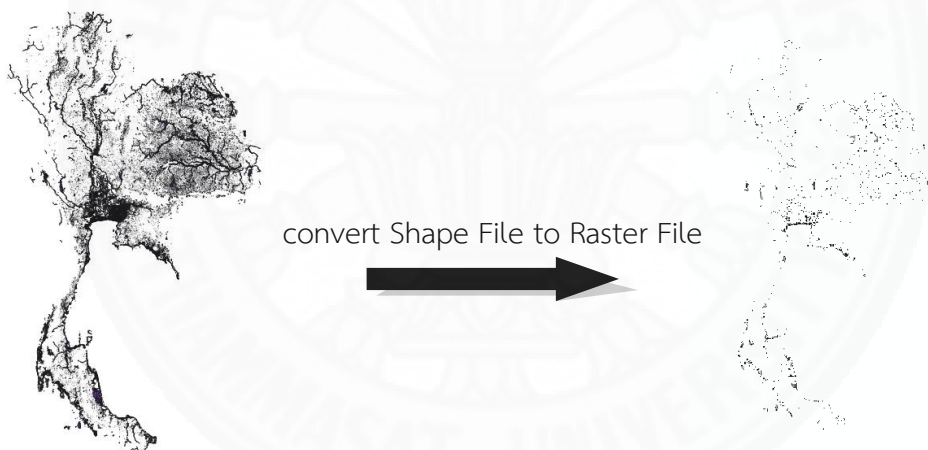
เลือกใช้โปรแกรม ArcMap เวอร์ชัน 10.3 ในการจัดการแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์โดยทำการแปลงทั้งสามแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์



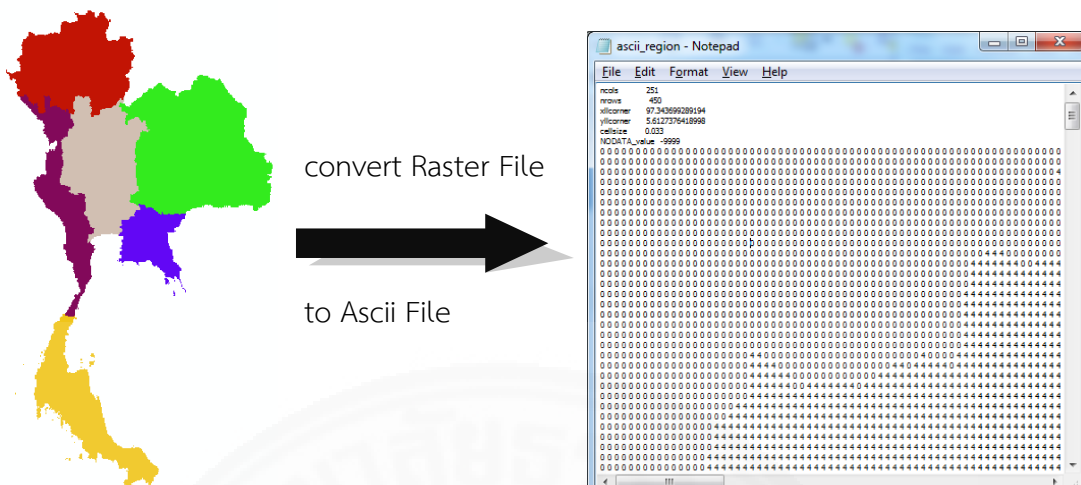
รูป 24 การแปลงแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์ของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย



รูป 25 การแปลงแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์
ของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย



รูป 26 การแปลงแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของเซฟไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ไฟล์
ของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย



รูป 27 ตัวอย่างการแปลงแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์ในรูปแบบของราสเตอร์ไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบแอสกีไฟล์ของแฟ้มข้อมูลภูมิศาสตร์แบบเวกเตอร์แสดงการแบ่งเขตจังหวัดในประเทศไทย

3.5 การเตรียมข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก

การเตรียมข้อมูลเอเจนต์สิ่งอำนวยความสะดวกของ ระบบจำลองฟิวเอชเอส ศึกษาจากระบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบหลายเอเจนต์เพื่อศึกษาการแพร่ระบาดของเชื้ออหิวาต์ โดยได้จำลองไฟล์แสดงที่ตั้งของสิ่งอำนวยความสะดวกขึ้นมาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแสดงข้อมูลอยู่ในภูมิภาคของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเนื่องจากเป็นภูมิภาคดังกล่าวมีลักษณะทางกายภาพเป็นพื้นที่ราบ บริเวณที่เป็นภูเขาหรือเทือกเขามีน้อย จึงเหมาะสมต่อการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมเพื่อใช้ทดสอบความสามารถของระบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่พิจารณาลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ราบเท่านั้น โดยไฟล์ข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวกแสดงอยู่ในรูปแบบของแอสกีไฟล์ ได้แก่ ไฟล์ `ascii_util_1.txt` ประกอบด้วยสิ่งอำนวยความสะดวก 60 จุด ไฟล์ `ascii_util_2.txt` ประกอบด้วยสิ่งอำนวยความสะดวก 30 จุด

ไฟล์ `ascii_util_1.txt` ประกอบด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหมด 60 จุด แบ่งเป็น จุดแจกจ่ายอาหาร 24 จุด โดยตั้งอยู่ที่ภาคเหนือ 12 จุดและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12 จุด สถานพยาบาลทั้งหมด 22 จุด ตั้งอยู่ที่ภาคเหนือ 11 จุดและที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11 จุด ที่พักผู้ประสบภัยทั้งหมด 14 จุด ตั้งอยู่ที่ภาคเหนือ 7 จุดและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 จุด

ตาราง 5 ข้อมูลรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวกในไฟล์ ascii_util_1.txt

ภูมิภาค	ประเภทสิ่งอำนวยความสะดวก	จำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก
เหนือ	จุดแจกจ่ายอาหาร	12
เหนือ	สถานพยาบาล	11
เหนือ	ที่พักผู้ประสบภัย	7
ตะวันออกเฉียงเหนือ	จุดแจกจ่ายอาหาร	12
ตะวันออกเฉียงเหนือ	สถานพยาบาล	11
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ที่พักผู้ประสบภัย	7

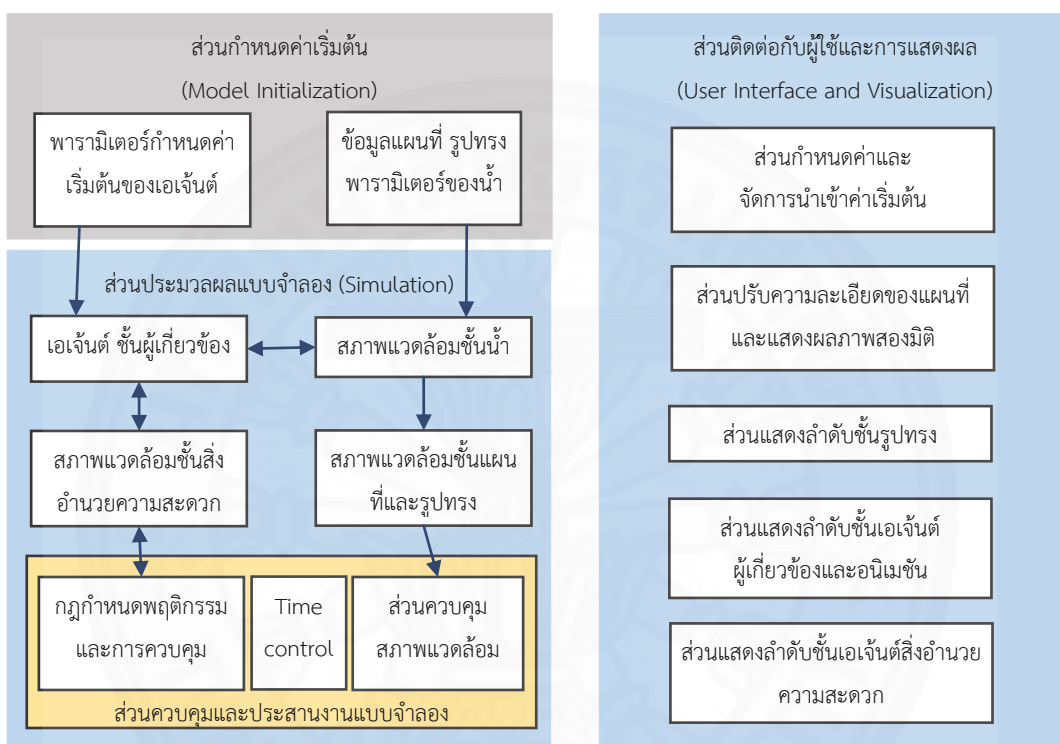
ไฟล์ ascii_util_2.txt ประกอบด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหมด 30 จุด แบ่งเป็น จุดแจกจ่ายอาหาร 12 จุด สถานพยาบาลทั้งหมด 11 จุด และที่พักผู้ประสบภัยทั้งหมด 7 จุด โดยทั้งหมดตั้งอยู่ที่ตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด

ตาราง 6 ข้อมูลรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวกในไฟล์ ascii_util_2.txt

ภูมิภาค	ประเภทสิ่งอำนวยความสะดวก	จำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก
ตะวันออกเฉียงเหนือ	จุดแจกจ่ายอาหาร	12
ตะวันออกเฉียงเหนือ	สถานพยาบาล	11
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ที่พักผู้ประสบภัย	7

3.6 โครงสร้างของระบบจำลอง

โครงสร้างของ ระบบจำลองที่ยูเอฟเอส แบ่งออกเป็นสามส่วนหลักได้แก่ ส่วนกำหนดค่า เริ่มต้น (Model Initialization) ส่วนประมวลผลแบบจำลอง (Simulation) และส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้และการแสดงผล



รูป 28 โครงสร้างของระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่

การทำงานเริ่มต้นที่ส่วนของกำหนดค่าเริ่มต้นโดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบเกิดจากการอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลจริงและสร้างจากการประมาณค่าของผู้วิจัย เช่น พารามิเตอร์ความต้องการอาหารในแต่ละวันของมนุษย์ คือ 0.6 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็นความต้องการข้าว 300 กรัม ปลา และเนื้อสัตว์ 125 กรัม ไข่ 15 กรัม ไขมัน 11 กรัม ผัก 114 กรัม ผลไม้ 85 กรัม รวมเป็น 650 กรัม ผู้วิจัยประมาณค่าเป็น 600 กรัมอ้างอิงข้อมูลจากแผนอาหารและโภชนาการแห่งชาติ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่8 (2540-2544) [19]

ค่าเริ่มต้นของข้อมูลแผนที่ที่พิกัดทางภูมิศาสตร์อ้างอิงจากสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ได้แก่ข้อมูลแผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงจังหวัดในประเทศไทย แผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงถนนทางหลวงในประเทศไทย และแผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงพื้นที่ทางชลประทานของประเทศไทย

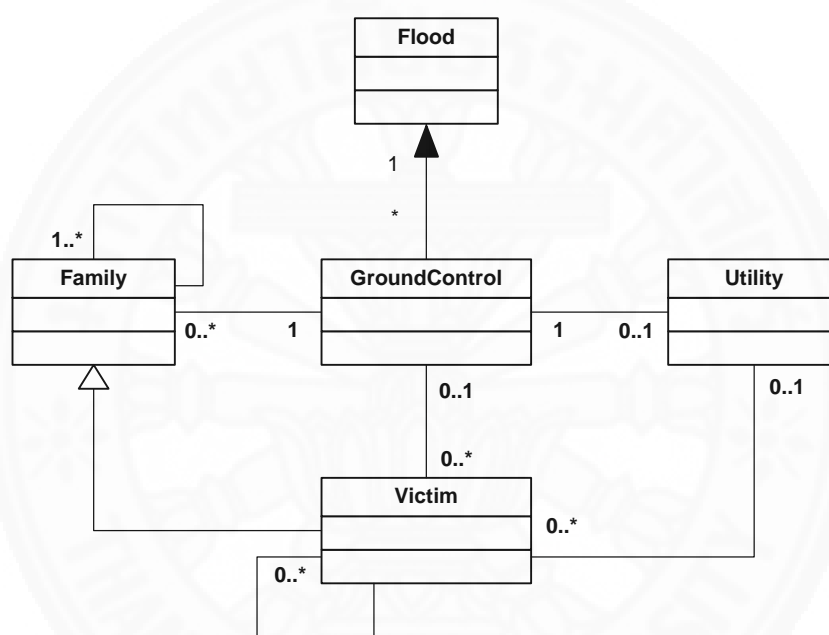
ส่วนที่สองคือส่วนประมวลผลแบบจำลองเป็นส่วนที่อยู่ด้านบนสุดของโมเดล ประกอบด้วยเอเจนต์ผู้เกี่ยวข้องซึ่งคือเอเจนต์ผู้ประสบภัย (Victim agent) ใช้เป็นตัวแทนของมนุษย์ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม และเอเจนต์สิ่งอำนวยความสะดวก ใช้แทนเป้าหมายในการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ผู้ประสบภัยถูกนำเสนอในรูปแบบของจุดที่พิจารณา POI (Point of interest) ส่วนสภาพแวดล้อมขั้นน้ำและสภาพแวดล้อมขั้นแผนที่และรูปทรงเกิดจากการแปลงข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบแอสกีไฟล์ และส่วนที่สำคัญของส่วนประมวลผลแบบจำลองคือส่วนควบคุมและประสานงานแบบจำลอง เพราะเป็นส่วนที่ทำให้ระบบจำลองขับเคลื่อนตามโมเดลที่กำหนดไว้ ในส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนควบคุมเวลา (Time control) ที่ควบคุมเวลาจำลองในระบบ กำหนดให้เวลาจำลองเริ่มต้นที่ 0 และมีหน่วยย่อยคือนาที ส่วนการจัดการการตอบสนองต่างๆ เช่นการคำนวณตำแหน่งแต่ละเอเจนต์ การแลกเปลี่ยนข้อมูล และการเคลื่อนที่ ส่วนควบคุมสภาพแวดล้อมจะเก็บข้อมูลการเข้าถึงสภาพแวดล้อมในชั้นต่างๆ และควบคุมการทำงานบนสภาพแวดล้อม เช่นเอเจนต์ผู้ประสบภัยจะเคลื่อนที่บนสภาพแวดล้อมถนนเท่านั้น

ส่วนที่สามคือส่วนติดต่อกับผู้ใช้และการแสดงผล เป็นส่วนควบคุมการแสดงผลทั้งหมดในระบบซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบสองมิติ เมื่อการจำลองเริ่มต้นขึ้นค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะถูกโหลดเข้ามาในระบบและสร้างการแสดงผลออกทางหน้าจอ เนื่องจากระบบจำลองคอมพิวเตอร์เกิดจากการทำงานร่วมกันของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์หลายไฟล์ สิ่งสำคัญคือการประสานงานร่วมกันของไฟล์ข้อมูล เพื่อให้สามารถแสดงผลการจำลองบนแฟ้มข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่อ้างอิงบนพิกัดเดียวกัน และเนื่องจากระบบจำลองคอมพิวเตอร์ ระบบจำลองที่ยูเอฟเอสเลือกใช้เฟรมเวิร์กการทำงานของจีโอเมสัน จึงสามารถเรียกใช้การแสดงผลที่เป็นส่วนพัฒนาของเฟรมเวิร์กจีโอเมสันได้เพื่อติดตามการทำงานของข้อมูลขณะรันโมเดล เช่น แผนภูมิแสดงเวลาในระบบ (Time Chart) แผนภูมิแสดงจำนวนเอเจนต์ผู้ประสบภัยตามช่วงอายุของเอเจนต์ผู้ประสบภัยในระบบ (Age Chart) และกราฟแท่งแสดงติดตามการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ผู้ประสบภัยไปยังสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆแบบเรียลทาม (Victim's Activity)

โดยเอเจนต์จะตัดสินใจว่าต้องไปที่เป้าหมายใดขึ้นอยู่กับคุณลักษณะส่วนตัว เช่น อายุ หรือเพศความต้องการเฉพาะตัว และสถานะ เมื่อเอเจนต์มีเป้าหมายจะเคลื่อนที่ไปตามถนนบนสภาพแวดล้อมไปยังเป้าหมายและทำกิจกรรมเอเจนต์จะเดินทางต่อหรืออยู่ที่เป้าหมายขึ้นอยู่กับสถานะของเอเจนต์ จากนั้นเอเจนต์จะหาเป้าหมายใหม่เพื่อเคลื่อนไปยังเป้าหมายต่อไป

3.7 แนวคิดการออกแบบระบบจำลอง

ระบบจำลองทียูเอฟเอส มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนในกรณีเกิดเหตุการณ์อุทกภัยขนาดใหญ่โดยพยายามที่จะจำลองพฤติกรรมเคลื่อนที่ของมนุษย์โดยอ้างอิงจากการใช้ชีวิตประจำวันขณะเกิดเหตุอุทกภัยโดยใช้แฟ้มข้อมูลทางภูมิศาสตร์เป็นสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสมจริงขึ้นในระบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบยูเอ็มแอลไดอะแกรม (UML Diagram) ของระบบดังรูป 29 UML Diagram ของระบบ



รูป 29 UML Diagram ของระบบ

เอเจนต์หลักของระบบคือผู้ประสบภัย (Victim) โดยเมื่อเริ่มต้นระบบจะสุ่มค่าพิกัดให้เอเจนต์ผู้ประสบภัยกระจายไปทั่วแผนที่ประเทศไทย โดยมีเงื่อนไขว่าเอเจนต์จะไม่เกิดบนพื้นที่ที่เป็นบริเวณแหล่งน้ำ ให้เอเจนต์ผู้ประสบภัยมีครอบครัว (Family) และกำหนดบ้านให้ผู้ประสบภัยผู้ประสบภัยที่เป็นครอบครัวเดียวกันจะสามารถใช้ทรัพยากรร่วมกันจากงานวิจัยนี้ทรัพยากรที่ใช้ร่วมกันคืออาหาร ซึ่งการใช้ทรัพยากรร่วมกันถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อไปยังเป้าหมายถัดไป เริ่มต้นให้เอเจนต์อยู่ที่บ้าน โดยเอเจนต์ผู้ประสบภัยจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น เพศ อายุ สถานะทางสุขภาพและเป้าหมาย โดยคุณลักษณะของเอเจนต์ผู้ประสบภัยแสดงดังตาราง 7

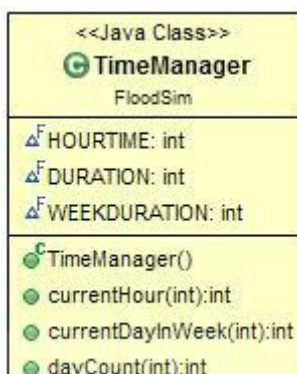
ตาราง 7 คุณสมบัติของคลาส Victim

คุณลักษณะ	ค่าและคำอธิบาย
ลักษณะทั่วไป	เพศ, อายุ กำหนดค่าความสุ่ม
สถานะทางสุขภาพ	สุขภาพดี, เริ่มแสดงอาการป่วย,ป่วย กำหนดค่าความสุ่มโดยพิจารณาจากร้อยละของเอเจนต์ที่เกิดขึ้นในทุกสถานะ
รหัสครอบครัว	Unsigned integer กำหนดค่าความสุ่มโดยพิจารณาจากขนาดของครอบครัวและร้อยละของเอเจนต์ที่ขนาดของครอบครัวตามช่วงจำนวน

คุณลักษณะของเอเจนต์แบ่งออกเป็นสามคุณลักษณะคือ ลักษณะทั่วไปได้แก่ เพศ และอายุ โดยระบบกำหนดค่าความสุ่มให้กับเพศชาย 50% และเพศหญิง 50% ส่วนอายุระบบจำลองที่อยู่เอเฟอสแบ่งช่วงอายุออกเป็นสามช่วง ได้แก่ ช่วงอายุ 10-25 ปีเป็นช่วงวัยรุ่น ช่วงอายุ 26-50 ปีเป็นช่วงวัยกลางคน และช่วงอายุ 51 ปีขึ้นไปเป็นช่วงผู้สูงอายุ ซึ่งอายุเป็นตัวแปรหนึ่งที่ระบบใช้เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาอพยพออกจากพื้นที่ เช่นช่วงผู้สูงอายุจะมีความไวกับปัจจัยที่มีส่วนให้อพยพมากที่สุด

สถานะทางสุขภาพของเอเจนต์ผู้ประสพภัยแบ่งออกเป็นสามประเภทคือ สุขภาพดี (Healthy) เริ่มแสดงอาการป่วย (Symptom) และป่วย (Sick) โดยเริ่มต้นระบบจะกำหนดค่าความสุ่มสถานะทางสุขภาพให้กับเอเจนต์ผู้ประสพภัย และเมื่อเวลาผ่านไปสถานการณ์น้ำท่วมจะส่งผลให้เอเจนต์ผู้ประสพภัยที่มีสุขภาพดี เริ่มแสดงอาการป่วย หรือเอเจนต์ผู้ประสพภัยที่เริ่มแสดงอาการป่วยจะกลายเป็นสถานะป่วย หากไม่ได้รับการรักษาโดยเดินทางไปยังสถานพยาบาลเกินจำนวนครั้งที่พารามิเตอร์กำหนดค่าไว้

รหัสครอบครัว มีลักษณะข้อมูลเป็น Unsigned Integer โดยเอเจนต์ที่เป็นครอบครัวเดียวกันจะมีรหัสครอบครัวเบอร์เดียวกัน



รูป 30 คุณสมบัติของคลาส TimeManager

ในหน่วยของเวลาในระบบจะแบ่งออกเป็น นาที ชั่วโมง วันและสัปดาห์ ในแต่ละ จังหวะการเคลื่อนที่นำเสนอในรูปแบบของนาฬิกา หน่วยเวลาอื่นอ้างอิงตามเวลาจริงคือใน 1 ชั่วโมงมี 60 นาที ใน 1 วันมี 24 ชั่วโมง และใน 1 สัปดาห์มี 7 วัน โดยเริ่มต้นระบบที่เวลาเที่ยงคืน คือ 0 นาที 0 ชั่วโมง 0 วัน และ 0 สัปดาห์ เอเจนต์จะทำกิจกรรมในช่วงเช้าของวัน และกลับบ้านเพื่อนอนในช่วงเวลากลางคืน

3.8 สิ่งอำนวยความสะดวก

สิ่งอำนวยความสะดวกในระบบจำลองอุทกภัยขนาดใหญ่ระบบจำลองที่ยูเอฟเอสก็คือ เป้าหมายที่เอเจนต์ผู้ประสบภัยตัดสินใจไปเพื่อทำกิจกรรมใดๆตามสิ่งอำนวยความสะดวก โดยแบ่งสิ่งอำนวยความสะดวกออกเป็นสามประเภทได้แก่

3.8.1 สถานพยาบาล (Health Center)

เอเจนต์ผู้ประสบภัยจะเลือกมาสถานพยาบาลเมื่ออยู่ในสถานะสุขภาพป่วย (Sick) หรือ อยู่ในสถานะสุขภาพมีอาการ (Symptom) โดยระบบกำหนดความจุที่สถานพยาบาลรองรับได้ในแต่ละวัน กรณีที่เอเจนต์ผู้ประสบภัยไม่ได้รับการรักษาเกินจำนวนครั้งที่ถูกกำหนดไว้เป็นพารามิเตอร์ของระบบ สถานะทางสุขภาพจะถูกเปลี่ยนให้รุนแรงขึ้นหนึ่งขั้น จากสถานะเริ่มแสดงอาการป่วยเป็น สถานะป่วย และจากสถานะป่วยจะถูกให้ค่าน้ำหนักมากขึ้นเพื่อให้เอเจนต์พิจารณาเดินทางไปยัง เป้าหมายต่อไป โดยเอเจนต์ที่มีสถานะสุขภาพป่วยจะได้ค่าน้ำหนักในการมายังสถานพยาบาลมากกว่า สถานะเริ่มแสดงอาการ และเมื่อเอเจนต์ผู้ประสบภัยได้รับการรักษา สถานะทางสุขภาพของเอเจนต์ผู้ประสบภัยจะเป็นสุขภาพดี

3.8.2 จุดแจกจ่ายอาหาร (Food Center)

เอเจนต์ผู้ประสภัยจะเลือกมาจุดแจกอาหารเมื่ออาหารที่สะสมภายในบ้านน้อยกว่าความต้องการที่ควรได้รับในแต่ละวันเมื่อคิดรวมสมาชิกทั้งหมดภายในบ้าน

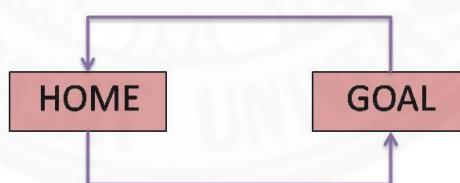
3.8.3 ที่พักผู้ประสภัย (Shelter)

เอเจนต์ผู้ประสภัยจะเลือกมาพักที่ที่พักผู้ประสภัยประกอบด้วยสองเงื่อนไขคือปริมาณน้ำถึงเกณฑ์เทอร์โอสตามช่วงอายุ โดยกำหนดให้เอเจนต์ผู้ประสภัยที่เป็นผู้สูงอายุ จะมีค่าเทอร์โอสระดับน้ำสำหรับอพยพต่ำกว่าเอเจนต์ผู้ประสภัยที่เป็นวัยกลางคน และเช่นเดียวกันค่าเทอร์โอสระดับน้ำสำหรับอพยพต่ำกว่าเอเจนต์ผู้ประสภัยที่เป็นวัยกลางคนจะต่ำกว่าเอเจนต์ผู้ประสภัยที่เป็นวัยรุ่น และเงื่อนไขที่สองคือสถานะทางสุขภาพ เอเจนต์ที่อยู่ในช่วงวัยกลางคนหากมีสถานะทางสุขภาพป่วยหรือเริ่มแสดงอาการป่วยจะส่งผลให้เอเจนต์ผู้ประสภัยตัดสินใจมาพักที่ที่พักผู้ประสภัย ส่วนเอเจนต์วัยรุ่นจะต้องมีสถานะป่วยเท่านั้นถึงจะตัดสินใจมาพักที่ที่พักผู้ประสภัย

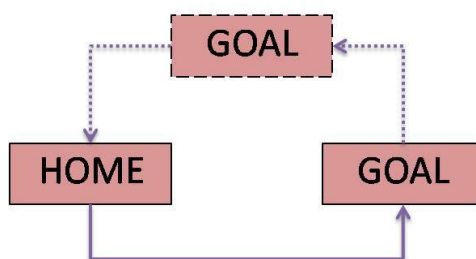
3.9 การเคลื่อนที่และกำหนดการ

ในทุกช่วงจังหวะการเดินทางของเอเจนต์ผู้ประสภัย เอเจนต์ต้องตัดสินใจว่าจะเคลื่อนที่ไปที่ใดซึ่งขึ้นกับความต้องการและคุณลักษณะ ณ ช่วงเวลานั้น โดยเมื่อเอเจนต์มีเป้าหมายเอเจนต์จะเคลื่อนที่โดยเลือกจากถนนเส้นที่ใกล้ที่สุดแบ่งกรณีการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ออกเป็น 3 กรณี

1. เอเจนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย ทำกิจกรรมสำเร็จ เอเจนต์อาจจะยังคงอยู่ที่เป้าหมายจนครบกำหนดเวลาหรืออาจกลับบ้าน



2. เอเจนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย ทำกิจกรรมสำเร็จ แต่เอเจนต์เลือกไปยังเป้าหมายอื่นต่อก่อนที่จะกลับบ้าน



3. เอเจนต์ไปยังเป้าหมายช้าเกินไป ดังนั้นเอเจนต์ต้องเดินทางกลับไปอยู่บ้าน



พฤติกรรมและรูปแบบการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนจะแตกต่างกันไปตามสถานการณ์ขึ้นอยู่กับแนวโน้มทางสังคมและการตัดสินใจทางจิตวิทยา [20, 21, 22] ในวิทยานิพนธ์นี้อ้างอิงงานวิจัย [16, 22, 23] ปัจจัยที่สำคัญในการในการเคลื่อนที่ของระบบจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนได้แก่ปัจจัยดังต่อไปนี้

3.9.1 การเลือกเส้นทาง

เอเจนต์ผู้ประสพภัยจะเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายโดยผ่านเส้นทางที่อยู่บนถนนเท่านั้น เอเจนต์ผู้ประสพภัยจะตัดสินใจเคลื่อนที่ไปยังถนนเส้นที่ใกล้ที่สุด โดยใช้วิธีคิดแบบ A*

อัลกอริทึมแบบ A* จะพิจารณาจากสถานะเริ่มต้นมายังสถานะปัจจุบัน และจากสถานะปัจจุบันไปยังสถานะเป้าหมาย ประกอบด้วยสามส่วนที่สำคัญคือ Heuristic คือค่าที่ใช้ตัดสินใจเมื่อผ่านจุดใดๆ ค่าที่ได้จะมีลักษณะเป็นตัวเลข Cost คือค่าที่บ่งบอกระยะทาง ลักษณะข้อมูลเป็นตัวเลข และ Priority คือค่าที่ได้จากการรวมค่า Heuristic และ Cost โดยตัวเลขที่ได้จะบ่งบอกถึงความเหมาะสมที่จะเลือกผ่านเส้นทางนี้ โดยเส้นทางที่ให้ค่า Priority น้อยจะถูกเลือกให้เป็นโหนดถัดไป

ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานให้เอเจนต์ผู้ประสพภัยสามารถเดินอยู่บนสภาพแวดล้อมถนนข้ามจังหวัดได้ และสามารถเดินไปตามถนนทั่วประเทศได้ในส่วนสภาพแวดล้อมของถนนกำหนดให้ประเภทของถนนไม่มีผลต่อการคำนวณเส้นทาง โดยถนนจะมีความจุในกรณีที่มีความจุเต็มเอเจนต์ผู้ประสพภัยจะต้องรอจนกว่าถนนจะว่างจึงจะสามารถเดินทางต่อได้เมื่อเส้นทางถูกเลือกเอเจนต์จะเคลื่อนที่ไปบนถนน ในการเคลื่อนที่ครั้งต่อไปจะใช้สูตร (1) - (4)

3.9.2 เปลี่ยนเป้าหมาย

การเปลี่ยนตำแหน่งของเอเจนต์ i จากตำแหน่ง x ที่เวลา t จะใช้สมการการเคลื่อนที่ดังสูตรนี้ โดย v_i คือความเร็วในการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ i ซึ่งเกิดจากระยะขจัดที่เคลื่อนที่ได้ของเอเจนต์ $i(dx_i)$ ในเวลาที่เปลี่ยนไป (dt)

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = v_i \quad (1)$$

3.9.3 ความเร่งในการเคลื่อนที่

สูตรหาความเร่งของเอเจนต์ i เป็นไปตามสมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าความเร่งในการเคลื่อนที่ของเอเจนต์แต่ละตัวจะไม่เท่ากัน โดย m_i คือน้ำหนักรวมของกลุ่มเอเจนต์ i ดังนั้นความเร่งในการเคลื่อนที่ของเอเจนต์เกิดจากสององค์ประกอบ ได้แก่ $f_i(t)$ คือความเร่งที่เกิดขึ้นที่เวลา t ขณะที่ผู้คนเกิดความตื่นตระหนก ส่งผลให้มีความรู้สึกอยากเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น และ $\xi_i(t)$ คือแรงจุดแรงต้านอันเนื่องมาจากเจอบุคคลในการเคลื่อนที่ เช่น ปริมาณน้ำ สถานะป่วย หรืออยู่ในช่วงผู้สูงอายุ

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = f_i(t) + \xi_i(t) \quad (2)$$

3.9.4 แรงเร่งและค่าผกผัน

ค่าเริ่มต้นของ $f_i(t)$ เป็นความเร็วคงที่ของกลุ่มเอเจนต์ i ซึ่งก็คือความเร็วเฉลี่ยของช่องทางจราจร กรณีที่เอเจนต์ i เริ่มต้นเคลื่อนที่จากบริเวณที่แห้ง จะต้องคิดรวมกับค่าเฉลี่ยของความเร็วบนถนนด้วย แต่กรณีที่พื้นที่ถูกน้ำท่วมค่าเฉลี่ยความเร็วจะเป็นค่าเฉลี่ยของยานพาหนะที่ใช้อพยพ เช่น รถถังของทหาร หรือเรือช่วยชีวิต ในช่วงเวลาถัดไปแรงของเวลาที่ใช้ก่อนหน้าจะถูกนำมาคิดตามสมการแรงดังนี้

$$f_i(t) = \begin{cases} s_i, & \text{if } t = 0 \\ \frac{f_i(t-1) + s_i}{2}, & \text{if } t > 0 \end{cases} \quad (3)$$

ค่าความผกผันขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่หลากหลายของเอเจนต์เช่นคุณลักษณะเฉพาะตัวของเอเจนต์ค่าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงบวกหรือลบถูกคำนวณจากค่าคงที่ของร้อยละของแรงที่ใช้ในเวลาก่อนหน้า ผู้ใช้ต้องระบุกฎให้ค่าของ p เป็น -1 เพื่อให้ได้แรงเป็นค่าลบ และ +1 สำหรับค่าแรงเป็นบวก ค่าร้อยละของเทรดโฮลถูกใช้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลง ถ้าไม่ได้ระบุให้ค่าเริ่มต้น 5% ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของคนที่เดินเท้าเมื่อเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่เกิดความหวาดกลัว คีวามผันผวนแสดงดังสมการดังนี้

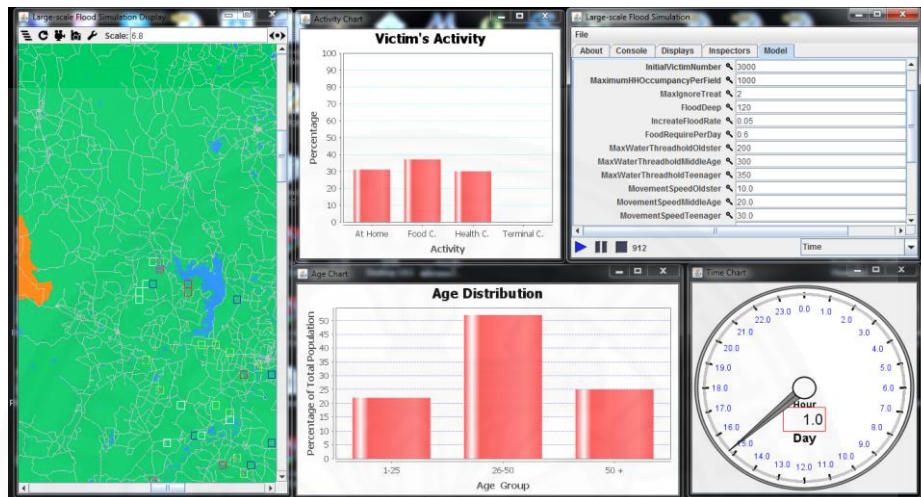
$$\xi_i(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } t = 0 \\ p \times \text{threshold} \times f_i(t-1), & \text{if } t > 0 \end{cases} \quad (4)$$

ตัวอย่างเช่นเอเจนต์ *i* เคลื่อนที่ไปยังสถานพยาบาลด้วยสถานะทางสุขภาพคือป่วย มีค่าเฉลี่ยของอายุคือ 60-90 ปี และอยู่ในพื้นที่น้ำท่วม แสดงว่าเอเจนต์ *i* จะเคลื่อนที่ด้วยเร็วขึ้นในเวลาต่อไป






3.10 การแสดงผล

หน้าจอแสดงผลเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานระบบ แสดงข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างประมวลผลแบบเรียลไทม์ประกอบด้วย การแสดงผลสองส่วนหลักคือ ส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบหลักและส่วนที่แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลหรือระหว่างประมวลผล



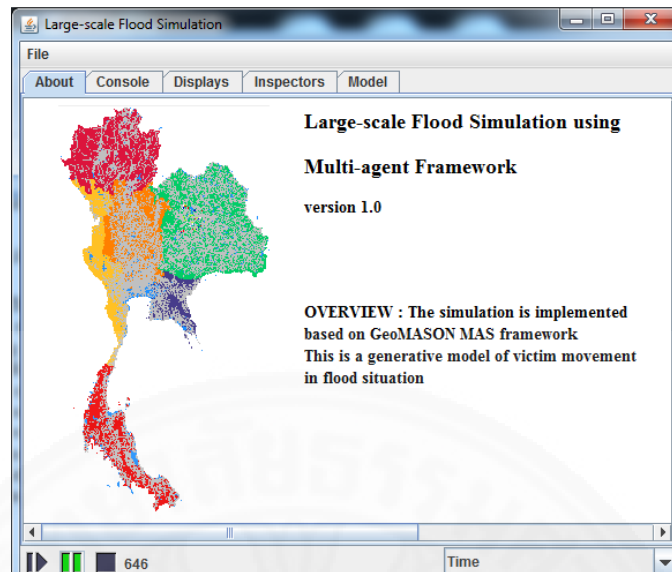
รูป 31 หน้าจอโดยรวมของระบบจำลองที่ยูเอฟเอส

ส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบหลักคือส่วนที่ผู้ใช้สามารถควบคุมการประมวลผลข้อมูลตามจังหวะการเดินของระบบ จากรูปที่ 32 แสดงส่วนควบคุมการทำงานหลัก สังเกตที่ด้านของหน้าจอจะปรากฏสัญลักษณ์ควบคุมการประมวลผลสามสัญลักษณ์ ได้แก่

-  คือสัญลักษณ์ให้เริ่มการประมวลผล (Play)
-  คือสัญลักษณ์ให้หยุดการประมวลผลชั่วคราว (Pause)
-  คือสัญลักษณ์ให้จบการประมวลผล (Stop)

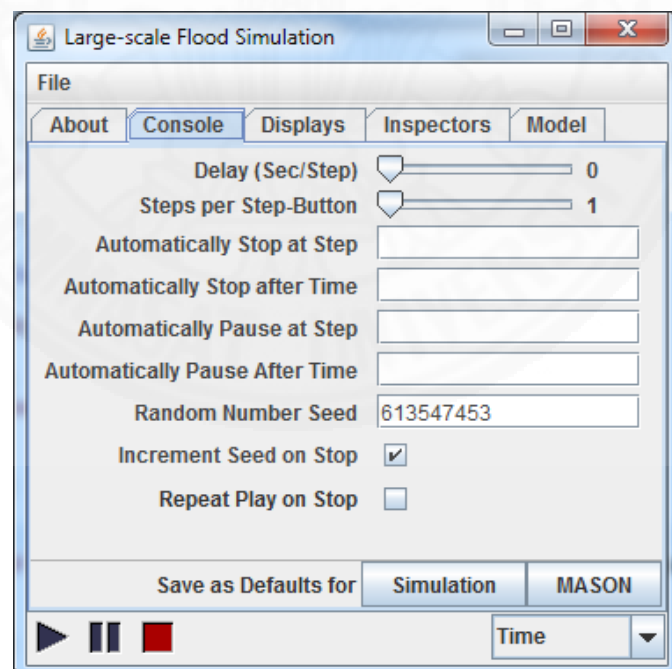
และตัวเลขที่แสดงหลังสัญลักษณ์ทั้งสาม แสดงจังหวะการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ในระบบ ส่วนควบคุมการทำงานของระบบหลักแบ่งการแสดงผลย่อยออกเป็น 5 หน้าจอดังนี้

1. About เป็นหน้าจอแสดงคำอธิบายและรายละเอียดของโปรแกรม โดยดึงข้อมูลที่อยู่ในรูปของ html มาใช้ในการแสดงผล



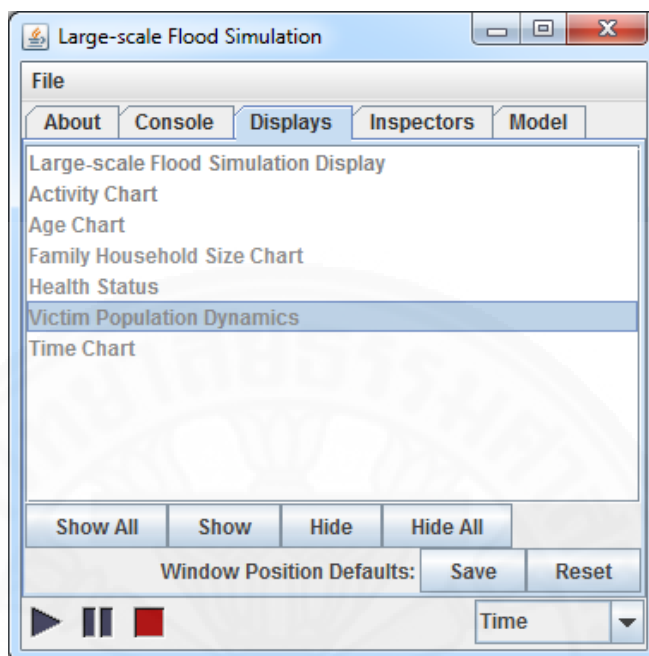
รูป 32 ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - About

2. Console เป็นหน้าจอควบคุมการทำงานส่วนย่อย โดยในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถกำหนด จังหวะการเคลื่อนที่ของเอเจนต์ในระบบได้ เช่น กำหนดจังหวะให้ระบบหยุดการประมวลผลชั่วคราวที่ จังหวะการเคลื่อนที่ที่ต้องการ หรือให้หยุดประมวลผลเมื่อผ่านเวลาที่ต้องการ



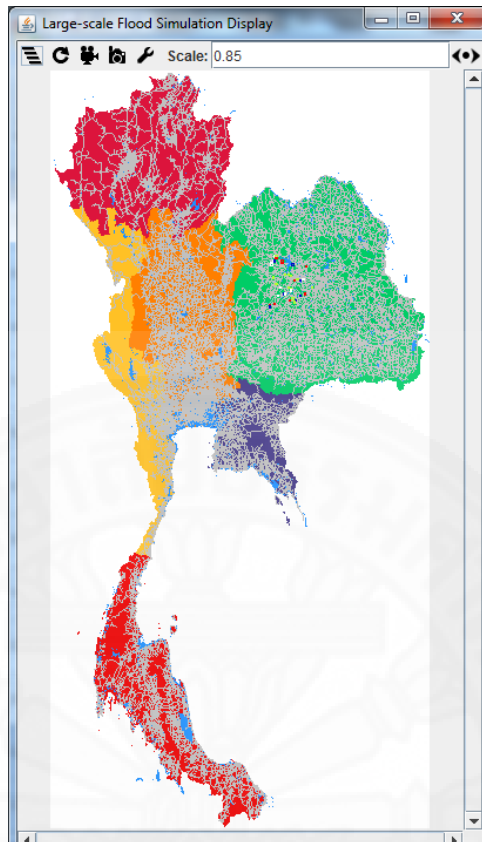
รูป 33 ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - Console

3. Displaysเป็นหน้าจอแสดงข้อมูลรายละเอียดที่ได้ระหว่างประมวลผล แบ่งออกเป็น หน้าจอย่อยอีก 7หน้าจอ




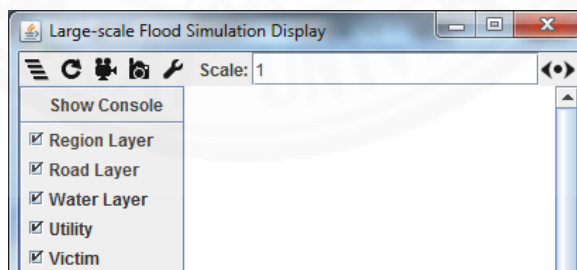
รูป 34 ส่วนควบคุมการทำงานหลักของระบบ - Displays

3.1 Large-scale Flood Simulation Displayแสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของเอเจนต์บนสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จากรูปที่ 35 แสดงการซ้อนทับของชั้นข้อมูลทั้งหมดในระบบซึ่งประกอบ ชั้นข้อมูลแผนที่แสดงพื้นที่ภูมิภาคของประเทศไทย ชั้นข้อมูลแผนที่ถนนทางหลวงในประเทศไทย ชั้นข้อมูลแผนที่แสดงพื้นที่ทางชลประทานในประเทศไทย ชั้นข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก และชั้นของเอเจนต์ผู้ประสบภัย

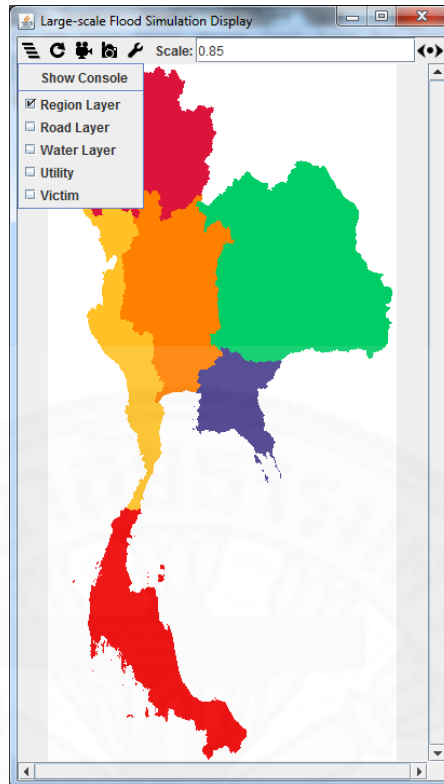


รูป 35 หน้าจอการซ้อนทับของทุกชั้นข้อมูลในระบบ

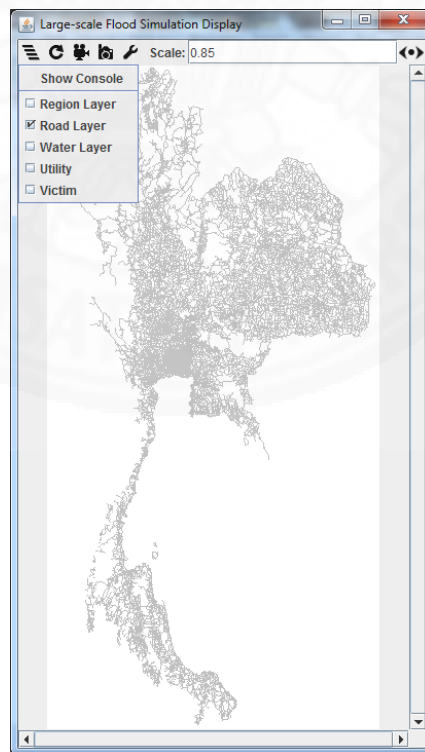
บริเวณมุมซ้ายด้านบนของหน้าจอ Large-scale Flood Simulation Display ปรากฏสัญลักษณ์แสดงลำดับชั้นข้อมูล  ให้ผู้ใช้สามารถเลือกชั้นของข้อมูลในระบบที่ต้องการให้แสดงผลได้ โดยเมื่อกดที่สัญลักษณ์แสดงลำดับชั้นจะปรากฏชั้นข้อมูลต่างๆในระบบดังรูป 36



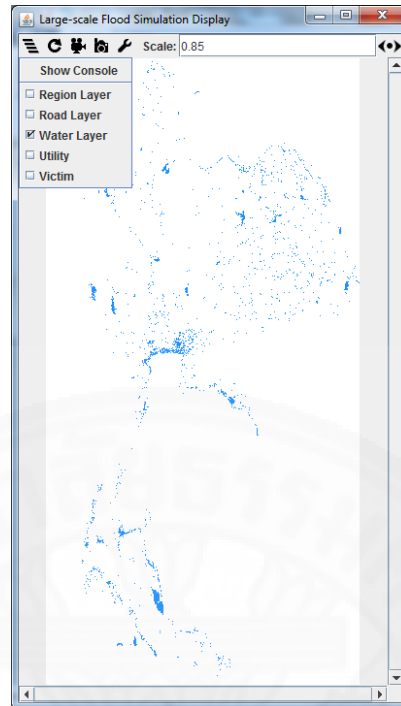
รูป 36 ตัวเลือกชั้นข้อมูลต่างๆในระบบ



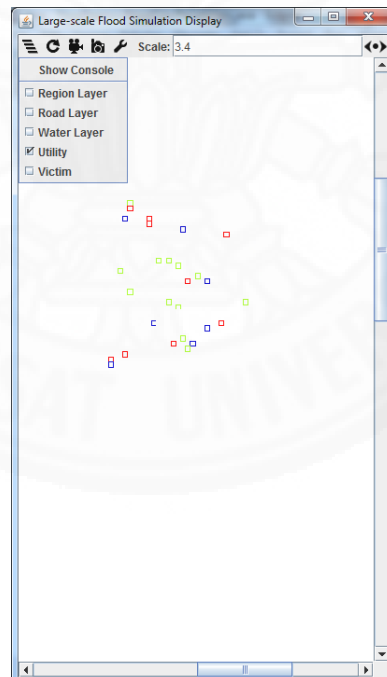
รูป 37 ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่แสดงพื้นที่ภูมิภาคของประเทศไทย



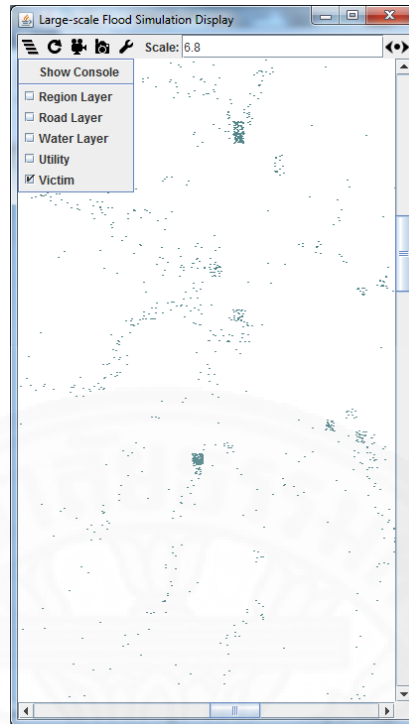
รูป 38 ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่ถนนทางหลวงในประเทศไทย



รูป 39 ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลแผนที่ทางชลประทานในประเทศไทย

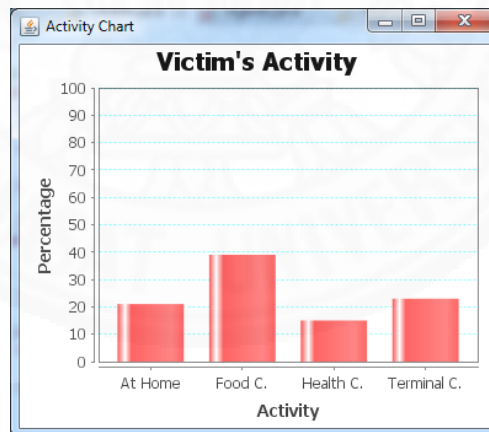


รูป 40 ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลถึงอำนาจความอำนวยความสะดวก



รูป 41 ข้อมูลเมื่อเลือกเฉพาะชั้นข้อมูลเอเจนต์ผู้ประสบภัย

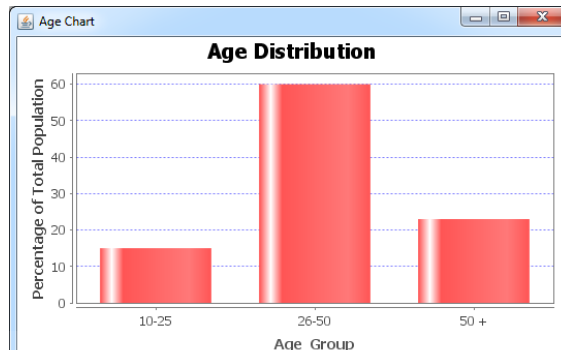
3.2 Activity Chartแสดงร้อยละของปริมาณเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่อยู่ในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆแบบเรียลทาม



รูป 42 หน้าจอบอกปริมาณเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่อยู่ในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

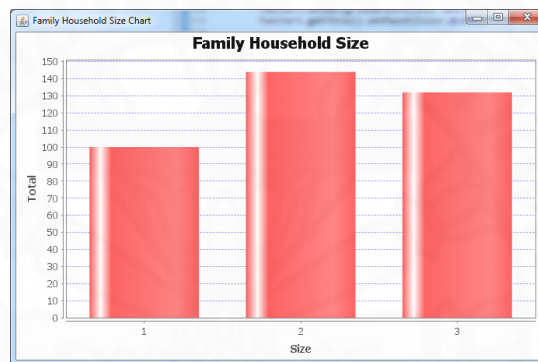
3.3 Age Chartแสดงร้อยละของปริมาณเอเจนต์ผู้ประสบภัยในช่วงอายุต่างๆใน

ระบบ



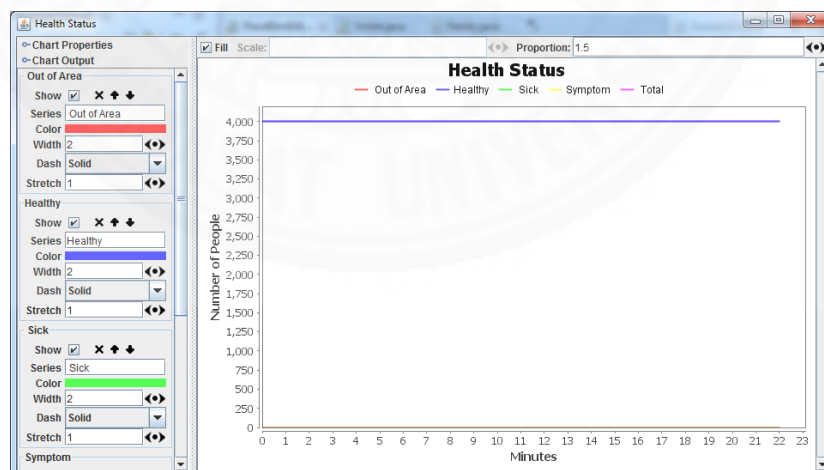
รูป 43 หน้าจอบอกปริมาณเอเจนต์ผู้ประสบภัยในช่วงอายุต่างๆ

3.4 Family Household Size Chart แสดงขนาดของครอบครัวในระบบ



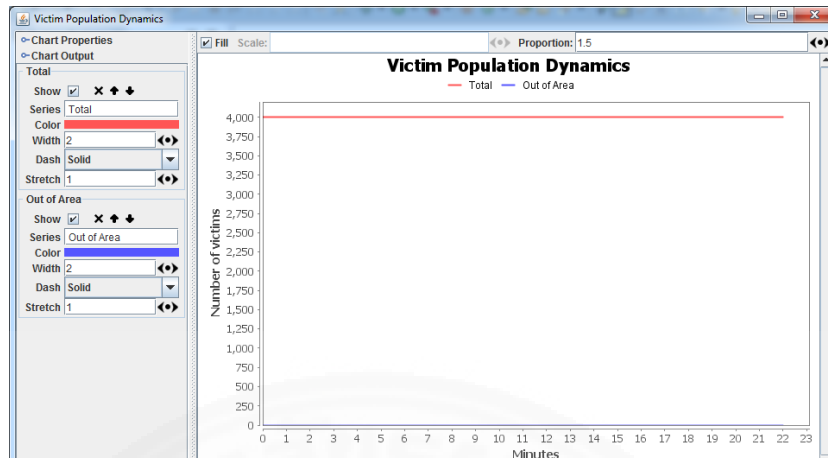
รูป 44 หน้าจอแสดงขนาดของครอบครัวในระบบ

3.5 Health Status แสดงจำนวนเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่สถานะทางสุขภาพต่างๆ



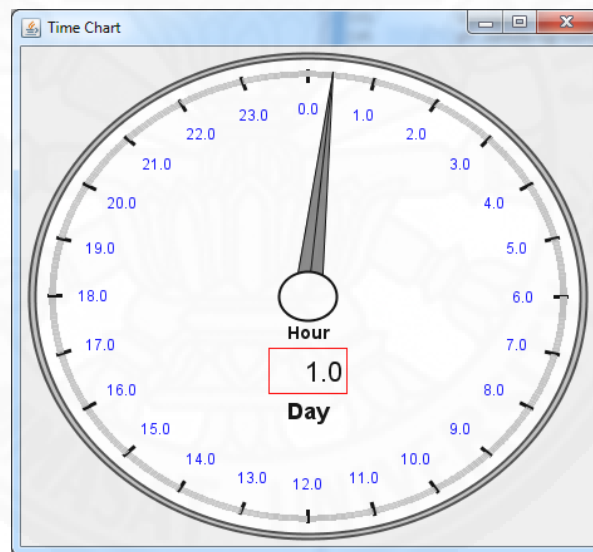
รูป 45 หน้าจอจำนวนเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่สถานะทางสุขภาพต่างๆ

3.6 Victim Population Dynamics แสดงจำนวนเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่อพยพไปยังที่พักผู้ประสบภัย



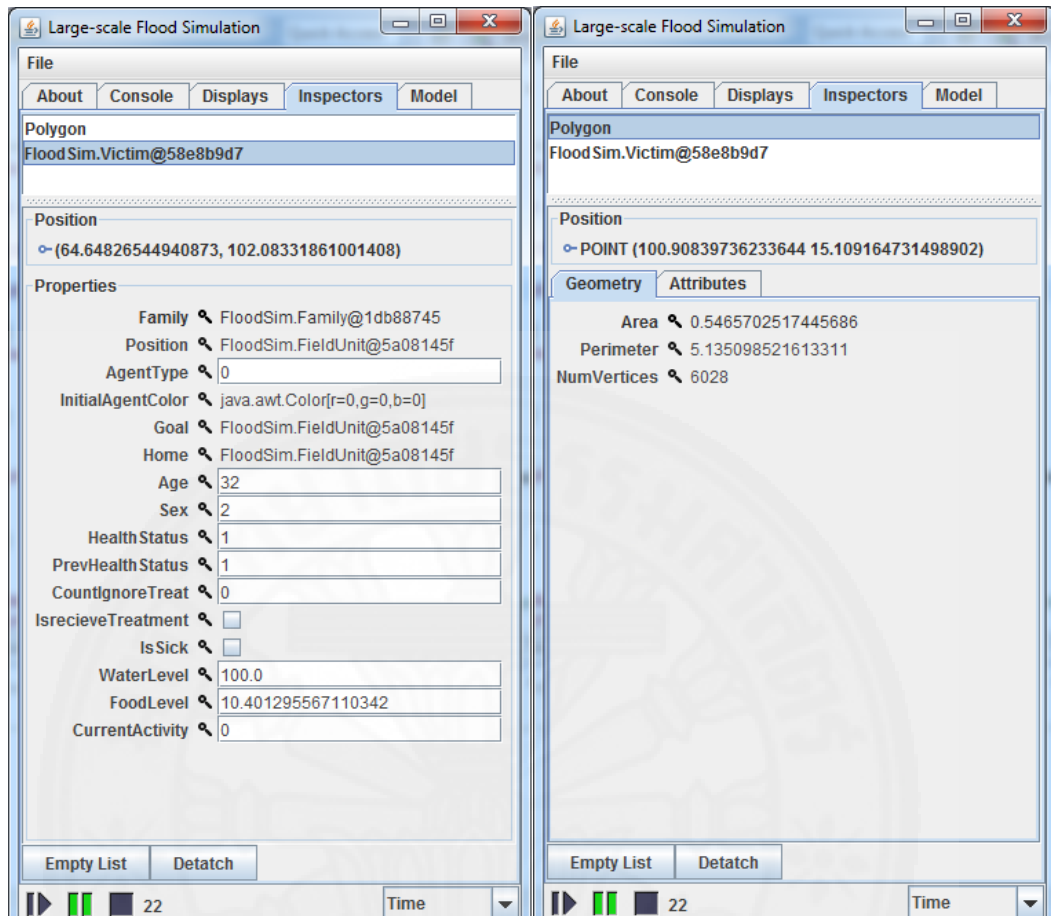
รูป 46 หน้าจอจำนวนเเจ้นต์ผู้ประสบภัยที่อพยพไปยังที่พักผู้ประสบภัย

3.7 Time Chartแสดงเวลาในระบบบจำลอง โดยนาฬิกาเคลื่อนที่ตามจังหวะการเดินในระบบ



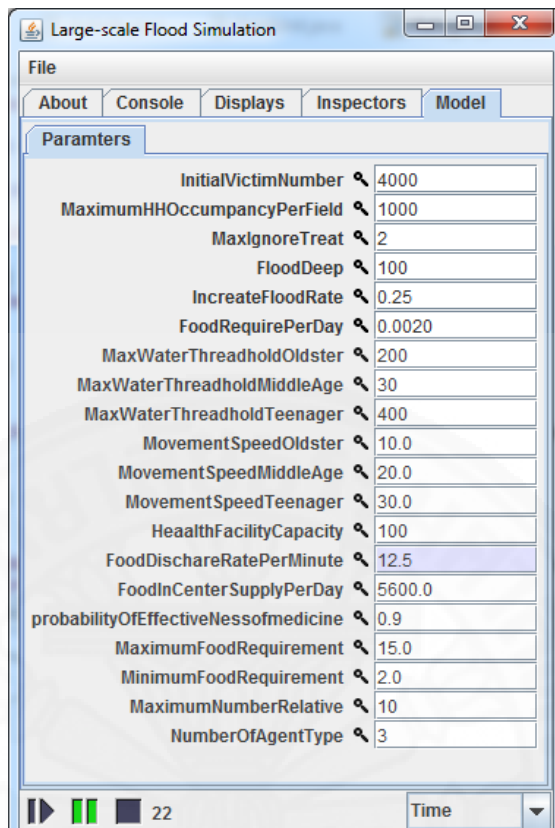
รูป 47 หน้าจอเวลาในระบบจำลอง

4. Inspectorsแสดงข้อมูลการติดตามสถานะของวัตถุต่างๆที่อยู่ในระบบ โดยข้อมูลจะปรากฏที่หน้าจอเมื่อผู้ใช้คลิกเลือกที่วัตถุใดๆในระบบ ตัวอย่างจากรูปที่ 48 (ซ้าย) เป็นการเลือกติดตามสถานะของเเจ้นต์ผู้ประสบภัย หน้าจอจะแสดงข้อมูลทั้งหมดของเเจ้นต์ผู้ประสบภัยที่ผู้ใช้เลือก ส่วนรูปที่ 48 (ขวา) เลือกติดตามสถานะของสิ่งอำนวยความสะดวก หน้าจอจะแสดงข้อมูลของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ผู้ใช้เลือก



รูป 48 หน้าจอข้อมูลการติดตามสถานะของวัตถุที่อยู่ในระบบ

5. Model แสดงข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆที่ถูกนำมาใช้ในระบบ โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน



รูป 49 หน้าจอข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบ

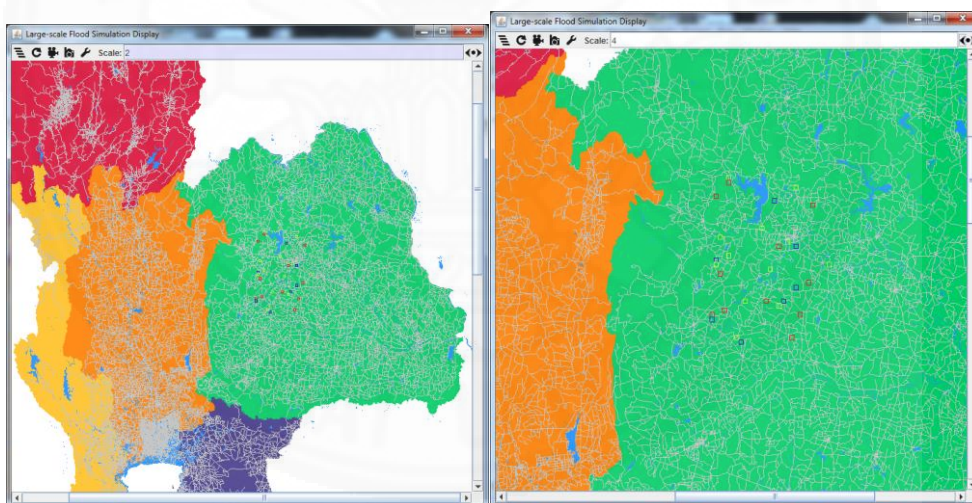
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

ทดสอบระบบจำลอง ระบบจำลองที่ยูเอฟเอส บนคอมพิวเตอร์เหมือนบนการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆส่วนตัวโดยผู้ให้บริการคือ Microsoft Azure ตั้งค่าคอมพิวเตอร์เสมือนให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน Tier และขนาดของคอมพิวเตอร์เสมือนคือ D2 โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 2012 R2 (Data Center) 64 บิต และใช้ Intel Xeon E5-2660 CPU 2.20 GHz ในการประมวลผล ประกอบด้วยหน่วยความจำขนาด 7 GB และ 250 GB SATA Disk

การทดลองที่ 1 จำลองสถานการณ์น้ำท่วมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 12,000 ตารางกิโลเมตร ส่วนการทดลองที่ 2 จำลองสถานการณ์น้ำท่วมพื้นที่ทั้งหมด ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 514,000 ตารางกิโลเมตร

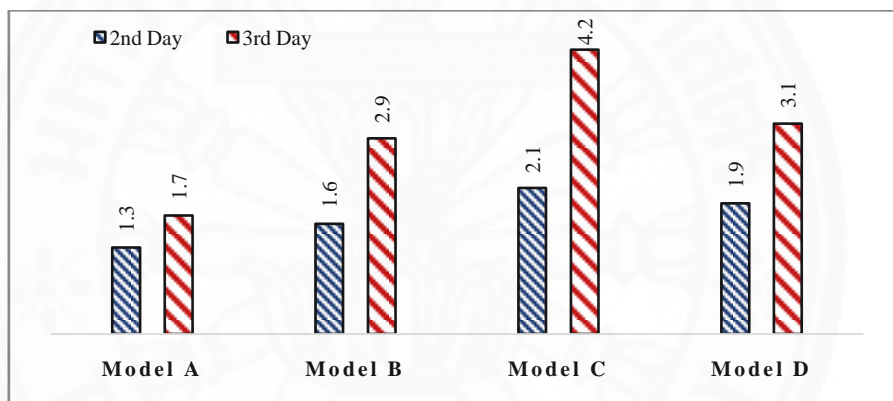


รูป 50 การเคลื่อนที่ของกลุ่มคนเพื่อยังเป้าหมาย

4.1.1 การทดสอบที่หนึ่ง

ตาราง 8 ประสิทธิภาพของเวลาจำลองในระบบหนึ่งวัน

รูปแบบ	จำนวนเอเจนต์	จำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล	เวลาจำลอง/ เวลาประมวลผล
A	5,000	30	0:3:53	518.0
B	25,000	30	0:28:16	78.1
C	60,000	30	2:33:16	16.5
D	25,000	60	2:25:58	16.1



รูป 51 ความเร็วในการประมวลผลของเวลาจำลองระบบของวันที่สองและวันที่สามเปรียบเทียบทั้งสี่รูปแบบ

การทดลองที่หนึ่งมีจุดประสงค์เพื่อประเมินเวลาดำเนินการของระบบ จำลองที่ยูเอฟเอส ในสถานการณ์ที่จำนวนเอเจนต์และจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวกต่างกัน สมมุติฐานให้ครัวเรือนได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม เอเจนต์ที่อยู่ในครอบครัวเดียวกันจะอพยพไปพร้อมกัน คือ 5,000 ครอบครัว 25,000 ครอบครัว และ 60,000 ครอบครัว ผลกระทบจากน้ำท่วมจะส่งผลให้ครอบครัวเคลื่อนที่ไปยังสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ โดยการทดลองนี้จำลองสิ่งอำนวยความสะดวกขึ้นมา 2 ชุด คือชุดที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกรวม 30 แห่งและ 60 แห่ง ซึ่งการเคลื่อนที่จะมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการได้รับบริการขณะเกิดน้ำท่วม

สร้างรูปแบบการจำลองสี่รูปแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมเป็นเวลาสามวันติดต่อกันและเก็บผลการทดลองจากตารางที่ 9 แสดงประสิทธิภาพของระบบ จำลองที่ยูเอฟเอสที่จำลองเหตุการณ์น้ำท่วมในวันที่หนึ่ง พบว่าจากรูปแบบ B และ D มีจำนวนเอเจนต์เท่ากันคือ 25,000 ครอบครัวแต่รูปแบบ B มีสิ่งอำนวยความสะดวกน้อยกว่ารูปแบบ D เท่าตัว เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการ

ประมวลผลพบว่าในรูปแบบ D ที่มีจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวกมากกว่าจะใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่า พิจารณารูปแบบ B และ C มีจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวกเท่ากันคือ 30 แห่งแต่รูปแบบ B มีจำนวนเอเจนต์น้อยกว่าคือ 25,000 ครอบครัวและรูปแบบ C มีจำนวนเอเจนต์ 60,000 ครอบครัว พิจารณาเวลาที่ใช้ในการประมวลผลพบว่ารูปแบบ C ใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าแสดงให้เห็นว่าจำนวนของเอเจนต์และจำนวนของสิ่งอำนวยความสะดวกมีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

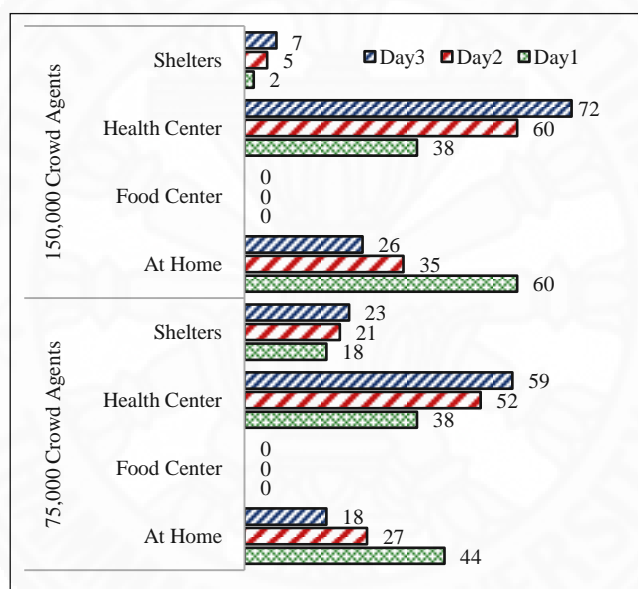
ระบบจำลองน้ำท่วมจะใช้เวลาในกระบวนการประมวลผลน้อยลงเมื่อเวลาจำลองของระบบผ่านไปหนึ่งวันส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลในวันถัดๆไปน้อยลง ความเร็วในการประมวลผลของวันที่สองคือเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของเวลาจำลองวันที่สองหารด้วยเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของเวลาจำลองวันที่หนึ่ง เช่นเดียวกับความเร็วในการประมวลผลของวันที่สาม คือเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของเวลาจำลองวันที่สามหารด้วยเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของเวลาจำลองวันที่สอง

จากรูป 51 แสดงความเร็วที่ใช้ในการประมวลผล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบ C ทำให้เห็นได้ชัดว่าการเพิ่มจำนวนเอเจนต์ส่งผลกระทบต่อในทางบวกกับความเร็วในเวลาถัดไป ซึ่งดูจากความเร็วในการประมวลผลของรูปแบบ D ดีกว่ารูปแบบ B เพียงนิดเดียว โดยที่ทั้งสองรูปแบบใช้จำนวนเอเจนต์ที่เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าจำนวนที่เพิ่มขึ้นของสิ่งอำนวยความสะดวกมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ

เมื่อประมวลผลครบเวลาจำลองสามวันอัตราส่วนของเวลาจำลองต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแสดงผลลัพธ์ที่ค่อนข้างต่ำของตารางที่ 9 สำหรับจำนวนของเอเจนต์ของเมืองขนาดเล็กหนึ่งวันของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลสามารถจำลองระบบได้ 518 นาที แต่อัตราส่วนจะลดลงแบบเอ็กโพเนนเชียลหากเป็นรูปแบบการจำลองที่เป็นเมืองใหญ่ แสดงให้เห็นว่ามีเวลาสูญเปล่าบางอย่างที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนเอเจนต์และจำนวนสิ่งอำนวยความสะดวก

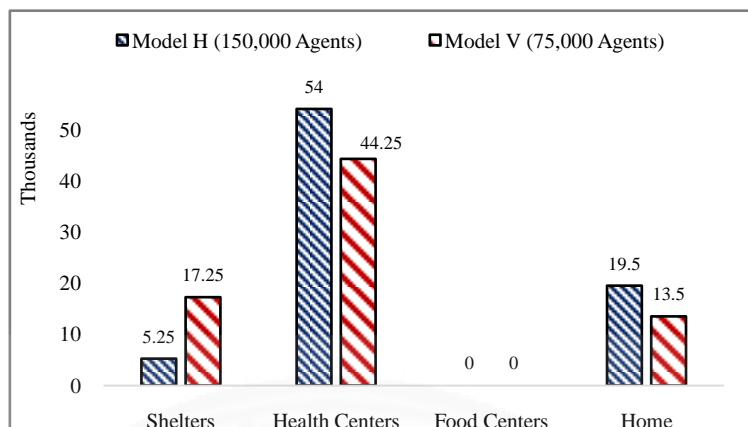
4.1.2 การทดสอบที่สอง

การทดสอบที่สองมีจุดประสงค์เพื่อหาขอบเขตการจำลองพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย ครอบคลุมกลุ่มของผู้อยู่อาศัยในหมู่บ้านเดียวกันซึ่งใช้เอเจนต์กลุ่มคนเป็นตัวแทน โมเดลที่หนึ่งใช้ 75,000 เอเจนต์เป็นตัวแทนของหนึ่งหมู่บ้านที่มีจำนวน 750 คนซึ่งเป็นประชากรเฉลี่ยของหมู่บ้านในประเทศไทย โมเดลที่สองเป็นตัวแทนสถานการณ์ที่หมู่บ้านแบ่งออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆกันซึ่งอาจเกิดจากความคิดเห็นที่ต่างกัน ใช้ 150,000 เอเจนต์เป็นตัวแทนครึ่งหมู่บ้าน โดยโมเดลทั้งสองจะถูกจำลองสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยเป็นเวลาสามวันติดต่อกัน ผลที่ได้จากการจำลองและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแสดงดังรูปที่ 52



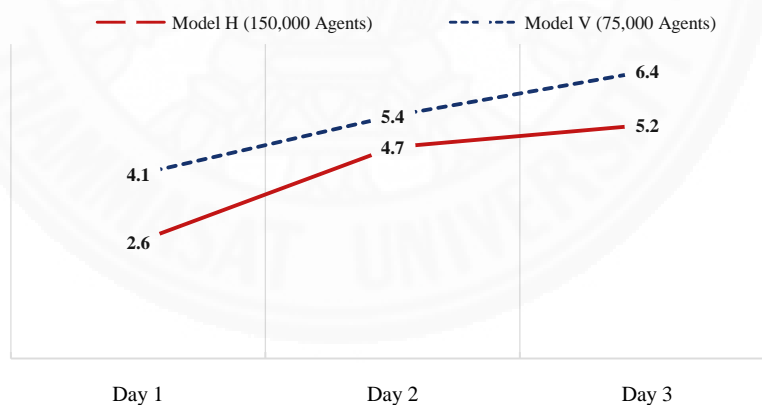
รูป 52 ร้อยละของผู้ประสบภัยในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆตั้งแต่วันที่หนึ่งถึงสามของเหตุการณ์น้ำท่วม

จากรูปที่ 52 แสดงจำนวนเอเจนต์ที่สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งได้แก่ บ้านพัก (At home) สถานพยาบาล (Health Center) จุดแจกจ่ายอาหาร (Food Center) และที่พักผู้ประสบภัย (Shelter) สังเกตได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปเอเจนต์ทั้งสองโมเดลจะย้ายไปอยู่ที่พักผู้ประสบภัยมากขึ้น แต่ในอัตราที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง อัตราส่วนของจำนวนเอเจนต์ที่เพิ่มขึ้นจะมีลักษณะไม่เป็นกราฟเส้นตรง ขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลเมื่อเวลาก่อนหน้า



รูป 53 จำนวนหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ตามสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆของวันที่สามในเหตุการณ์น้ำท่วม

จากรูป 53 แสดงจำนวนเอเจนต์ที่สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆของวันที่สามในสถานการณ์น้ำท่วม พบว่าในหมู่บ้านขนาดใหญ่หรือโมเดล H มีการเคลื่อนที่ไปยังสิ่งอำนวยความสะดวกน้อยกว่าหมู่บ้านขนาดเล็กหรือโมเดล V จำนวนเอเจนต์ของโมเดล H ยังคงอยู่ที่บ้านพักมากกว่าจะเดินทางไปที่พักผู้ประสบภัย แสดงให้เห็นว่าในโมเดลขนาดใหญ่ผู้คนจะอพยพออกจากพื้นที่น้อยกว่าในโมเดลขนาดเล็ก



รูป 54 อัตราส่วนของเวลาจำลองในระบบ/เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโมเดล H และ V โดยผลลัพธ์ของโมเดล H อยู่ด้านล่างและผลลัพธ์ของโมเดล V อยู่ด้านบน

วัดประสิทธิภาพที่ได้จากระบบ อัตราส่วนของเวลาจำลองกับเวลาที่ใช้ในการประมวลผล แสดงให้เห็นว่าหนึ่งวันในระบบจำลองสามารถเทียบกับเวลาที่ใช้ในการประมวลผลได้ ตั้งแต่ 2.6 - 6.4 ชั่วโมง ดังนั้นในเวลาจำลองสามวันใช้เวลาในการประมวลผล 11.5 ชั่วโมงสำหรับโมเดลขนาดเล็ก (โมเดล V) และใช้เวลาเกือบ 14 ชั่วโมงสำหรับโมเดลขนาดใหญ่ (โมเดล H) แนวโน้ม

ของประสิทธิภาพจะดีกว่านี้ถ้าเวลาจำลองมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผลของประสิทธิภาพของระบบยังคงไม่มีความชัดเจน

ตาราง 9 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปรียบเทียบโมเดล v และโมเดล H

The number of agent\simulation time		1 Day	2 Days	3 Days
Model V (75,000 Agents)	thread	20	20	20
	CPU	50	50	68
	avg CPU	60.5	50.48	56.52
	working set (KB)	1,533,288	1,612,180	1,646,582
	Sharedable (KB)	16,116	16,156	16,160
	Private (KB)	1,517,172	1,596,024	1,630,422
	exe.time(min)	348.33	537.71	673.74
	At Home (%)	44	27	18
	Food Center (%)	0	0	0
	Health Center (%)	38	52	59
	Shelter (%)	18	21	23
Model H (150,000 Agents)	thread	20	20	20
	CPU	65	59	60
	avg CPU	55.37	54.15	58.37
	working set (KB)	1,807,992	1,899,360	1,954,568
	Sharedable (KB)	16,684	16,652	16,156
	Private (KB)	1,791,308	1,882,708	1,938,412
	exe.time(min)	559.37	618.03	830.53
	At Home (%)	60	35	26
	Food Center (%)	0	0	0
	Health Center (%)	38	60	72
	Shelter (%)	2	5	7

ตาราง 10 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบระบบของทั้งโมเดล V และโมเดล H โดยพิจารณาสองส่วนได้แก่ หน่วยประมวลผล (CPU) และหน่วยความจำ (Memory) ในส่วนของหน่วยประมวลผลเปรียบเทียบข้อมูลดังนี้ จำนวนเธรด (thread) จำนวนหน่วยประมวลผล (CPU) ค่าเฉลี่ยของหน่วยประมวลผล (avg CPU) และในส่วนของหน่วยความจำเปรียบเทียบข้อมูล พื้นที่ที่หน่วยความจำใช้ (working set) พื้นที่ที่ใช้งานร่วมกัน (Sharedable) และพื้นที่ส่วนตัว (Private) จากตารางแสดงให้เห็นว่าเวลาในระบบจำลองที่เพิ่มขึ้นส่งผลน้อยมากต่อหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำ

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

เวลาส่วนใหญ่ในการประมวลผลถูกใช้ไปกับการคำนวณสถานะและการตัดสินใจของเอเจนต์ อย่างไรก็ตามระบบจำลองที่ยูเอฟเอสไม่ได้ออกแบบเพื่อรองรับการประมวลผลในรูปแบบหลายโพรเซสเซอร์ ผลลัพธ์ที่แสดงความเร็วในการประมวลผลจึงแสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้แคช (cache) เมื่อระบบยังคงทำงานต่อไป ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นที่เวลาของการกำหนดค่าเริ่มต้นรวมถึงเริ่มดำเนินการแบบขนานเมื่อเริ่มต้นโปรแกรม

ประเด็นที่น่าสนใจอีกประเด็นหนึ่ง คือระดับความละเอียดในการจำลองขนาดกลุ่มคนในเอเจนต์นั้น ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองดังที่สังเกตได้จากผลลัพธ์ของการทดลองที่สองเมื่อใช้เอเจนต์หนึ่งเอเจนต์เป็นตัวแทนของกลุ่มคนจำนวนมาก และจำนวนน้อย พบว่าผลลัพธ์การตัดสินใจในการเคลื่อนที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ระบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของการเคลื่อนที่ของผู้ประสบภัยได้อย่างสมจริง จึงควรมีการศึกษาเพื่อปรับขนาดของกลุ่มคนต่อหนึ่งเอเจนต์และทำการจำลองเพื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์จริงเพื่อให้ได้ชุดของข้อมูลที่เหมาะสมมาเป็นพารามิเตอร์ให้กับระบบสำหรับการศึกษาต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ระบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการเกิดอุทกภัยขนาดใหญ่หรือที่ยูเอฟเอส ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนในระดับมหภาคจำนวนมากในสถานการณ์การเกิดมหาอุทกภัย งานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน สามขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนแรก ระบบจำลองแบบหลายเอเจนต์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นโมเดลแบบลำดับขั้นเพื่อใช้จำลองการเกิดอุทกภัยโดยแต่ละลำดับขั้นเป็นการแสดงพื้นที่ประสบภัยซึ่งสร้างจาก ข้อมูลสารสนเทศด้านทางภูมิศาสตร์ขั้น ตอนที่สองได้แก่การผนวกโมเดลทางคณิตศาสตร์เข้ากับระบบจำลอง เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของมวลชนอย่างเสมือนจริงไปตามถนนชั้น ตอนที่สาม เป็นการวัดและประเมินประสิทธิภาพของระบบจำลองดังกล่าวด้วยการทำการทดลองนำระบบจำลองไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์บนการคำนวณแบบกลุ่ม เมฆส่วนตัว ระบบจำลองที่ยูเอฟเอสเลือกใช้รูปแบบการคิดแบบ A^* ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อใช้เคลื่อนที่ ใช้ความเร่งแรง และค่าผกผันเป็นเงื่อนไขในการเคลื่อนที่ดังที่กล่าวไว้ในบทข้างต้น ทดสอบโปรแกรมโดยใช้การทดลองครอบคลุม สองกรณีศึกษาที่ ทั้งสองกรณีศึกษาซึ่ง แสดงการเคลื่อนที่ของเอเจนต์มวลชน ผู้ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในหลายบริเวณ การทดสอบทั้งสองรูปแบบแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบจำลองคอมพิวเตอร์ ให้ผลลัพธ์ได้ว่าการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมขนาดใหญ่ในเวลา 1 วัน ระบบใช้เวลาในการประมวลผลได้ตั้งแต่ 2.6 - 6.4 ชั่วโมง โดยผลลัพธ์จากการทดสอบเน้นไปที่การจำลองสถานการณ์เทียบเคียงกับสถานการณ์จริง ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบด้วย

ผลจากการทดสอบพบว่าจำนวนของสิ่งอำนวยความสะดวกและจำนวนของเอเจนต์มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลและขนาดของพารามิเตอร์มีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบจึงควรศึกษาและเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานการณ์จริงเพื่อนำมาเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบ และเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงอันจะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในอนาคต

ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในอนาคตแบ่งเป็นสามหัวข้อได้แก่ หัวข้อที่หนึ่งเนื่องมาจากงานวิจัยปัจจุบันมุ่งผลลัพธ์ที่เกิดจากการที่เอเจนต์ผู้ประสบภัยเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายบนข้อมูลที่เป็นเส้นทางถนน เอเจนต์จะเคลื่อนที่ไปได้ทั่วทุกพื้นที่ที่มีถนน ระบบจะมีความสมจริงมากยิ่งขึ้นหากเพิ่มเติมในส่วนของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเอเจนต์ผู้ประสบภัย เช่นเอเจนต์ผู้ประสบภัยที่เดินไปบนเส้นทางเดียวกันย่อมต้องเกิดการชนกัน การควบคุมการชนกันของข้อมูลจึงเป็นส่วนจำเป็น เอเจนต์อาจหลบหลีกหรือหลีกเลี่ยงเส้นทางการชนกันจะทำให้เอเจนต์ผู้ประสบภัยในระบบมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับผู้ประสบภัยจริงมากยิ่งขึ้น หัวข้อที่สองในส่วนของไฟล์ข้อมูลสารสนเทศศน์ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลเข้าของระบบปัจจุบันเลือกที่จะแปลงข้อมูลเซฟไฟล์ให้เป็นราสเตอร์ไฟล์ และแปลงจากราสเตอร์ไฟล์เป็นแอสกีไฟล์เพื่อนำแอสกีไฟล์เข้าสู่ระบบ เนื่องจากขั้นตอนการแปลงเซฟไฟล์เป็นราสเตอร์ไฟล์จะทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลบางส่วน เมื่อนำแอสกีไฟล์ที่ได้จากราสเตอร์ไฟล์นั้นเข้าสู่ระบบ อาจทำให้การประมวลผลผิดพลาดในบางส่วนเนื่องจากการสูญหายของข้อมูล ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตจึงต้องพิจารณาในส่วนของการสูญหายของข้อมูลอันเนื่องจากการแปลงไฟล์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หัวข้อที่สามารถเก็บข้อมูลระหว่างประมวลผลเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากต้องนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสร้างแผนอพยพที่มีประสิทธิภาพในอนาคต ระบบปัจจุบันเมื่อโปรแกรมถูกประมวลผล ข้อมูลพฤติกรรมเคลื่อนที่ของเอเจนต์ในระบบถูกเก็บจากการอัดวิดีโอและสร้างสเนปชอตเหตุการณ์ที่สำคัญซึ่งจะเป็นการดีหากระบบสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลและบันทึกข้อมูลต่างๆทุกช่วงเวลาลงยังฐานข้อมูลได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการค้นคืนเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลในอนาคต

รายการอ้างอิง

- [1] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย "แผนปฏิบัติการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติแห่งชาติ ใน
เชิงยุทธศาสตร์ พ.ศ.2553 - 2562 ", กระทรวงมหาดไทย, Ed., ed.
- [2] G. I. Hawe, G. Coates, D. T. Wilson, and R. S. Crouch, "Agent-based simulation
for large-scale emergency response: A survey of usage and implementation,"
ACM Computing Surveys, vol. 45, 2012.
- [3] C. Mitrpant, "National Cybersecurity preparation to deal with cyber attacks,"
Electronic Transactions Development Agency (ETDA)2013.
- [4] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, "แผนเตรียมรับสถานการณ์ภัยพิบัติด้านการเกษตร," กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์, Ed., ed, 2556.
- [5] คณะทันตแพทยศาสตร์ , "แผนเตรียมความพร้อมรับมือภัยพิบัติทางธรรมชาติ ,"
มหาวิทยาลัยมหิดล, Ed., ed.
- [6] สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่, "แผนเตรียมพร้อมรับสาธารณสุขด้านการแพทย์และ
สาธารณสุขสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่," ed.
- [7] I. Isono and S. Kumagai, "Long-run Economic Impacts of Thai
Flooding: Geographical Simulation Analysis," Economic Research Institute for
ASEAN and East Asia (ERIA) 2011-8, 2012.
- [8] W. Marungsith and Y. Mongkolsin, "Creating GPU-Enabled Agent-Based
Simulations Using a PDES Tool," in *Distributed Computing and Artificial
Intelligence*. vol. 217, S. Omatu, J. Neves, J. M. C. Rodriguez, J. F. Paz Santana,
and S. R. Gonzalez, Eds., ed: Springer International Publishing, 2013, pp. 227-
234.
- [9] W. Marungsith, "Computing Platforms for Large-Scale Multi-Agent Simulations:
The Niche for Heterogeneous Systems," in *Intelligent Data Engineering and
Automated Learning – IDEAL 2014*. vol. 8669, E. Corchado, J. Lozano, H.
Quintían, and H. Yin, Eds., ed: Springer International Publishing, 2014, pp. 424-
432.

- [10] สุดารัตน์ ภิรมณ์. (2554). การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง , มหาวิทยาลัยศิลปากร. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต: 27-29.
- [11] Heppenstall, A. J., et al. (2012). Computational Modelling: Techniques for Simulating Geographical Systems. Agent-Based Models of Geographical Systems. A. J. Heppenstall, A. T. Crooks, L. M. See and M. Batty. London, New York, Springer Dordrecht Heidelberg 1-85.
- [12] G. M. University. (2013). *GeoMason: GeoSpatial Support for MASON*.
- [13] Rose Challenger, B., MSc, et al. (2009). Understanding Crowd Behaviours : Supporting Evidence. Easingwold The Cabinet Office Emergency Planning College
- [14] กรมทรัพยากรน้ำ (2558). "ระบบปฏิบัติการเฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าหลาก -ดินถล่ม." from http://ews.dwr.go.th/website/ews_all/index.php
- [15] Gistda (2558). "Thailand Flood Monitor System." from <http://flood.gistda.or.th/>
- [16] A. T. Crooks and A. B. Hailegiorgis, "An agent-based modeling approach applied to the spread of cholera," *Environmental Modelling & Software*, vol. 62, pp. 164-177, 12// 2014.
- [17] Google Crisis Response (2558).
"<http://www.google.org/intl/th/crisisresponse/thailand-flood-2011.html>"
- [18] G. M. University. (2014). Multiagent Simulation And the MASON Library.
- [19] ปริมาณการบริโภคอาหารของคนไทยและปริมาณที่แนะนำให้บริโภคตามโภชนบัญญัติ 9 ประการ. "<http://www.tungsong.com/OnlyDay/nutrition.htm>"
- [20] T. Karmakharm, P. Richmond, and D. M. Romano, "Agent-based Large Scale Simulation of Pedestrians With Adaptive Realistic Navigation Vector Fields," *TPCG*, vol. 10, pp. 67-74, 2010.
- [21] K. Zia and A. Ferscha, "City Scale Evacuation: A High-Performance Multi-agent Simulation Framework," in *Co-evolution of Intelligent Socio-technical Systems*, E. Mitleton-Kelly, Ed., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 239-293.

- [22] D. Helbing, I. J. Farkas, P. Molnar, and T. Vicsek, "Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations," *Pedestrian and evacuation dynamics*, vol. 21, pp. 21-58, 2002.
- [23] J. E. Almeida, R. J. F. Rossetti, F. Aguiar, and E. Oliveira, "Crowd Simulation Applied to Emergency and Evacuation Scenarios," in *Advances in Artificial Transportation Systems and Simulation*, R. J. F. R. Liu, Ed., ed Boston: Academic Press, 2015, pp. 149-161.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสุวลักษณ์ วิจิตรพรกุล
วันเดือนปีเกิด	10 มิถุนายน 2532
ตำแหน่ง	นักพัฒนาซอฟต์แวร์
ชื่อผลงานทางวิชาการ	Simulating Crowd Movement in Agent-based Model of Large-Scale Flood
ประสบการณ์ทำงาน	2554 - ปัจจุบัน วิศวกรซอฟต์แวร์ บริษัทไทยซอฟต์แวร์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

