



หลักการจำลองสถานการณ์

SIMULATION PRINCIPLE

รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

หลักการจำลองสถานการณ์

SIMULATION PRINCIPLE



รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

หลักการจำลองสถานการณ์ (Simulation Principle)

รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

หลักการจำลองสถานการณ์

(Simulation Principle)

พิมพ์ครั้งที่ 1

กรกฎาคม 2563

จัดพิมพ์โดย

ประจวบ กล่อมจิตร

พิมพ์ที่

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร

อ.เมือง จ.นครปฐม โทร.034-255814

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ประจวบ กล่อมจิตร

หลักการจำลองสถานการณ์

(Simulation Principle)

231 หน้า: ภาพประกอบ

แบบจำลองบนคอมพิวเตอร์, การจำลองสถานการณ์, การจำลองระบบ

ISBN 978-616-568-942-7

ลิขสิทธิ์ของ

รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

อ. เมือง จ.นครปฐม 73000

โทร./แฟกซ์: 034219362

คำนำ

การจำลองสถานการณ์ใช้ในการศึกษา ออกแบบ และทำนายพฤติกรรมของระบบต่างๆ ในอุตสาหกรรม การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของระบบคอมพิวเตอร์ และการที่ระบบคอมพิวเตอร์เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วนี้ โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับจำลองสถานการณ์ต่างๆ ก็ปรับเปลี่ยนไปเช่นกัน ตัวอย่างโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่สามารถจัดหาและทดลองเรียนรู้ เพื่อนำไปใช้งานและใช้กันอยู่ปัจจุบัน คือ Microsoft Excel, Arena, ProModel, FlexSim และโปรแกรมภาษา BASIC, และ JavaScript

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ตั้งแต่ หลักการเบื้องต้น การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ การสร้างตัวเลขและตัวแปรสุ่ม หลักสถิติที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ การวางแผนและทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ มีตัวอย่างจากการศึกษา กรณีศึกษา งานวิจัย ทั้งในเล่มและภาคผนวก โดยใช้เครื่องมือที่สามารถจัดหาได้คือ Microsoft Excel, Arena, ProModel, FlexSim โปรแกรมภาษา BASIC และ JavaScript ซึ่งภาคผนวกจะมีตัวอย่างกรณีศึกษาที่เป็นการนำแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้งานจริง เพื่อให้ได้ทดลองทำ ได้เห็นภาพ และง่ายต่อความเข้าใจยิ่งขึ้น สำหรับตัวอย่างโปรแกรมต่างๆ นั้นสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://sites.google.com/site/prachuab0071/> (ดูการใช้ใน Readme.txt)

อนึ่ง หลักการส่วนหนึ่งอ้างอิงจากหนังสือ “การจำลองปัญหา Simulation” ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และหนังสือ การจำลองสถานการณ์ ของผู้แต่งและ ดร. กัญจนา ทองสนิท, แต่ได้เพิ่มเติมโปรแกรมและส่วนที่สามารถทดลองได้จากโปรแกรมในไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยได้สรุปหลักการ ขั้นตอน ของการจำลองสถานการณ์ จากเอกสารต่างๆ และจากการทำงานจริง

ในการนี้ต้องขอขอบคุณ อาจารย์ชลาลัย วงเวียน และอาจารย์อำนาจ อมฤกษ์ ที่ช่วยปรับปรุงและเรียบเรียง นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมแบบท้ายเล่มและอ้างอิงถึง คือ บริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด (ผู้แทนจำหน่ายโปรแกรม Arena), บริษัท 21 วิศวกรรมและบริการจำกัด (ผู้แทนจำหน่ายโปรแกรม ProModel) และบริษัท ไออีไทยซอฟต์แวร์จำกัด (ผู้แทนจำหน่ายโปรแกรม FlexSim) หวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ท่านผู้อ่านตามสมควร

ประจวบ กล่อมจิตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความหมายของการจำลองระบบ	1
2. ระบบงาน	2
3. แบบจำลอง	4
4. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	6
5. ข้อดีและข้อเสียของการใช้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์	7
6. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์	8
7. ตัวอย่างการจำลองสถานการณ์	9
8. ตัวอย่างโปรแกรม ProModel	11
9. แบบฝึกหัดท้ายบท	18
บทที่ 2 แนวทางสร้างและทดสอบแบบจำลอง	19
1. การกำหนดปัญหาและวางแผนการศึกษา	20
2. การเก็บข้อมูลและกำหนดแบบจำลอง	20
3. การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์และทดสอบ	28
4. การทดสอบความถูกต้อง	29
5. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์	30
6. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	30
7. ตัวอย่างการใช้งาน Stat::Fit วิเคราะห์ข้อมูลการเข้ามาและกระบวนการ	32
8. แบบฝึกหัดท้ายบท	36
บทที่ 3 การสร้างตัวเลขสุ่มและตัวแปรสุ่ม	38
1. การสร้างตัวเลขสุ่ม	38
2. เทคนิคการสร้างตัวแปรสุ่ม	41
3. การแปลงผกผัน	43
4. การทดสอบความเป็นตัวเลขสุ่ม	45
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	52

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 หลักสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำลองสถานการณ์	53
1. การวิเคราะห์การถดถอย	53
2. การประมาณค่า	55
3. จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม	56
4. ทดสอบสมมติฐาน	57
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	62
บทที่ 5 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	63
1. การบริหารเวลา	63
2. การสอดคล้องประสาทรหว่างเหตุการณ์กับเวลา	64
3. การจำลองระบบถดถอย	65
4. ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้กับการจำลองสถานการณ์	74
5. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	75
6. แบบฝึกหัดท้ายบท	80
บทที่ 6 การสร้างแบบจำลองขั้นต้นโดยโปรแกรม ARENA	81
1. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ARENA	81
2. รายการแสดงกรรมวิธีพื้นฐาน	82
3. การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA	88
4. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	92
5. การใช้งาน Input Analysis	99
6. การปรับปรุงงานโดยใช้โปรแกรม Arena	102
7. แบบฝึกหัดท้ายบท	104
บทที่ 7 แบบจำลองการขนส่งและแบบจำลองขั้นสูงโดยโปรแกรม ARENA	105
1. การสร้างภาพเคลื่อนไหว	105
2. การสร้างแบบจำลองการขนส่ง (Transportation) ด้วยโปรแกรม Arena	114
3. แบบฝึกหัดท้ายบท	123
บทที่ 8 การสร้างแบบจำลองขั้นต้นโดยโปรแกรม ProModel	124
1. ส่วนประกอบของโปรแกรม ProModel	124
2. ขั้นตอนการใช้โปรแกรม ProModel	127
3. การใช้งาน Stat:Fit	131

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4. การใช้งานโปรแกรม ProModel ในการปรับปรุงงาน	135
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	137
บทที่ 9 แบบจำลองการขนส่งและแบบจำลองขั้นสูงโดยโปรแกรม ProModel	138
1. ระบบสายพานลำเลียงแบบ Multiple Conveyers	138
2. การขนถ่ายวัสดุระบบเกรน	141
3. ระบบการผลิตชิ้นงานในโรงงาน	145
4. ระบบผลิตและบรรจุชิ้นงานในโรงงาน	151
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	156
บทที่ 10 การสร้างแบบจำลองขั้นต้นโดยโปรแกรม Flexsim	158
1. การสร้างแบบจำลองขั้นต้นโดยโปรแกรม Flexsim	158
2. แนวคิดโปรแกรม Flexsim	160
3. นิยามศัพท์ในโปรแกรม Flexsim	161
4. การใช้งานโปรแกรม Flexsim เบื้องต้น	165
5. การสร้างแบบจำลองใน FlexSim	170
6. แบบฝึกหัดท้ายบท	175
บทที่ 11 แบบจำลองการขนส่งและแบบจำลองขั้นสูงโดยโปรแกรม Flexsim	177
1. การสร้างแบบจำลองการขนส่งและแบบจำลองขั้นสูงโดยโปรแกรม Flexsim	177
2. การสร้างข้อมูลอินพุตของแบบจำลอง Flexsim	177
3. การสร้างข้อมูลอินพุตของแบบจำลองตามหลักสถิติ ในโปรแกรม Flexsim โดยใช้ ExpertFit	178
4.การสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้วัตถุสำหรับการขนส่ง	182
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	192
บทที่ 12 การสร้าง การประเมินทางเลือกและ Simulation Base on Optimization	193
1. การออกแบบการทดลองทางสถิติ	193
2. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม	197
3. การวางแผนการทดลอง	198
4. ตัวอย่างการสร้างทางเลือกและการหาจุดที่เหมาะสมโดยการจำลองสถานการณ์ด้วย Promodel และ Arena	203
5. ตัวอย่างขั้นตอนวิสัยการจำลองสถานการณ์โดยสรุป	211

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5. แบบฝึกหัดท้ายบท	215
บรรณานุกรม	216
ภาคผนวก	218
1. ตัวอย่างโปรแกรมสร้างตัวเลขสุ่ม และจำลองสถานการณ์	218
2. ตารางสถิติ	223

แบบจำลอง (Model) สร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินระบบจริง ในแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน การหาคำตอบที่ถูกต้อง (Exact) อาจใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น แคลคูลัส พีชคณิตหรือทฤษฎีทางสถิติได้ แต่ในระบบจริงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การก่อสร้างโรงงาน ที่อาจยังไม่แน่ใจว่าผลผลิตที่ได้จะคุ้มกันหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุน การจำลองสถานการณ์ (Simulation) ซึ่งเป็นวิธีประมาณค่า (Estimate) โดยใช้แบบจำลองในการคอมพิวเตอร์ จึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการหาคำตอบนี้ [1]

ปัจจุบันธุรกิจโลกมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในทุกๆ ด้าน การจำลองสถานการณ์จึงกลายเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในการศึกษาและวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพื่อแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ที่มีระบบหรือขั้นตอนการทำงานที่มีความยุ่งยากซับซ้อน

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบ และแก้ปัญหาหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา แล้วทำการศึกษาพฤติกรรมของสถานการณ์นั้น โดยผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา เหตุผลที่การจำลองสถานการณ์ได้รับความนิยมและนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย คือ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

Shannon ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “การจำลองสถานการณ์ คือ กระบวนการออกแบบและจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategy) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้” [2]

แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์อาจจะเป็น ระบบ หรือ แนวความคิดแบบใดแบบหนึ่งซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง (Real System) แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง (Real System) ได้ เพื่อประโยชน์ในการวางแผน การออกแบบ และการควบคุมระบบ ในกิจกรรมด้านต่างๆ อย่างแพร่หลาย ทั้งด้านวิศวกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือ การบริหารจัดการ เป็นต้น กระบวนการของการจำลองสถานการณ์แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองไปใช้งานเชิงวิเคราะห์

1. ความหมายของการจำลองระบบ

การจำลองระบบ หมายถึง กระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง แล้วทำการทดลองใช้ตัวแบบจำลองนั้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างระบบงานจริงกับแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 1-1 [3]



ภาพที่ 1-1 แสดงการใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบงานจริง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาระบบต่างๆ ได้แก่ การออกแบบโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูล การกำหนดรูปแบบการจัดซื้อสินค้าและการจัดการสินค้าคงคลัง การวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ระบบการเงินการธนาคาร การวิเคราะห์และออกแบบฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมสำหรับระบบคอมพิวเตอร์ การศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอาวุธ และเทคนิควิธีในการทำสงคราม การศึกษาและออกแบบรูปแบบการให้บริการต่างๆ การออกแบบและการควบคุมการขนส่ง เช่น การจราจร สนามบิน ท่าเรือ เป็นต้น

2. ระบบงาน

ระบบงาน (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความร่วมมือประสานงานกัน เพื่อให้ได้ผลสำเร็จในวัตถุประสงค์บางอย่างของระบบงานนั้นๆ สิ่งสำคัญในการศึกษาระบบงาน คือ การกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดองค์ประกอบของระบบงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ และการกำหนดองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่นอกระบบงานแต่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบงาน เรียกโดยรวมว่า “ภาวะแวดล้อมของระบบงาน” (System Environment) นอกจากการกำหนดขอบเขตระบบงานแล้ว ยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ขององค์ประกอบต่างๆ ทั้งองค์ประกอบภายในระบบงานและองค์ประกอบภายนอกระบบงาน ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวนี้จะทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมบางอย่างภายใต้เงื่อนไขบางข้อ ก็จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบงาน (System Status)

กระบวนการที่สำคัญอันหนึ่งในการจำลองสถานการณ์นั้นอยู่ที่ตัวแบบที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ดังนั้นในการที่จะสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อนำไปใช้การจำลองสถานการณ์และศึกษาปัญหาของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีความเข้าใจในระบบงานที่ต้องการศึกษาเป็นอย่างดี มีความรู้ความเข้าใจในระบบงานจริง ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างและการใช้งานแบบจำลองสถานการณ์ ผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่ขาดความเข้าใจในระบบงานจริงจะไม่สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งใช้แทนระบบงานนั้นๆ ได้ หรือไม่สมารถที่จะใช้การจำลองนั้นในการแก้ไขปัญหาของระบบดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง

2.1 องค์ประกอบของระบบ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน คือ

- 1) ส่วนทำการ (Entity) คือส่วนที่จะดำเนินการต่างๆภายในระบบหรือสมาชิกของระบบ
- 2) ลักษณะการทำการ (Attribute) คือคุณลักษณะหรือหน้าที่ของส่วนทำการในระบบ
- 3) กิจกรรม (Activity) คือกรรมวิธีหรือลักษณะที่ส่วนทำการกระทำในระบบ
- 4) สถานภาพของระบบ (State of System) คือลักษณะหรือสถานะภาพของส่วนทำการ

2.2 ประเภทของระบบงาน [4]

ประเภทของระบบงานอาจจำแนกได้หลายแบบแล้วแต่การนำไปใช้งาน ในการจำลองสถานการณ์ การจำแนกระบบงานเพื่อความสะดวกในการใช้งาน มักจะจำแนกโดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ระบบต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง(Continuous Versus Discrete Systems)

พิจารณาจากพฤติกรรมในการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเทียบกับเวลา ถ้าการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็ระบบเป็นช่วง ถ้าการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็ระบบต่อเนื่อง

ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน (Deterministic Versus Stochastic Systems)

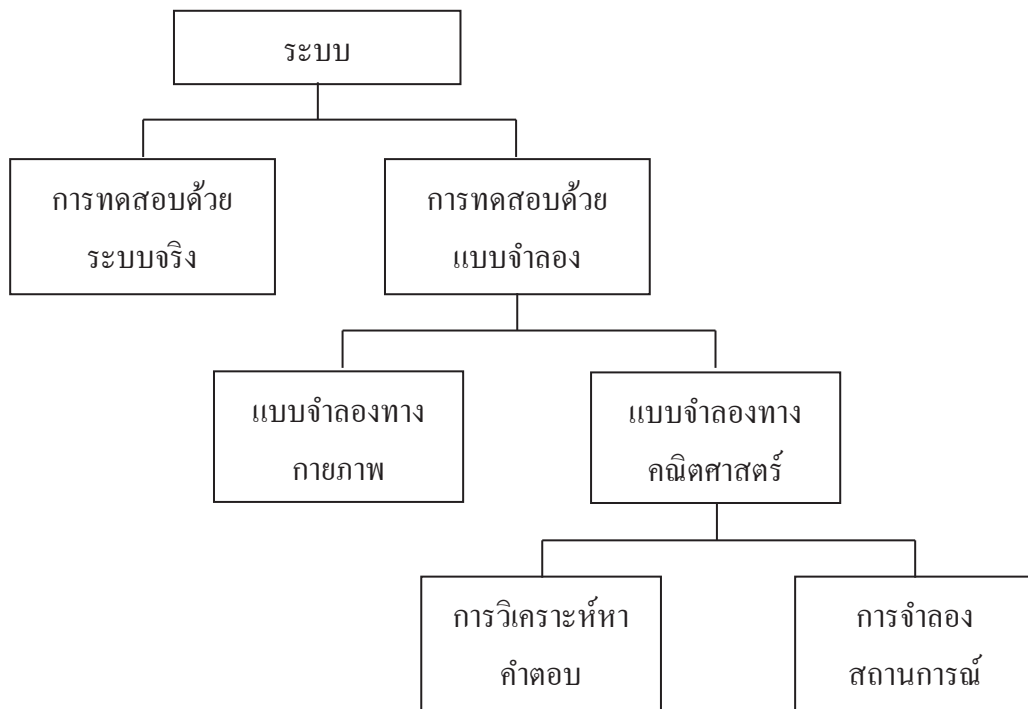
ระบบตายตัว หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานะภาพและกิจกรรมของระบบที่ระดับก่อน ส่วนระบบไม่แน่นอน หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนสถานะภาพเป็นแบบสุ่ม และในบางกรณีก็สามารถหาความน่าจะเป็น (Probability) ของการเปลี่ยนสถานะภาพได้

2.3 ระบบงานย่อย

ระบบงานย่อย หมายถึง องค์ประกอบย่อยของระบบ พิจารณาเฉพาะองค์ประกอบของระบบย่อย ระบบใดระบบหนึ่งภายในระบบใหญ่ ระบบย่อยประกอบด้วยองค์ประกอบของระบบตนเอง ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นผลจากการทำงานของระบบย่อยนั้น

2.4 วิธีการศึกษาระบบ

เนื่องจากระบบแต่ละระบบนั้นมีคุณลักษณะเฉพาะและมีองค์ประกอบของระบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาพฤติกรรมของระบบในแต่ละรูปแบบจึงมีความแตกต่างกันในวิธีการศึกษาด้วย โดยมีแนวทางในการศึกษาระบบในรูปแบบต่างๆ โดยศึกษาจากระบบจริง หรือศึกษาจากแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลอง จะแบ่งเป็น แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์หาคำตอบ และการจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในภาพที่ 1-2 [1]



ภาพที่ 1-2 แสดงวิธีการศึกษาระบบ [1]

3. แบบจำลอง (Model)

แบบจำลอง (Model) หมายถึง ตัวแทนของลักษณะหรือพฤติกรรมของสิ่งที่สนใจ ใช้ในการนำเสนอเพื่อศึกษา หรือ เลียนแบบเพื่อใช้งาน การศึกษาจะทำเฉพาะจุดที่สนใจจะศึกษามาทำแบบเท่านั้น แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะดังนี้ [4]

- 1) เครื่องมือสำหรับการทำนาย ช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถคาดคะเน หรือทำนายได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้น จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ
- 2) เครื่องมือสำหรับการทดลอง ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆ กับระบบงานจริง แต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆ มาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆ ไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่
- 3) เครื่องมือช่วยสอนและฝึกอบรม เช่น แบบจำลองการควบคุมการบิน ช่วยให้นักบินทำความเข้าใจและมีความคุ้นเคยกับการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง
- 4) เครื่องมือช่วยคิด เช่น แบบจำลองโครงข่าย ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองเห็นว่า มีกิจกรรมอะไรบ้างที่ต้องทำและทำกิจกรรมใดก่อนหรือหลัง
- 5) เครื่องมือสื่อความหมาย ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน และช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงานได้