การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา
จากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

นางสาวชลิตา ชีววิริยะนนท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LOGICAL STABILITY ESTIMATION USING ANALOGY FROM CLASS AND SEQUENCE DIAGRAMS

Miss Chalita Cheewaviriyanon

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ
โดย	นางสาวชลิตา ชีววิริยะนนท์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชลิตา ชีววิริยะนนท์ : การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ. (LOGICAL STABILITY ESTIMATION USING ANALOGY FROM CLASS AND SEQUENCE DIAGRAMS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. พรศิริ หมื่นไชยศรี, 156 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา มีชื่อว่า Analogy-SE วิธีการอุปมาขึ้นอยู่กับค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างตัววัดของคลาสต้นฉบับและตัววัดของคลาสเป้าหมายในเคสเบสคลาสเพื่อที่จะใช้ในการหาคำตอบของปัญหา ระเบียบวิธีที่นำเสนอจะเลือกหนึ่งกลุ่มที่เหมาะสมของตัววัดที่มีนัยสำคัญโดยใช้การทดสอบสุ่มของแมนเทลและขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ นอกจากนั้นคลาสที่ผิดปกติจะถูกตรวจจับโดยใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูล จากนั้นความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะถูกประมาณค่าจากตัววัดที่มีนัยสำคัญกลุ่มหนึ่งที่ได้จากการเลือกและชุดข้อมูลที่เหมาะสม ด้วยระเบียบวิธีนี้ความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสามารถประมาณค่าได้ในขั้นตอนการออกแบบของการพัฒนาซอฟต์แวร์

ระเบียบวิธีนี้ทำการประเมินผลโดยใช้โปรแกรม 2 กลุ่มคือ โปรแกรมด้านการจัดการภาพและโปรแกรมด้านการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่าที่ได้จากการประมาณค่ามีค่าไม่เกิน 25% ของค่าจริง จากนั้นทำการเพิ่มขนาดของชุดข้อมูลของโปรแกรมด้านการคำนวณโดยเพิ่มกรณีในเคสเบสคลาส ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลพบว่าเมื่อเพิ่มขนาดของชุดข้อมูลผลทำให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของวิธี Analogy-SE ที่นำเสนอกับวิธี Analogy-X ที่ได้จากการประยุกต์ โดยวิธี Analogy-X ที่ได้จากการที่ประยุกต์คือ วิธีการสำหรับการประมาณค่าความพยายามของ Jacky Keung เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าวิธี Analogy-SE คิดเป็น 66.67% มีความถูกต้องมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Analogy-X

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา....2551.....

4970273421 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS: ANALOGY-BASED ESTIMATION/LOGICAL STABILITY/OBJECT-ORIENTED DESIGNS/DESIGN METRICS/CHANGE IMPACT/SOFTWARE QUALITY

CHALITA CHEEWAVIRIYANON : LOGICAL STABILITY ESTIMATION USING ANALOGY FROM CLASS AND SEQUENCE DIAGRAMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PORNSIRI MUENCHAISRI, Ph.D., 156 pp.

The objective of this thesis is to propose a methodology for estimating logical stability of a class using analogy, called Analogy-SE. Analogy method relies on the similarity between the source and the target class metrics in a case base of classes to obtain the solution of problem. The proposed methodology selects a suitable group of significant metrics using Mantel Randomization Test and Brute-Force Algorithm. In addition, in order to eliminate abnormal classes of the data set, outliers are detected by the sensitivity analysis. Then, class logical stability is estimated from the selected group of significant metrics and the suitable data set. With this methodology, class logical stability can be estimated in the early phase of software development.

The methodology is evaluated using two groups of programs: image processing programs and calculating programs. The results show that the estimated values fall within 25% of the actual value. For calculating programs, when the size of data set is increased by adding the case base of classes, the results of evaluation show that the bigger the size of data set is, the more accurate result is obtained. Moreover, class logical stability estimation using Analogy-SE and applied Analogy-X are compared. Applied Analogy-X is the applied method in effort estimation of Jacky Keung to estimate class logical stability. The results show that the Analogy-SE produces 66.67% is more accurate when comparing Analogy-X.

Department :...Computer Engineering..... Student's Signature :.....Chalita Cheewaviriyanon

Field of Study :.Computer Science..... Advisor's Signature :...P. Muenchaisri.....

Academic Year :..2008....:.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี ผู้ซึ่งเสียสละเวลาช่วยเหลือทั้งทางด้านวิชาการและทางด้านอื่นๆ อีกมากมาย รวมถึงให้แนวทางและโอกาสในการสร้างประสบการณ์ทางด้านงานวิจัยที่ดีมาก ทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ และรองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง ที่กรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย และตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และขอกราบขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ภายใต้โครงการ “ทุน 90 ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านและเพื่อนๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้ คำแนะนำในการเรียน และการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ ในการทำงานที่ต้องใช้ความมานะและอดทน แก่ผู้วิจัยตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ต

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย..... 4

1.5 โครงสร้างของเนื้อหางานวิจัย..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1.1 ความเสถียร..... 6

2.1.2 แผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ..... 10

2.1.3 การประมาณค่าด้วยการอุปมา..... 13

2.1.4 ความสัมพันธ์แมนเทล และการทดสอบสุ่ม..... 14

2.1.5 ตัวประมาณแจคไนฟของความสัมพันธ์แมนเทล..... 16

2.1.6 การวิเคราะห์ความไว..... 17

2.1.7 ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล..... 18

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19

2.2.1 งานวิจัย “การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจาก
แผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์”..... 19

2.2.2 งานวิจัย “Providing Statistical Inference to Case-Based
Software Effort Estimation”..... 20

หน้า

2.2.3 งานวิจัย “Optimising Project Feature Weights for Analogy-Based Software Cost Estimation Using the Mantel Correlation”……..…….…. 21
2.2.4 งานวิจัย “Effort Estimation Using Analogy” ……..…. 22
2.2.5 งานวิจัย “Estimation Software Project Effort Using Analogies”.... 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 23
3.1 แนวคิดและวิธีการวิจัย..... 23
3.2 ระเบียบวิธีสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา……..…. 25
3.2.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE……..…… 25
3.2.1.1 การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของวิธี Analogy-SE ……..……..... 27
3.2.1.2 การวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของวิธี Analogy-SE…. 29
3.2.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE……..…… 31
3.2.2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE……... 31
3.2.2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE…….. 32
3.2.2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE…..…… 33
3.3 การประยุกต์วิธี Analogy-X มาใช้กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ… 34
3.3.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X……..…….. 34
3.3.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X…….... 34
3.3.2.1 การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X……. 34
3.3.2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X…… 35
3.3.2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X……. 35
บทที่ 4 การประเมินผลวิธี Analogy-SE..... 37
4.1 รหัสโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย…….. 37
4.2 การสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลโดยใช้วิธี Analogy-SE…….. 40

หน้า

4.2.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ
โดยใช้วิธี Analogy-SE..... 40
4.2.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรม
ด้านการจัดการภาพที่สร้างจากวิธี Analogy-SE..... 45
4.2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณโดยใช้
วิธี Analogy-SE..... 46
4.2.4 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณที่
สร้างจากวิธี Analogy-SE..... 52
4.3 โมเดลด้วยการอุปมาเมื่อถ่วงน้ำหนักตัววัดด้วยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์
แมนเทลเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักของวิธี Analogy-SE..... 53
4.4 การเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE..... 56
4.4.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ
ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 โดยใช้วิธี Analogy-SE..... 56
4.4.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ
ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ที่สร้างจากวิธี Analogy-SE..... 62
บทที่ 5 การเปรียบเทียบการประเมินผลระหว่างวิธี Analogy-SE กับ
วิธี Analogy-X..... 65
5.1 การประเมินผลของวิธี Analogy-X 65
5.1.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ
โดยใช้วิธี Analogy-X 65
5.1.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรม
ด้านการจัดการภาพที่สร้างจากวิธี Analogy-X..... 69
5.1.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณโดยใช้
วิธี Analogy-X 70
5.1.4 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณที่
สร้างจากวิธี Analogy-X 73
5.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี Analogy-SE และ Analogy-X..... 74
บทที่ 6 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้
การอุปมา..... 79

หน้า

6.1 แผนภาพยูสเคสแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับ
สิ่งที่อยู่นอกระบบ..... 79
6.1.1 ยูสเคส Open Source Dataset..... 81
6.1.2 ยูสเคส Select Significant Metrics..... 82
6.1.3 ยูสเคส View Mantel Correlation, P Value and
Significant Metric..... 82
6.1.4 ยูสเคส View Outlier Class..... 82
6.1.5 ยูสเคส View Selected Metrics, Mantel Correlation and
Outlier Class..... 83
6.1.6 ยูสเคส Open Target Dataset..... 83
6.1.7 ยูสเคส Estimate Class Logical Stability using Analogy..... 84
6.1.8 ยูสเคส View Estimated Similarity Class Logical Stability,
Similarity Class and Euclidean distance..... 85
6.1.9 ยูสเคส View Table of Euclidean Distance..... 85
6.1.10 ยูสเคส Close Source Dataset..... 85
6.1.11 ยูสเคส Close Target Dataset..... 86
6.2 แผนภาพคลาสแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบงาน..... 86
6.2.1 แผนภาพคลาส MenuBarSTANTool..... 86
6.2.2 แผนภาพคลาส LoadData..... 88
6.2.3 แผนภาพคลาส ControlRun..... 88
6.2.4 แผนภาพคลาส SignificantMetric..... 88
6.2.5 แผนภาพคลาส BruteForce..... 88
6.2.6 แผนภาพคลาส UCL..... 88
6.2.7 แผนภาพคลาส Estimation..... 88
6.3 แผนภาพลำดับแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในระบบงาน..... 88
6.3.1 แผนภาพลำดับแสดงการกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบ..... 88
6.3.2 แผนภาพลำดับแสดงการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ..... 89
6.3.3. แผนภาพแสดงการเลือกกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ..... 90
6.3.4 แผนภาพลำดับแสดงการตัดคลาสผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ.. 91

หน้า

6.3.5 แผนภาพลำดับแสดงการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบ..... 91
6.3.6 แผนภาพลำดับแสดงการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ..... 91
6.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการเกิดกิจกรรมภายในระบบงาน..... 92
6.5 การพัฒนาเครื่องมือการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา... 93
6.5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา STANTool..... 93
6.5.2 การใช้งานเครื่องมือ STANTool..... 94
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 95
7.1 บทสรุป..... 95
7.2 ประโยชน์ของงานวิจัย..... 98
7.3 ข้อจำกัด..... 98
7.4 ข้อเสนอแนะ..... 98
7.5 ผลงานตีพิมพ์..... 98
รายการอ้างอิง..... 99
ภาคผนวก..... 102
ภาคผนวก ก การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส..... 103
ภาคผนวก ข การแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ..... 106
ภาคผนวก ค การวัดค่าตัววัดการออกแบบ..... 112
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน STANTool..... 114
ภาคผนวก จ ผลลัพธ์จาการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-SE..... 122
ภาคผนวก ฉ ผลลัพธ์จาการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-X..... 141
ภาคผนวก ช ผลงานตีพิมพ์..... 149
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 156

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง.....	7
2.2	สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส.....	12
3.1	ตัวอย่างรหัสต้นฉบับภาษาจาวา.....	28
3.2	ตัวอย่างการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส.....	28
3.3	ตัววัดการออกแบบของคลาส.....	29
4.1	รายชื่อโปรแกรมด้านการจัดการภาพ.....	38
4.2	รายชื่อโปรแกรมด้านการคำนวณ.....	39
4.3	เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1.....	42
4.4	ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ เมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE.....	43
4.5	ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ เมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE.....	44
4.6	คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE.....	45
4.7	ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE.....	46
4.8	เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1.....	48
4.9	ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ เมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE.....	49
4.10	ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ เมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดโดยขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE.....	50

ตารางที่ หน้า

4.11 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว
โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE..... 51
4.12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรม
ด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของ
โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE..... 52
4.13 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ
ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้าง
จากโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE
กรณีที่ถ่วงน้ำหนัก และไม่ถ่วงน้ำหนัก..... 54
4.14 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ
ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้าง
จากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE
กรณีที่ถ่วงน้ำหนัก และไม่ถ่วงน้ำหนัก..... 54
4.15 เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2..... 57
4.16 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ
เมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ
ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE..... 58
4.17 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับ
เมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ
โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE..... 60
4.18 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรม
ด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE..... 61
4.19 ผลลัพธ์จากการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรม
ด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมา
ที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE... 63
4.20 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรม
ด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมา
ที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ของ
วิธี Analogy-SE..... 64

ตารางที่ หน้า

5.1 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X..... 67
5.2 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X..... 68
5.3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X..... 69
5.4 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X..... 71
5.5 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X..... 72
5.6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE..... 74
5.7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X 75
5.8 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X..... 76
6.1 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Open Source Dataset..... 81
6.2 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Select Significant Metrics..... 81
6.3 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Mantel Correlation, P Value and Significant Metric..... 82
6.4 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Outlier Class..... 82
6.5 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Selected Metrics, Mantel Correlation and Outlier Class..... 83

ตารางที่ หน้า

6.6 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Open Target Dataset..... 83
6.7 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Estimate Class Logical Stability using Analogy..... 84
6.8 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Estimated Similarity Class Logical Stability, Similarity Class and Euclidean distance..... 84
6.9 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Table of Euclidean Distance..... 85
6.10 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Close Source Dataset..... 85
6.11 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Close Target Dataset..... 86
จ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 122
จ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 123
จ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 124
จ-4 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 126
จ-5 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 127
จ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 128

ตารางที่ หน้า

จ-7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 130

จ-8 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 131

จ-9 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 132

จ-10 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 134

จ-11 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 135

จ-12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 135

จ-13 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2..... 138

จ-14 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2..... 139

ตารางที่ หน้า

ฉ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 141

ฉ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 142

ฉ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 143

ฉ-4 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 144

ฉ-5 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 146

ฉ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1..... 147

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างแผนภาพคลาส	10
2.2	ตัวอย่างแผนภาพลำดับ	12
2.3	วงจรการอ้างเหตุผลด้วยกรณี	14
3.1	การประยุกต์วิธี Analogy-X เพื่อทำนายความเสถียรเชิงตรรกะ	24
3.2	วิธี Analogy-SE เพื่อทำนายความเสถียรเชิงตรรกะ	24
3.3	แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	26
3.4	การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาที่ขั้นตอนการออกแบบ	27
3.3	การแทนกรณีของคลาสหนึ่งคลาส	31
6.1	แผนภาพการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน	80
6.2	แผนภาพคลาสหน้าจอการติดต่อกับเครื่องมือ STANTool	87
6.3	แผนภาพลำดับการกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบ	89
6.4	แผนภาพลำดับการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ	89
6.5	แผนภาพลำดับการเลือกกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ	90
6.6	แผนภาพลำดับการตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ	90
6.7	แผนภาพลำดับการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบ	91
6.8	แผนภาพลำดับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ	92
6.9	แผนภาพกิจกรรมของเครื่องมือ STANTool	93
ก-1	การตั้งค่าโอดีบีซีเพื่อกำหนดดาต้าซอฟร์สเนมชื่อ “Change”	103
ก-2	หน้าต่างการทำงานหลักของโปรแกรม ChangeImpact	103
ก-3	หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับ	104
ก-4	หน้าต่างรายการของไฟล์ต้นฉบับที่เลือก	104
ก-5	หน้าต่างการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะเมื่อทำงานเสร็จ	105
ก-6	หน้าต่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่ได้จากการคำนวณ	105
ข-1	หน้าต่างหน้าจอหลักของโปรแกรม MagicDraw UML	106
ข-2	หน้าต่างการสร้าง Code engineering sets	107

ภาพที่ หน้า

ข-3 หน้าต่าง Code engineering sets ที่สร้างขึ้น..... 107
ข-4 หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับนำเข้า..... 107
ข-5 หน้าต่างรายละเอียดของไฟล์รหัสต้นฉบับที่เลือก..... 108
ข-6 หน้าต่างการเลือกคำสั่ง Reverse เพื่อแปลงกลับแผนภาพ..... 109
ข-7 หน้าต่างการกำหนดค่าการแปลงกลับแผนภาพ..... 109
ข-8 หน้าต่างแผนภาพคลาสที่ได้จากการแปลงกลับ..... 110
ข-9 หน้าต่างรายการของคลาส แอททริบิวต์ และเมท็อด..... 110
ข-10 หน้าต่างการแปลงกลับแผนภาพลำดับ..... 111
ข-11 หน้าต่างแผนภาพลำดับที่ได้จากการแปลงกลับ..... 111
ค-1 หน้าต่างหน้าจอหลักของโปรแกรม SDMetrics..... 112
ค-2 หน้าต่างการตั้งค่าโปรเจคที่ต้องการวัดค่าตัววัด..... 113
ค-3 หน้าต่างค่าตัววัดที่ได้จากการวัด..... 113
ง-1 หน้าต่างการเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับที่ต้องการนำเข้า..... 114
ง-2 หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับเข้าสู่โปรแกรม..... 115
ง-3 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลต้นฉบับ..... 115
ง-4 หน้าต่างเมนูคำสั่งการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ..... 116
ง-5 หน้าต่างตัววัดที่มีนัยสำคัญของชุดข้อมูลนำเข้า..... 116
ง-6 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลเป้าหมาย..... 117
ง-7 หน้าต่างค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล และค่าพี..... 117
ง-8 ข้อมูลคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลต้นฉบับ..... 118
ง-9 หน้าต่างการเลือกชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่า..... 118
ง-10 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลเป้าหมาย..... 119
ง-11 หน้าต่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสเป้าหมายที่ได้จาก
การประมาณค่า..... 119
ง-12 หน้าต่างค่าระยะทางแบบยุคลิดระหว่างคลาสเป้าหมายกับคลาสต้นฉบับ..... 120
ง-13 หน้าต่างการปิดชุดข้อมูลต้นฉบับ..... 121
ง-14 หน้าต่างการปิดชุดข้อมูลเป้าหมาย..... 121

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงแนวคิดหลักของงานวิจัย อันประกอบไปด้วย ที่มาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ ขั้นตอนและโครงสร้างของเนื้อหางานวิจัย ซึ่งมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ ISO/IEC 9126 [1] ได้กำหนดให้ความเสถียร (Stability) เป็นหนึ่งในสี่ลักษณะประจำคุณภาพ (Quality attributes) ของความสามารถในการบำรุงรักษา โดยความเสถียรหมายถึง ความเสี่ยงที่ซอฟต์แวร์จะไม่ได้รับผลกระทบอย่างไม่ตั้งใจจากการแก้ไขเพิ่มเติมที่เกิดขึ้น และความเสถียรในโปรแกรมเชิงวัตถุ [2] หมายถึง ค่าความต้านทานของซอฟต์แวร์ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแก่ซอฟต์แวร์ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ความเสถียรเชิงตรรกะ (Logical stability) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงโครงสร้างของซอฟต์แวร์ และความเสถียรเชิงประสิทธิภาพ (Performance stability) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงพฤติกรรมของซอฟต์แวร์ ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาความเสถียรเชิงตรรกะของซอฟต์แวร์

การเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ (Software change) [3] คือ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ของซอฟต์แวร์ ได้แก่ รหัสต้นฉบับ (Source code) อินเตอร์เฟส (Interface) หรือแผนภาพการออกแบบ (Design diagram) เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด เพิ่มหรือลดหน้าที่การทำงานของซอฟต์แวร์ตามความต้องการของผู้ใช้ หรือเพิ่มประสิทธิภาพของฟังก์ชันด้วยการใช้ขั้นตอนวิธีใหม่ที่ดีกว่าเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่องค์ประกอบของซอฟต์แวร์จะทำให้เกิดผลกระทบต่อคลาสต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของซอฟต์แวร์ และการเปลี่ยนแปลงหนึ่งการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อคลาสที่เปลี่ยนแปลง และคลาสอื่นๆ เป็นระลอก (Ripple) ต่อเนื่องกัน ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนั้นอาจจะทำให้ซอฟต์แวร์ทำงานผิดพลาดหรือไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นถ้าสามารถทราบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้า จะทำให้สามารถวางแผนรองรับ และปรับปรุงให้ส่วนประกอบที่ได้รับผลกระทบมากให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด โดยค่าความต้านทานของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของคลาสใดๆ สามารถระบุได้ด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ดังนั้นถ้าสามารถทราบค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ (Design phase) จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถใช้คำตอบที่ได้จากการประมาณค่าเพื่อที่จะตัดสินใจว่าการปรับปรุงโครงสร้างใหม่ของโมเดลการออกแบบนั้นจำเป็นหรือไม่

งานวิจัยของ Yau และ Collofello [2] เสนอขั้นตอนวิธีสำหรับคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะในการเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนการ (Procedural programming) งานวิจัยของ Elish และ Rine [4] ปรับขั้นตอนวิธีของ Yau และ Collofello เพื่อที่จะคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-oriented programming) และงานวิจัยของ ศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์ [5] นำเสนอโมเดลสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจากโมเดลการออกแบบภาษายูเอ็มแอล (Unified Modeling Language - UML) ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple regression analysis) แต่การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนนั้นไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีจำนวนน้อย และโมเดลสำหรับการประมาณค่าที่ได้ไม่มีการเรียนรู้ นั่นคือค่าของคำตอบที่เกิดขึ้นจริงของกรณีใหม่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประมาณค่ากรณีถัดไป

การประมาณค่าด้วยการอุปมา (Analogy-based estimation) [6, 7, 8] เป็นรูปแบบหนึ่งของการอ้างเหตุผลด้วยกรณี (Case-based reasoning) ซึ่งจะแก้ปัญหาของกรณีใหม่โดยอาศัยกรณีก่อนหน้า โดยจะใช้กลุ่มลักษณะของกรณีใหม่เพื่อค้นหากรณีที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดในเคสเบส (Case base) และนำคำตอบของกรณีหรือกลุ่มของกรณีที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดเป็นคำตอบของปัญหาสำหรับกรณีใหม่ การอุปมาเป็นวิธีการที่ตรงไปตรงมา คล้ายคลึงกับการตัดสินใจของมนุษย์ที่ใช้ประสบการณ์ที่เคยเกิดขึ้นจากอดีตช่วยในการแก้ปัญหา มีการเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา นั่นคือค่าที่เกิดขึ้นจริงของกรณีใหม่จะถูกนำไปใช้เป็นเคสเบสสำหรับการประมาณค่ากรณีถัดไป ทำให้การประมาณค่าจะมีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อมีชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่ามากขึ้นด้วย และเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่น นั่นคือคำตอบของปัญหาใหม่ได้รับจากกรณีที่คล้ายคลึงกันของปัญหาในอดีต

งานวิจัยของ Jacky Keung [9] เสนอวิธีการประมาณค่าความพยายามที่ขึ้นอยู่กับกลุ่มลักษณะโดยใช้การอุปมาเรียกว่า Analogy-X (An eXtension for Analogy) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเลือกกลุ่มลักษณะ และการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมา โดยการเลือกกลุ่มลักษณะโดยใช้ความสัมพันธ์แมนเทล (Mantel correlation) เพื่อตรวจสอบชุดข้อมูลว่ามีความเหมาะสมในการประมาณค่าหรือไม่ และทำการเลือกลักษณะด้วยการเลือกลักษณะทีละขั้น (Stepwise feature selection) ที่สามารถเลือกกลุ่มลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า รวมทั้งสามารถลบกรณีที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูล อีกทั้งมีงานวิจัยจำนวนมาก [3, 8, 9, 10, 11, 12, 13] ใช้การอุปมาในการประมาณค่าความพยายาม (Effort) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำการอุปมามาใช้กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดัดแปลงวิธีการอุปมาของ Jacky Keung ที่ใช้ในการประมาณค่าความพยายามมาใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และปรับเปลี่ยนวิธีการเลือกลักษณะเนื่องจากอาจจะมีกลุ่มลักษณะที่ดีกว่าเพื่อใช้ในการประมาณค่าด้วยการอุปมา โดยพิจารณาความคล้ายคลึงกันระหว่างคลาสจากลักษณะการออกแบบเชิงโครงสร้างและพฤติกรรมที่ได้จากแผนภาพคลาส (Class diagram) และแผนภาพลำดับ (Sequence diagram) ตามลำดับ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่วัดจากรหัสต้นฉบับ และค่าตัววัดการออกแบบที่วัดจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ รวมทั้งตรวจจับคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล และนำกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกและเคสเบสคลาสที่ลบกรณีคลาสที่ผิดปกติ มาใช้กับระบบการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา ซึ่งทำให้สามารถประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ระเบียบวิธีที่นำเสนอนี้สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของชุดข้อมูลว่าเหมาะสมที่จะใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา สามารถเลือกกลุ่มลักษณะของคลาสที่มีความเหมาะสมในการประมาณค่า และสามารถตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติซึ่งทำให้ผลจากการประมาณค่าคลาดเคลื่อน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ออกแบบระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

2) ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับตามระเบียบวิธีที่นำเสนอ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ระเบียบวิธีที่นำเสนอจะใช้ข้อมูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาตามโมเดลการออกแบบเชิงวัตถุด้วยแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับของภาษายูเอ็มแอล และพัฒนาด้วยภาษาจาวาเท่านั้น

2) ระเบียบวิธีที่นำเสนอจะทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาด้วยระยะทางแบบยุคลิดเพื่อค้นหากรณีคลาสที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดในการประมาณค่า

3) ระเบียบวิธีที่นำเสนอในขั้นตอนการเลือกลักษณะจะพิจารณาความเหมาะสมของชุดข้อมูล และลบกรณีคลาสที่เป็นค่าผิดปกติ

4) ระบบการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะใช้กลุ่มตัววัดที่ได้จากการเลือก และการถ่วงน้ำหนักลักษณะซึ่งแบ่งพิจารณาเป็นกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก และกรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เพื่อหาโมเดลด้วยการอุปมา (Analogy-based model) ที่ทำให้ผลการประมาณค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

5) ระเบียบวิธีที่นำเสนอจะใช้ข้อมูลสอนในการทดลองอย่างน้อย 2 ชุดข้อมูล โดยแต่ละชุดมีจำนวนข้อมูลอย่างน้อย 50 คลาส และจะเพิ่มจำนวนข้อมูลหนึ่งชุดข้อมูลเพื่อทดลองความถูกต้องในการประมาณค่าเมื่อมีจำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้น

6) การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะใช้ข้อมูลตัววัดจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับในการประมาณค่า

7) พัฒนาเครื่องมือการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสบนพื้นฐานการอุปมา ซึ่งมีความสามารถในการเลือกลักษณะ และการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

8) งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบความถูกต้องในการประมาณค่าของวิธี Analogy-X กับวิธี Analogy-SE

9) งานวิจัยนี้จะจำกัดขอบเขตของปัญหา (Problem domain) ของชุดข้อมูลตามประเภทการทำงานของซอฟต์แวร์

10) งานวิจัยนี้จะประเมินผลความถูกต้องของระเบียบวิธีที่นำเสนอโดยใช้จำนวนชุดข้อมูลทดสอบในการทดลองอย่างน้อย 2 ชุดข้อมูล โดยแต่ละชุดมีจำนวนข้อมูลอย่างน้อย 20 คลาส

11) งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบความถูกต้องของการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของวิธี Analogy-X และวิธี Analogy-SE กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่คำนวณได้จากสูตรจากการจำลองการเปลี่ยนแปลงที่รหัสต้นฉบับ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1) ศึกษาความเสถียรของซอฟต์แวร์ ตัววัดของแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ และการประมาณค่าด้วยการอุปมาจากหนังสือ และบทความวิชาการต่างๆ

2) ออกแบบระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา

3) ทำการเก็บรวบรวมโปรแกรมประยุกต์ภาษาจาวา

4) ทำการทดลองตามขั้นตอนจากสมมติฐานที่กำหนด

5) ประเมินผลความถูกต้องของระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา

6) เปรียบเทียบความถูกต้องในการประมาณค่าของวิธี Analogy-X กับวิธี Analogy-SE

7) พัฒนาเครื่องมือสำหรับการเลือกลักษณะและการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสตามระเบียบวิธีที่ออกแบบ

8) วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 โครงสร้างของเนื้อหางานวิจัย

เนื้อหาโครงสร้างของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกแบ่งออกเป็น 7 บทดังนี้ คือ บทที่ 1 เป็นบทนำ บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 นำเสนอระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับมีชื่อว่า Analogy-SE และการประยุกต์ใช้วิธี Analogy-X กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ บทที่ 4 เป็นการประเมินผลวิธี Analogy-SE แบ่งเป็นการทดลองทำการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE และทำการประเมินผลโมเดล การประมาณค่าเมื่อถ่วงน้ำหนักกลุ่มลักษณะด้วยความสัมพันธ์แมนเทลเปรียบเทียบกับกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักของวิธี Analogy-SE และการเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE บทที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบการประเมินผลเชิงการทดลองระหว่างวิธี Analogy-SE กับวิธี Analogy-X การทดลองทำการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X และทำการประเมินผลโมเดล จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบความถูกต้องในการประมาณค่า บทที่ 6 เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา ซึ่งมีความสามารถในการเลือกกลุ่มย่อยตัววัด การตรวจจับกรณีคลาสที่ผิดปกติ และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมา และบทที่ 7 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายจะเป็นบทสรุปของงานวิจัย ข้อจำกัด รวมทั้งข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต และบทความวิชาการที่ตีพิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงทฤษฎีที่สำคัญ ซึ่งได้นำมาประยุกต์ สนับสนุน และใช้อ้างอิงในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดของงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา โดยมีแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือ ความเสถียร แผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ การประมาณค่าด้วยการอุปมา ความสัมพันธ์แมนเทลและการทดสอบสุ่ม ตัวประมาณแจคไนฟของความสัมพันธ์แมนเทล การวิเคราะห์ความไว และค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์และการทำนายที่ระดับแอล มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ความเสถียร

ความเสถียรของซอฟต์แวร์ [2] คือ ค่าความต้านทานของซอฟต์แวร์ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแก่ซอฟต์แวร์ ความเสถียรของซอฟต์แวร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

- ความเสถียรเชิงตรรกะคือ โอกาสในการไม่ได้รับผลกระทบที่ส่งผลให้การทำงานผิดพลาดหรือไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงโครงสร้างของซอฟต์แวร์
- ความเสถียรเชิงประสิทธิภาพคือ โอกาสในการไม่ได้รับผลกระทบที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานเปลี่ยนไป ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงพฤติกรรมของซอฟต์แวร์

ความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจึงหมายถึง ค่าความต้านทานการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของคลาสใดๆ ในโปรแกรม

โดยค่าความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาสสามารถคำนวณได้จากการนำรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้มาจำลองการเปลี่ยนแปลงกับโปรแกรมโดยดำเนินการจำลองทีละคลาสและทีละการเปลี่ยนแปลง จนกระทั่งครบทุกคลาสและทุกการเปลี่ยนแปลง จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ทั้งหมด พร้อมทั้งจำนวนครั้งที่คลาสหนึ่งคลาสที่ได้รับผลกระทบตามเงื่อนไขของรูปแบบการเปลี่ยนแปลง โดยมีสมการ [4] ดังนี้

$$CLS(C_i) = 1 - \left(\frac{NTE(C_i)}{TNC} \right) \qquad (2.1)$$

โดย $CLS(C_i)$ คือ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส C_i ซึ่ง $0 \le CLS(C_i) \le 1$

$NTE(C_i)$ คือ จำนวนครั้งที่คลาส C_i ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง เมื่อ $i = 1, 2, ..., n$

TNC คือ จำนวนครั้งที่ทำการเปลี่ยนแปลง

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและคลาสที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมีการรวบรวมและปรับปรุงโดย [5] จากงานวิจัยต่างๆ [4, 14, 15, 16] รูปแบบการเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 2 ระดับด้วยกันคือ การเปลี่ยนแปลงในระดับระบบ (System-level change) ได้แก่ การเพิ่ม ลบ คลาส และการเพิ่ม ลบ ความสัมพันธ์ต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงในระดับคลาส (Class-level change) ซึ่งแบ่งออกเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดแก่แอททริบิวต์ และเมท็อดของคลาส เช่น การเพิ่ม ลบ แอททริบิวต์หรือเมท็อด การแก้ไขประเภทแอททริบิวต์ และการแก้ไขขอบเขต เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง

หมายเลข	รูปแบบการเปลี่ยนแปลง	คลาสที่อาจได้รับผลกระทบ
การเปลี่ยนแปลงระดับระบบ		
1	เพิ่มความสัมพันธ์คลาสแม่ของ C	C, S
2	ลบความสัมพันธ์คลาสแม่ของ C	C, S, R
3	เพิ่มความสัมพันธ์คลาสลูกของ C	
4	ลบความสัมพันธ์คลาสลูกของ C	
5	เพิ่มความสัมพันธ์แอกกรีเกตชันคลาสของ C	C, S
6	ลบความสัมพันธ์แอกกรีเกตชันคลาสของ C	C, S, R
7	เพิ่มความสัมพันธ์คลาส C เป็นแอกกรีเกตชันคลาส	
8	ลบความสัมพันธ์คลาส C ที่เป็นแอกกรีเกตชันคลาส	
9	เพิ่มความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันคลาสของ C	C, S
10	ลบความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันคลาสของ C	C, S, R
11	เพิ่มความสัมพันธ์คลาส C เป็นแอสโซซิเอชัน	
12	ลบความสัมพันธ์คลาส C เป็นแอสโซซิเอชัน	
13	เพิ่มคลาส C	
14	ลบคลาส C	C, S, R

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

หมายเลข	รูปแบบการเปลี่ยนแปลง	คลาสที่อาจได้รับผลกระทบ
การเปลี่ยนแปลงระดับคลาส		
	แอททริบิวต์ A ของ C	
15	เพิ่มแอททริบิวต์	S (เมื่อขอบเขตเป็นพับบลิคเท่านั้น)
16	ลบแอททริบิวต์	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, X, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
17	เปลี่ยนค่าของแอททริบิวต์	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, X, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
18	เปลี่ยนขอบเขตการเข้าถึง	
	พับบลิคเป็นไพรเวต	S, X
	พับบลิคเป็นไพรเทคต์	X
	โพรเทคต์เป็นพับบลิค	
	โพรเทคต์เป็นไพรเวต	S
	ไพรเวตเป็นโพรเทคต์	
19	เปลี่ยนประเภทแอททริบิวต์	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, X, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
20	เปลี่ยนชื่อแอททริบิวต์	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, X, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ของเขตเป็นไพรเวต	C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

หมายเลข	รูปแบบการเปลี่ยนแปลง	คลาสที่อาจได้รับผลกระทบ
	เมท็อด M ของ C	
21	เพิ่มเมท็อด	S (เมื่อขอบเขตเป็นพับบลิคเท่านั้น)
22	ลบเมท็อด	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, Y, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
23	เปลี่ยนชื่อเมท็อด	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, Y, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
24	เปลี่ยนซิกเนเจอร์	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, Y, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
25	เปลี่ยนชนิดข้อมูลคืนกลับ	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, Y, S
	ขอเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C
26	เปลี่ยนรายละเอียดการทำงาน	
	ขอบเขตเป็นพับบลิค	C, Y, S
	ขอบเขตเป็นโพรเทคต์	C, S
	ขอบเขตเป็นไพรเวต	C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

หมายเลข	รูปแบบการเปลี่ยนแปลง	คลาสที่อาจได้รับผลกระทบ
27	เปลี่ยนขอบเขตการเข้าถึง	
	พับบลิคเป็นไพรเวต	S, Y
	พับบลิคเป็นโพรเทคต์	Y
	โพรเทคต์เป็นพับบลิค	
	โพรเทคต์เป็นไพรเวต	S
	ไพรเวตเป็นพับบลิค	
	ไพรเวตเป็นโพรเทคต์	

C คือ คลาสที่สนใจ

S คือ คลาสลูกของ C

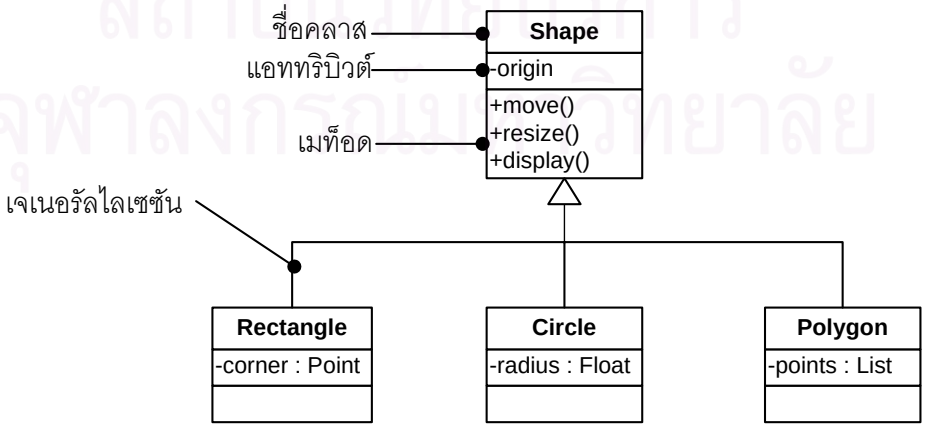
R คือ คลาสที่มีความสัมพันธ์กับ C ในฐานะผู้กระทำ เช่น เป็นแอสโซซิเอชันคลาสของ C

X คือ คลาสที่เรียกใช้แอททริบิวต์ A ของ C

Y คือ คลาสที่เรียกใช้เมท็อด M ของ C

2.1.2 แผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

แผนภาพคลาส [17] เป็นแผนภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบ และเป็นแผนภาพเชิงโครงสร้าง เพื่อให้สามารถมองเห็นองค์ประกอบทั้งหมดของระบบ ส่วนประกอบของคลาสที่สำคัญประกอบด้วย 2 ส่วนดังรูปที่ 2.1 ดังนี้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนภาพคลาส [17]

1) คลาส ประกอบด้วย

- ชื่อคลาส (Class name) แสดงชื่อของสิ่งที่เราสนใจในระบบ
- แอททริบิวต์ (Attribute) แสดงถึงคุณลักษณะของคลาส
- เมท็อด (Method) แสดงถึงกิจกรรมหรือการทำงานของคลาส

2) ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส มีดังนี้

- ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (Association) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสสองคลาส ซึ่งมีอินสแตนท์ (Instance) ของคลาสที่ได้ทำการส่งสาร (Message) ระหว่างกัน สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน แสดงด้วยเส้นทึบไม่มีหัวลูกศร ดังแสดงในตารางที่ 2.2

- ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน (Generalization) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสที่มีลักษณะทั่วไป (Superclass or Parent) และคลาสที่มีลักษณะเฉพาะ (Subclass or Child) โดยคลาสที่มีลักษณะเฉพาะใช้โครงสร้างและพฤติกรรมร่วมกับคลาสที่มีลักษณะทั่วไป หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความสัมพันธ์อีสอะ (Is-a) สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน แสดงด้วยเส้นทึบหัวลูกศรกลวงตรงกลางชี้ไปยังคลาสที่มีลักษณะทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2.2

- ความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน (Aggregation) และคอมโพซิชัน (Composition) เป็นความสัมพันธ์ของคลาสที่เป็นส่วนหนึ่งของอีกคลาสหนึ่ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสที่แสดงสิ่งที่ใหญ่กว่า (The “whole”) ซึ่งประกอบด้วยคลาสที่เล็กกว่า (The “parts”) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแฮสอะ (Has-a) ส่วนความสัมพันธ์แบบคอมโพซิชันจะมีการแสดงความเป็นเจ้าของสูงกว่าความสัมพันธ์แบบแอกกริเกชัน กล่าวคือเมื่อคลาสที่ใหญ่กว่าถูกลบคลาสที่เล็กกว่าจะถูกลบด้วยทันที แต่ถ้าเป็นความสัมพันธ์แบบแอกกริเกชันเมื่อคลาสที่ใหญ่กว่าถูกลบคลาสที่เล็กกว่าจะไม่ถูกลบ สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์แบบแอกกริเกชัน และคอมโพซิชัน แสดงด้วยเส้นทึบหัวรูปขนมเปียกปูนกลวงและทึบตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

- ความสัมพันธ์แบบดีเพนเดนซี (Dependency) เป็นความสัมพันธ์ที่ใช้แสดงในกรณีที่คลาสหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงแล้วมีผลกระทบกับคลาสอื่นด้วย สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์แบบดีเพนเดนซี แสดงด้วยเส้นประแบบมีทิศทาง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

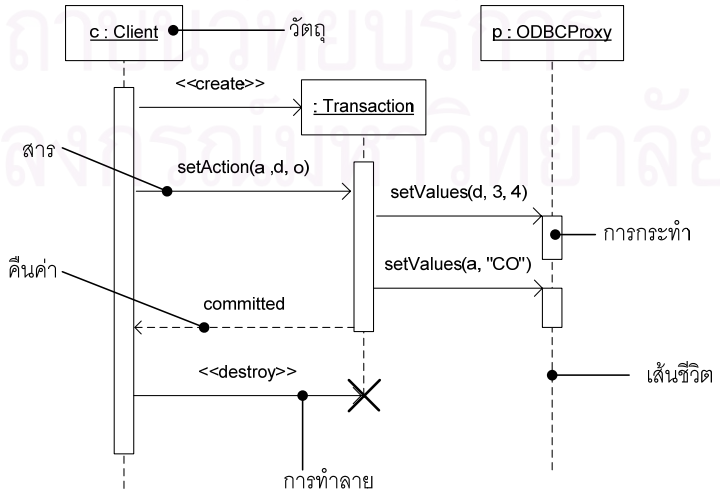
- ความสัมพันธ์แบบเรียลไรเซชัน (Realization) ใช้เชื่อมระหว่างส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Interface) และคลาสหรือส่วนประกอบ สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์แบบเรียลไรเซชัน แสดงด้วยเส้นประหัวลูกศรกลวงตรงกลาง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส [17]

ความสัมพันธ์	สัญลักษณ์
แอสโซซิเอชัน	
เจเนอรัลไลเซชัน	
แอกกริเกชันและคอมโพซิชัน	
ดีเพนเดนซี	
เรียลไรเซชัน	

แผนภาพลำดับ [17] เป็นแผนภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และเป็นแผนภาพเชิงพฤติกรรม แสดงการโต้ตอบกันระหว่างวัตถุของเค้าโครงเรื่อง (Scenario) หนึ่งของซอฟต์แวร์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลำดับของสารที่ส่งระหว่างวัตถุ ส่วนประกอบของแผนภาพลำดับแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย

- วัตถุ (Object) แสดงถึงวัตถุที่ถูกสร้างขึ้นจากคลาส
- สาร แสดงถึงสารที่ส่งระหว่างวัตถุ
- เส้นชีวิต (Lifeline) แสดงช่วงระยะเวลาการมีชีวิตอยู่ของวัตถุ
- การกระทำ (Activation) แสดงช่วงระยะเวลาที่วัตถุกำลังดำเนินการอยู่
- คืนค่า (Return) แสดงการย้อนกลับไปทำงานยังวัตถุเดิม
- การทำลาย (Destruction) แสดงจุดสิ้นสุดของเส้นชีวิต โดยได้รับสารเป็นการลบวัตถุนั้น



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภาพลำดับ [17]

2.1.3 การประมาณค่าด้วยการอุปมา

การประมาณค่าด้วยการอุปมา [11] เป็นรูปแบบหนึ่งของการอ้างเหตุผลด้วยกรณี ซึ่งจะแก้ปัญหาของกรณีใหม่โดยอาศัยกรณีก่อนหน้า โดยจะใช้กลุ่มลักษณะของกรณีใหม่เพื่อค้นหากรณีที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดในเคสเบส และนำคำตอบของกรณีหรือกลุ่มของกรณีที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดเป็นคำตอบของปัญหาสำหรับกรณีใหม่

ความคล้ายคลึงกันระหว่างกรณีในชุดข้อมูล หาได้จากเมทริกซ์ระยะทางในฐานะที่เป็นปริภูมิ n มิติ (n-dimensional space) ซึ่งแต่ละมิติตอบสนองแต่ละลักษณะ โดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Euclidean distance) มีสูตรดังนี้

$$\partial(c, c') = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (m_i - m_i')^2} \qquad (2.2)$$

หรือระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Euclidean distance) มีสูตร ดังนี้

$$\partial(c, c') = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i (m_i - m_i')^2} \qquad (2.3)$$

โดย

∂ คือ ระยะทางแบบยุคลิด

c คือ กรณีที่ต้องการประมาณค่า

c' คือ กรณีที่นำมาเปรียบเทียบ

m_i คือ ลักษณะที่ i ของกรณีที่ต้องการประมาณค่า

m_i' คือ ลักษณะที่ i ของกรณีที่นำมาเปรียบเทียบ

w_i คือ น้ำหนักของลักษณะที่ i

จากสูตรด้านบนถ้าค่าระยะทางที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อย แสดงว่าทั้งสองกรณีที่นำมาเปรียบเทียบกันมีความคล้ายคลึงกันสูง แต่ถ้ามีค่ามากแสดงว่ามีความคล้ายคลึงกันต่ำ โดยการประมาณค่าด้วยการอุปมาจะใช้กรณีหรือกลุ่มกรณีที่มีค่าความคล้ายคลึงกันสูงสุดเป็นข้อมูลต้นทางสำหรับประมาณค่าคำตอบของกรณีที่ต้องการประมาณค่า

ระบบการประมาณค่าด้วยการอุปมามีหลักการตามการอ้างเหตุผลด้วยกรณี [6] ซึ่งแบบจำลองกระบวนการของวงจรการอ้างเหตุผลด้วยกรณี ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้

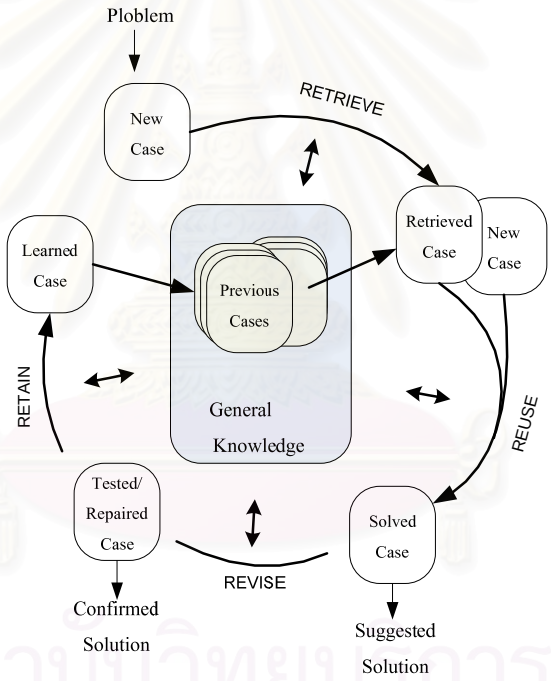
1) ค้นคืนกรณีที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดหรือกลุ่มกรณีที่คล้ายคลึงกัน (Retrieve)

2) นำสารสนเทศและความรู้กลับมาใช้อีกซึ่งใช้แก้ปัญหากรณีใหม่ (Reuse)

3) ปรับปรุงคำตอบของปัญหาที่ได้รับ (Revise)

4) จดจำส่วนหนึ่งของประสบการณ์ที่มีประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาในอนาคต (Retain)

ปัญหาที่เกิดใหม่จะได้รับการแก้ปัญหาโดยการค้นคืนหนึ่งกรณีหรือมากกว่าหนึ่งกรณีที่เกิดจากกรณีที่มีประสบการณ์ก่อนหน้า การนำกรณีกลับมาใช้อีกจะทำในทางใดทางหนึ่ง การปรับปรุงคำตอบด้วยการนำกลับมาใช้อีกของกรณีก่อนหน้า และการจดจำประสบการณ์ที่เกิดขึ้นใหม่โดยรวมกรณีใหม่จัดเก็บลงในเคสเบส



รูปที่ 2.3 วงจรการอ้างเหตุผลด้วยกรณี [6]

จากรูปที่ 2.3 การพรรณาของปัญหาหนึ่งปัญหาเริ่มจากให้คำจำกัดความกรณีใหม่ กรณีใหม่ถูกใช้เพื่อค้นคืนหนึ่งกรณีจากการรวมกลุ่มของกรณีก่อนหน้า กรณีที่ได้จากการค้นคืนถูกรวมกับกรณีใหม่ผ่านทางการนำกลับมาใช้อีกกลายเป็นกรณีที่แก้ไข จากนั้นกระบวนการปรับปรุงคำตอบของปัญหานี้จะถูกทดสอบสำหรับความสำเร็จ และปรับปรุงถ้าหากล้มเหลว ระหว่างการจดจำ ประสบการณ์ที่มีประโยชน์จะถูกจดจำสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่อีกในอนาคต และเคสเบสจะถูกปรับปรุงโดยเรียนรู้กรณีที่เกิดขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงกรณีที่มีอยู่บางกรณี

2.1.4 **ความสัมพันธ์แมนเทล และการทดสอบสุ่ม** (Randomization test)

ความสัมพันธ์แมนเทล [18, 19] ใช้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในเมทริกซ์ระยะทาง (Distance matrix) 2 เมทริกซ์ และการทดสอบสุ่ม [18, 19] ใช้ประเมินระดับนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ ซึ่งใช้เป็นเครื่องชี้บอกความเหมาะสมของชุดข้อมูลในการอุปมา มีรายละเอียดดังนี้

การหาความสัมพันธ์แมนเทล ขั้นแรกสร้างเมทริกซ์ระยะทาง A สำหรับตัวแปรทำนาย และเมทริกซ์ระยะทาง B สำหรับตัวแปรตอบสนอง สร้างได้ดังนี้

$$A=\begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad B=\begin{bmatrix} 0 & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & 0 & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

เมทริกซ์ระยะทางคือ เมทริกซ์ของ n กรณี โดยแต่ละกรณีมีการวัดระยะทางสร้างจาก p ลักษณะ ตัวอย่างเช่น สมาชิกระยะทางระหว่างกรณีที่ 1 (x1) และกรณีที่ 2 (x2) คำนวณโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิด ได้ดังนี้

$$a_{21}=\sqrt{\sum_{i=1}^{p}(x1_i-x2_i)^2} \tag{2.5}$$

จากสมการที่ (2.5) จะทำการพิจารณาค่าของตัวแปร p ทั้งหมดสำหรับแต่ละคู่กรณี โดยที่สมาชิกด้านบนเส้นทแยงมุมสามารถสร้างตัวแปรโดยการแปลงเพื่อทำให้เป็นมาตรฐาน จากนั้นหารแต่ละค่าสมาชิกในเมทริกซ์ระยะทางด้วยผลต่างระหว่างค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุด ทำให้สมาชิกในเมทริกซ์มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ผลที่ได้ทำให้สมาชิกทุกค่ามีน้ำหนักเท่ากันและสามารถเปรียบเทียบกันได้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_M=\frac{\sum a_{ij}b_{ij}-\sum a_{ij}\sum b_{ij}/m}{\sqrt{\left[\left\{\sum a_{ij}^2-(\sum a_{ij})^2/m\right\}\times\left\{\sum b_{ij}^2-(\sum b_{ij})^2/m\right\}\right]}} \tag{2.6}$$

เมื่อ m คือ จำนวนสมาชิกด้านล่างเส้นทแยงมุมในเมทริกซ์ระยะทาง คำนวณได้ดังนี้

$$m=\frac{n(n-1)}{2} \tag{2.7}$$

สำหรับการทดสอบสุ่มทำโดยสลับอันดับกันอย่างสุ่มของสมาชิกในเมทริกซ์ระยะทางสำหรับหนึ่งเมทริกซ์คือ เมทริกซ์ A เมทริกซ์ที่มีลำดับแบบสุ่ม A_{Random} สามารถสร้างบนพื้นฐานลำดับซึ่งเป็นการสุ่มของสมาชิก ตัวอย่างเช่น การสุ่มหนึ่งครั้งของสมาชิก A ได้เมทริกซ์ A_{Random} ดังนี้

$$A_{Random} = \begin{bmatrix} 0 & a_{68} & a_{18} & \cdots & a_{38} \\ a_{68} & 0 & a_{16} & \cdots & a_{36} \\ a_{18} & a_{16} & 0 & \cdots & a_{31} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{38} & a_{36} & a_{31} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

ตำแหน่ง (Entry) ในคอลัมน์ที่ 1 แถวที่ 2 คือ ระยะทางระหว่างข้อมูลที่ 8 และ 6 และตำแหน่งในคอลัมน์ที่ 2 แถวที่ 3 คือ ระยะทางระหว่างข้อมูลที่ 6 และ 1 และตำแหน่งอื่นๆ ก็ทำนองเดียวกัน จากนั้นคำนวณค่าของความสัมพันธ์แมนเทลโดยใช้เมทริกซ์ A_{Random} (2.8) และ B (2.4)

การทำซ้ำขั้นตอนนี้หลายๆ ครั้งก่อให้เกิดการแจกแจงทางสถิติแบบสุ่ม (Randomization statistic distribution) โดยทำการสุ่ม 1,000 ครั้งสำหรับการประมาณค่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทำการสุ่ม 5,000 ครั้งสำหรับการประมาณค่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 [20, 21] การใช้การแจกแจงแบบสุ่มนี้สามารถทดสอบได้ว่าค่าของความสัมพันธ์แมนเทลที่ได้จากคู่ของเมทริกซ์ระยะทางเดิมแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้าความสัมพันธ์แมนเทลแตกต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าชุดข้อมูลมีความใกล้เคียงกับการคำนึงถึงตัวแปรตอบสนองของข้อมูลใกล้เคียงกันกับการคำนึงถึงตัวแปรทำนาย และสามารถแน่ใจว่าการประมาณค่าด้วยการอุปมานั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล

ระดับนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างเมทริกซ์ระยะทาง 2 เมทริกซ์ทดสอบโดยหาค่าพี (p-value) ซึ่งคำนวณจากจำนวนครั้งที่ค่าความสัมพันธ์ R_i มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า R เริ่มแรกหารด้วยจำนวนการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) ทั้งหมด ถ้าค่าพีมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างเมทริกซ์ระยะทาง 2 เมทริกซ์ มีระดับนัยสำคัญ 0.05

2.1.5 ตัวประมาณแจคไนฟ (Jackknife estimator) ของความสัมพันธ์แมนเทล

วิธีการแจคไนฟ [9] ใช้ทดสอบสมมติฐาน และคำนวณช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) การทดสอบแจคไนฟทำโดยการฝึกชุดข้อมูลจำนวน n ครั้ง แต่ละครั้งนำกรณีที่ i ออกและใช้ประเมินการกระทำของชุดข้อมูลแต่ละกรณี และรอบต่อไปจะนำกรณีที่ i

กลับเข้ามาใหม่ จากนั้นนำกรณีที่ $i+1$ ออก และทำอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนถึงกรณีที่ n โดยแต่ละรอบที่ทำการสุ่มจะทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล

R_i สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_i = Mantel.Correlation(dist(X_{-i}), dist(Y_{-i})) \quad (2.9)$$

X_{-i} คือ กรณีทั้งหมดยกเว้นกรณีที่ i Y_{-i} คือ กรณีทั้งหมดยกเว้นกรณีที่ i และฟังก์ชัน $dist()$ คือ ระยะทางระหว่างกรณี

การจำลองแจคไนฟใช้เพื่อจัดหาตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงสำหรับความสัมพันธ์แมนเทล และช่วงความเชื่อมั่นของค่านี้ ตัวประมาณแจคไนฟของความสัมพันธ์แมนเทล ($\hat{R}$) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} \quad (2.10)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกรณีทั้งหมด และ R_i คือ ความสัมพันธ์แมนเทลของกรณีทั้งหมดที่นำกรณีที่ i ออก

ตัวประมาณแจคไนฟมีการกระจายปกติ (โดยประมาณ) และค่าความแปรปรวน (Variance) S^2 สามารถประมาณได้ดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (R_i - \hat{R})^2}{n-1} \quad (2.11)$$

ช่วงความเชื่อมั่นแจคไนฟที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่าประมาณ) สามารถประมาณได้จาก

$$CI_{Jackknife} = \hat{R} \pm 2 \times S \quad (2.12)$$

2.1.6 **การวิเคราะห์ความไว** (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความไว [9] เป็นวิธีการหากรณีผิดปกติโดยใช้หลักการของเมทริกซ์เรเวอเรจของแมนเทล (Matrix leverage) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานการคำนวณความสัมพันธ์แมนเทลที่นำกรณีที่ i ออก สามารถชี้บอกความสัมพันธ์แมนเทลสำหรับชุดข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อแต่ละกรณี

$$LM_i = R_i - \hat{R} \tag{2.13}$$

LM_i คือ ความแตกต่างระหว่าง R_i และตัวประมาณแจคไนฟ $\hat{R}$ ทั้งหมด ซึ่งชี้บอกผลกระทบของกรณีเฉพาะ i บนความสัมพันธ์ทั้งหมด ภายใต้สมมติฐาน H_0 ว่ากรณีที่ i ไม่ผิดปกติ โดยที่ R_i เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ $\hat{R}$ มี $N(0, S^2)$ โดยประมาณ

การทดสอบ z เป็นกลไกการทำงานเพื่อตรวจสอบว่าค่าของ R_i ไม่ผิดปกติ สำหรับแต่ละกรณีที่ i LM_i สามารถแปลงเป็นรูปแบบปกติที่เป็นมาตรฐานคือ

$$z_i = \frac{LM_i}{S_M} \tag{2.14}$$

ถ้า $|z_i|$ มีค่ามากกว่า 2 แสดงว่ากรณีนั้นหักเหออกจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และถ้า $|z_i|$ มีค่ามากกว่า 4 แสดงว่ากรณีนั้นหักเหออกจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

2.1.7 **ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์** (Mean magnitude of relation error) **และการทำนายที่ระดับแอล** (Prediction at level l)

ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ [22] เป็นวิธีที่ใช้ประเมินผลระบบการประมาณค่า เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการประมาณค่าของระบบเมื่อเทียบกับค่าจริง คำนวณได้ดังนี้

$$MMRE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} MRE_i \tag{2.15}$$

ซึ่งขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ของแต่ละกรณี คำนวณได้ดังนี้

$$MRE = \left|\frac{E - \hat{E}}{E}\right| \tag{2.16}$$

โดย

$MMRE$ คือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์

MRE_i คือ ขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ของกรณีที่ i

n คือ จำนวนกรณีทั้งหมด

E คือ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

$\hat{E}$ คือ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่ได้จากการประมาณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยถ้าผลของค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์มีค่าน้อย แสดงว่าระบบให้ผลการทำนายของกลุ่มดี ตัวอย่างเช่น $MMRE = 0.25$ หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 25% จากค่าจริง

การทำนายที่ระดับแอล [22] เป็นวิธีที่ใช้ประเมินผลระบบการประมาณค่า เพื่อหาอัตราส่วนของจำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีขนาดความผิดพลาดของการประมาณค่าจากค่าจริงน้อยกว่าหรือเท่ากับ l ต่อจำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมด คำนวณได้ดังนี้

$$PRED(l) = \frac{k}{n} \tag{2.17}$$

โดย

$PRED(l)$ คือ การทำนายที่ระดับแอล

l คือ ช่วงระดับของขนาดความผิดพลาด มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

k คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีค่า $MRE \le l$

n คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมด

โดยผลจากการประเมินผล ตัวอย่างเช่น $PRED(0.25) = 0.75$ หมายความว่า 75% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 25% ของค่าจริง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนย่อยนี้เป็นการสรุปโดยย่อของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสถียรของโปรแกรมและการอุปมา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจากแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ โดยศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์ [5]

งานวิจัยนี้นำเสนอโมเดลสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจากแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะที่วัดจากรหัสต้นฉบับภาษาจาวา และตัววัดต่างๆ จากแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ การสร้างโมเดลประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะแบ่งซอฟต์แวร์ตามพฤติกรรมการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ ซอฟต์แวร์ด้านการคำนวณ ซอฟต์แวร์ด้านการจัดการข้อความ และซอฟต์แวร์ด้านการจัดการรูปภาพ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) คำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาสจากรหัสต้นฉบับภาษาจาวาของชุดโปรแกรมพัฒนา โดยที่ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสคำนวณจากการนำรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้มาจำลองการเปลี่ยนแปลงกับโปรแกรม

2) วัดค่าตัววัดต่างๆ จากแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์

3) สร้างโมเดลประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน โดยมีตัวแปรตามคือความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และตัวแปรอิสระคือตัววัดต่างๆ

งานวิจัยนี้สร้างโมเดลการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งไม่สามารถใช้กับชุดข้อมูลที่มีจำนวนน้อย และโมเดลสำหรับการประมาณค่าที่ได้ไม่มีการเรียนรู้ นั่นคือค่าของคำตอบที่เกิดขึ้นจริงของกรณีใหม่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประมาณค่ากรณีถัดไป วิทยานิพนธ์นี้นำวิธีการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสมาใช้

2.2.2 Providing Statistical Inference to Case-Based Software Effort Estimation โดย Jacky W. Keung [9]

งานวิจัยนี้นำการอนุมานทางสถิติเพื่อประมาณค่าความพยายามของซอฟต์แวร์ด้วยกรณี โดยนำเสนอวิธีการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมา มีชื่อว่า Analogy-X ที่รวมความคิดของความสัมพันธ์ของเมทริกซ์ระยะทาง และเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อจัดหาสถิติอนุมานเพื่อนำไปสนับสนุนระบบด้วยการอุปมา มีสมมติฐานคือ “โครงการที่มีกลุ่มลักษณะของโครงการคล้ายคลึงกันย่อมมีความพยายามคล้ายคลึงกันด้วย”

วิธี Analogy-X แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเลือกกลุ่มลักษณะ และการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมา ขั้นตอนแรกการเลือกกลุ่มลักษณะ ทำการเลือกด้วยวิธีการเลือกลักษณะทีละขั้น (Stepwise feature selection) ซึ่งพิจารณาความเหมาะสมของชุดข้อมูล และกลุ่มลักษณะด้วยความสัมพันธ์แมนเทล เลือกกลุ่มลักษณะจากลักษณะที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Numerical data) ก่อน จากนั้นพิจารณาลักษณะที่เป็นข้อมูลเชิงกลุ่ม (Categorical data) รวมทั้งตรวจจับกรณีที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์ความไว ขั้นตอนถัดมาการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมา สร้างโมเดลด้วยการอุปมาจากระยะห่างแบบยุคลิดโดยใช้กลุ่มลักษณะที่ได้รับการเลือก การทดลองทำการเปรียบเทียบ Analogy-X กับ ANGEL โดยใช้ข้อมูล Albrecht, Desharnais, Kemerer และ Telecom1 จากการประเมินผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทดสอบค่าที (T-test) ผลการทดลองพบว่า Analogy-X มีค่าความถูกต้องในการประมาณค่าใกล้เคียงกับ ANGEL วิธี Analogy-X มีความสามารถคือ กลไกการเลือกกลุ่มลักษณะของโครงการ สามารถระบุจุดที่ข้อมูลเป็นค่าผิดปกติในชุดข้อมูล และรองรับการวิเคราะห์ความไวซึ่งสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ผิดพลาดจากชุดข้อมูล แต่การเลือกกลุ่มลักษณะของงานวิจัยนี้อาจจะไม่ได้กลุ่มลักษณะที่ดีที่สุดในการประมาณค่า

งานวิจัยนี้ใช้การอนุมานทางสถิติในการประมาณค่าด้วยการอุปมา ซึ่งทำให้คำตอบที่ได้จากการประมาณค่ามีความน่าเชื่อถือ วิทยานิพนธ์นี้จึงนำวิธี Analogy-X มาประยุกต์ใช้กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

2.2.3 **Optimising Project Feature Weights for Analogy-Based Software Cost Estimation Using the Mantel Correlation โดย Jacky W. Keung และ Barbara Kitchenham [11]**

งานวิจัยนี้นำเสนอการประมาณค่าใช้จ่าย (Cost) โดยใช้การอุปมา และการถ่วงน้ำหนักลักษณะของโครงการ (Project) เพื่อประมาณค่าความพยายามในตอนต้นของโครงการโดยใช้ความสัมพันธ์แมนเทล

การประมาณค่าความพยายามจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Product) และโครงการที่ทราบค่าในตอนต้นของการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยการอุปมา มีสมมติฐานคือ “โครงการที่มีคุณสมบัติ (Factor) ของโครงการและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ขนาด (Size) และความซับซ้อน (Complexity) คล้ายคลึงกันย่อมมีความพยายามคล้ายคลึงกันด้วย” มีขั้นตอนดังนี้

1) ระบุลักษณะของโครงการที่มีนัยสำคัญจากความสัมพันธ์แมนเทล ซึ่งมีระดับความเชื่อมั่น 95% หรือค่าพี (p-value) < 0.05 โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลคำนวณจากเมทริกซ์ระยะทางของลักษณะ กับเมทริกซ์ระยะทางของความพยายาม และค่าพีหาได้จากการทดสอบสุ่ม

2) ใช้การวิเคราะห์ความไวบนลักษณะโครงการที่เลือก เพื่อกำหนดจุดที่ข้อมูลเป็นค่าผิดปกติ ซึ่งข้อมูลที่เป็นค่าผิดปกติจะถูกลบออกจากชุดข้อมูล

3) สร้างเมทริกซ์ระยะทางถ่วงน้ำหนักสำหรับชุดข้อมูลด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล

4) ใช้วิธีการตรวจสอบแจคไนฟเพื่อรองรับการวัดคุณภาพสำหรับการทำนาย

5) เปรียบเทียบผลลัพธ์กับกลุ่มควบคุม (วิธีการเดิม) ซึ่งไม่ได้ถ่วงน้ำหนักลักษณะที่เลือกในขั้นที่ 1 โดยใช้ตัววัด MMRE และ PRED(0.25) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการประมาณค่า

จากผลการทดลองพบว่ากรณีที่ทำการถ่วงน้ำหนักลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ถ่วงน้ำหนัก โดยที่ชุดข้อมูล กลุ่มที่ 1 มีค่า MMRE เท่าเดิม และค่า PRED(0.25) เพิ่มขึ้น 21.15% กลุ่มที่ 2 มีค่า MMRE เพิ่มขึ้น 15.12% และค่า PRED(0.25) เพิ่มขึ้น 50.00% และกลุ่มที่ 3 มีค่า MMRE และค่า PRED(0.25) เท่าเดิม

วิทยานิพนธ์นี้นำแนวคิดการถ่วงน้ำหนักลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมาใช้

2.2.4 Effort Estimation Using Analogy โดย Matin Shepperd, Chris Schofield และ Barbara Kitchenham [8]

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมาใช้กลุ่มลักษณะประมาณค่าความพยายาม แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเลือกลักษณะ และการประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมา การเลือกกลุ่มลักษณะใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ (Brute force algorithm) ทำการเลือกลักษณะจากทุกการจัดหมู่ลักษณะที่เป็นไปได้ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์มีค่าน้อยที่สุด หมายความว่ามีความถูกต้องในการประมาณค่าดีที่สุด การประมาณค่าความพยายามโดยใช้การอุปมาด้วยระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก จากนั้นสร้างเครื่องมือในการประมาณค่าตามวิธีการที่เสนอชื่อว่า ANGEL (ANaloGy softwarE tooL) การทดลองทำการเปรียบเทียบการอุปมา การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) และการถดถอยทีละขั้น (Stepwise regression) โดยการประเมินผลความถูกต้องใช้ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ ผลการทดลองพบว่าการอุปมาให้ความถูกต้องในการประมาณค่าสูงสุด รองลงมาคือการถดถอยเชิงเส้น และการถดถอยทีละขั้นซึ่งมีค่าความถูกต้องในการประมาณใกล้เคียงกัน การเลือกกลุ่มลักษณะของงานวิจัยนี้ต้องใช้ความพยายามอย่างมาก เพื่อที่จะคำนวณทุกการจัดหมู่ลักษณะทุกรูปแบบ

วิทยานิพนธ์นี้นำแนวคิดการจัดหมู่ลักษณะไปใช้ในการเลือกกลุ่มลักษณะ

2.2.5 Estimation Software Project Effort Using Analogies โดย Matin Shepperd และ Chris Schofield [13]

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการประมาณค่าความพยายามด้วยการอุปมา วิธีการประมาณค่าด้วยการอุปมาเหมือนกับงานวิจัย [8] และแตกต่างที่ทำการเปรียบเทียบการอุปมาและการถดถอยทีละขั้น และใช้ชุดข้อมูลทดลองเพิ่มขึ้น 3 ชุดคือ Real-time1, Telecom1 และ Telecom2 ผลการทดลองพบว่าการอุปมาให้ความถูกต้องในการประมาณค่ามากกว่าการถดถอยทีละขั้น แต่การเลือกกลุ่มลักษณะของงานวิจัยนี้ต้องใช้ความพยายามอย่างมาก เพื่อที่จะคำนวณจากการจัดหมู่ลักษณะทุกรูปแบบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

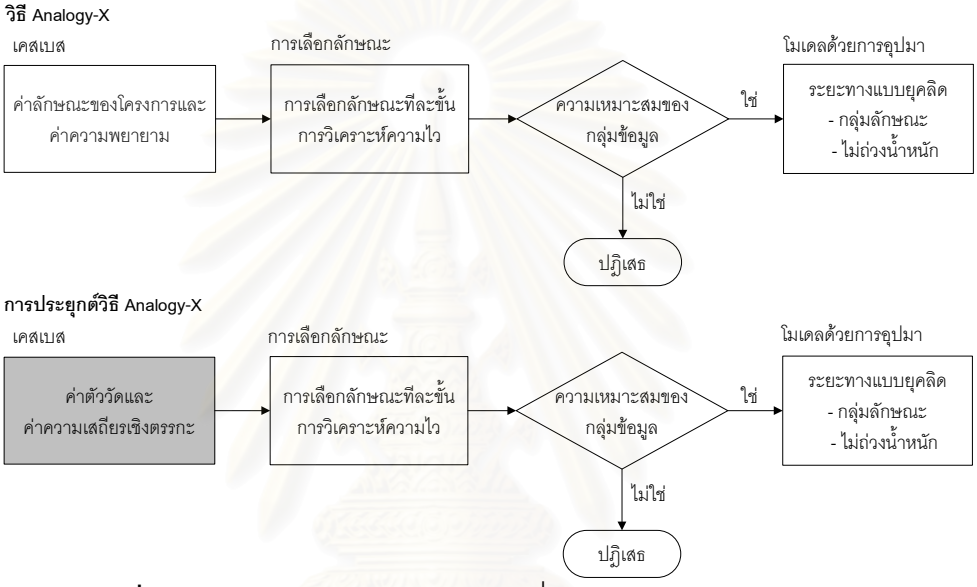
3.1 แนวคิดและวิธีการวิจัย

ความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสหมายถึง ค่าความต้านทานการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของคลาสใดๆ ในโปรแกรม ซึ่งค่าความเสถียรเชิงตรรกะของซอฟต์แวร์ และของแต่ละคลาสในซอฟต์แวร์ สามารถทราบค่าได้เมื่อซอฟต์แวร์พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วเท่านั้น และค่าความเสถียรเชิงตรรกะของซอฟต์แวร์เป็นค่าที่ช่วยให้ผู้ออกแบบซอฟต์แวร์ตัดสินใจได้ว่าซอฟต์แวร์นั้นควรมีการปรับปรุงโครงสร้างใหม่ของโมเดลการออกแบบหรือไม่ ดังนั้นถ้าสามารถทราบค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบซึ่งสามารถกระทำได้โดยใช้วิธีการประมาณค่า จะทำให้สามารถวางแผนรองรับและปรับเปลี่ยนให้ซอฟต์แวร์มีความเสถียรเชิงตรรกะมากที่สุด สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย และลดค่าใช้จ่ายเมื่อต้องทำการเปลี่ยนแปลง

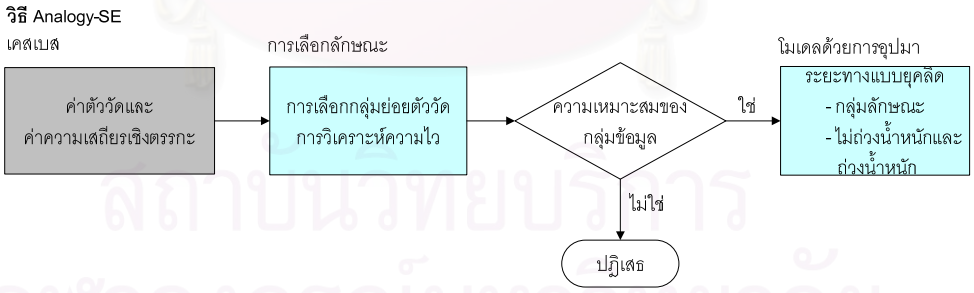
งานวิจัยนี้เสนอระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมามีชื่อว่าวิธี Analogy-SE (Analogy-based Stability Estimation) โดยมีสมมติฐานเบื้องต้นคือ “คลาสที่มีลักษณะของคลาสคล้ายคลึงกันย่อมมีความเสถียรเชิงตรรกะคล้ายคลึงกันด้วย” ซึ่งพิจารณาความคล้ายคลึงกันของคลาสจากลักษณะการออกแบบเชิงโครงสร้างจากแผนภาพคลาส และการออกแบบเชิงพฤติกรรมจากแผนภาพลำดับ โดยระเบียบวิธีที่นำเสนอมีข้อดีคือ สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของชุดข้อมูลว่าเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา สามารถเลือกกลุ่มลักษณะของคลาสที่มีความเหมาะสมในการประมาณค่า และสามารถตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติซึ่งทำให้ผลจากการประมาณคลาดเคลื่อน

วิธี Analogy-SE เป็นวิธีการที่ทำการดัดแปลงวิธี Analogy-X เสนอโดย Jacky Keung [9] เป็นวิธีการประมาณค่าความพยายามของโครงการมาใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสแสดงดังรูปที่ 3.1 วิธี Analogy-X เริ่มจากขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าลักษณะของโครงการและค่าความพยายาม จากนั้นเลือกกลุ่มลักษณะโดยใช้การเลือกลักษณะทีละขั้นที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าและตัดกรณีที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ความไว หลังจากนั้นทำการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดข้อมูล โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เมื่อได้กลุ่มลักษณะและชุดข้อมูลที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นสร้างโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิด งานวิจัยนี้ทำการประยุกต์วิธี Analogy-X โดยเปลี่ยนโดเมนของปัญหาจากการประมาณค่าความ

พยายามเปลี่ยนเป็นการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยใช้ข้อมูลค่าความเสถียรเชิงตรรกะและค่าตัววัดการออกแบบ และจากรูปที่ 3.2 งานวิจัยนี้เสนอวิธี Analogy-SE เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยมีความแตกต่างจากการประยุกต์วิธี Analogy-X ในขั้นตอนการเลือกลักษณะใช้วิธีการเลือกกลุ่มย่อยตัววัด ทำการพิจารณาทุกการจัดหมู่ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ และในขั้นตอนการสร้างโมเดลการประมาณค่าจะพิจารณากรณีที่ถ่วงน้ำหนักลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลด้วย



รูปที่ 3.1 การประยุกต์วิธี Analogy-X เพื่อทำนายความเสถียรเชิงตรรกะ



รูปที่ 3.2 วิธี Analogy-SE เพื่อทำนายความเสถียรเชิงตรรกะ

งานวิจัยนี้สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยด้วยแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ดังรูปที่ 3.3 โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากขั้นตอนที่ 3.2 นำเสนอระเบียบวิธีสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ 3.2.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE และ 3.2.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อยคือ 3.2.2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE 3.2.2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE และ 3.2.2.3 การสร้าง

โมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE จากนั้นเป็นขั้นตอนที่ 3.3 ทำการประยุกต์วิธี Analogy-X มาใช้กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ 3.3.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X และ 3.3.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อยคือ 3.3.2.1 การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X 3.3.2.2 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-X และ 3.3.2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X จากนั้นเป็นขั้นตอนที่ 3.4 การประเมินผลวิธี Analogy-SE 3.5 การเปรียบเทียบการประเมินผลระหว่างวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X และขั้นตอนที่ 3.6 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

3.2 ระเบียบวิธีสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา

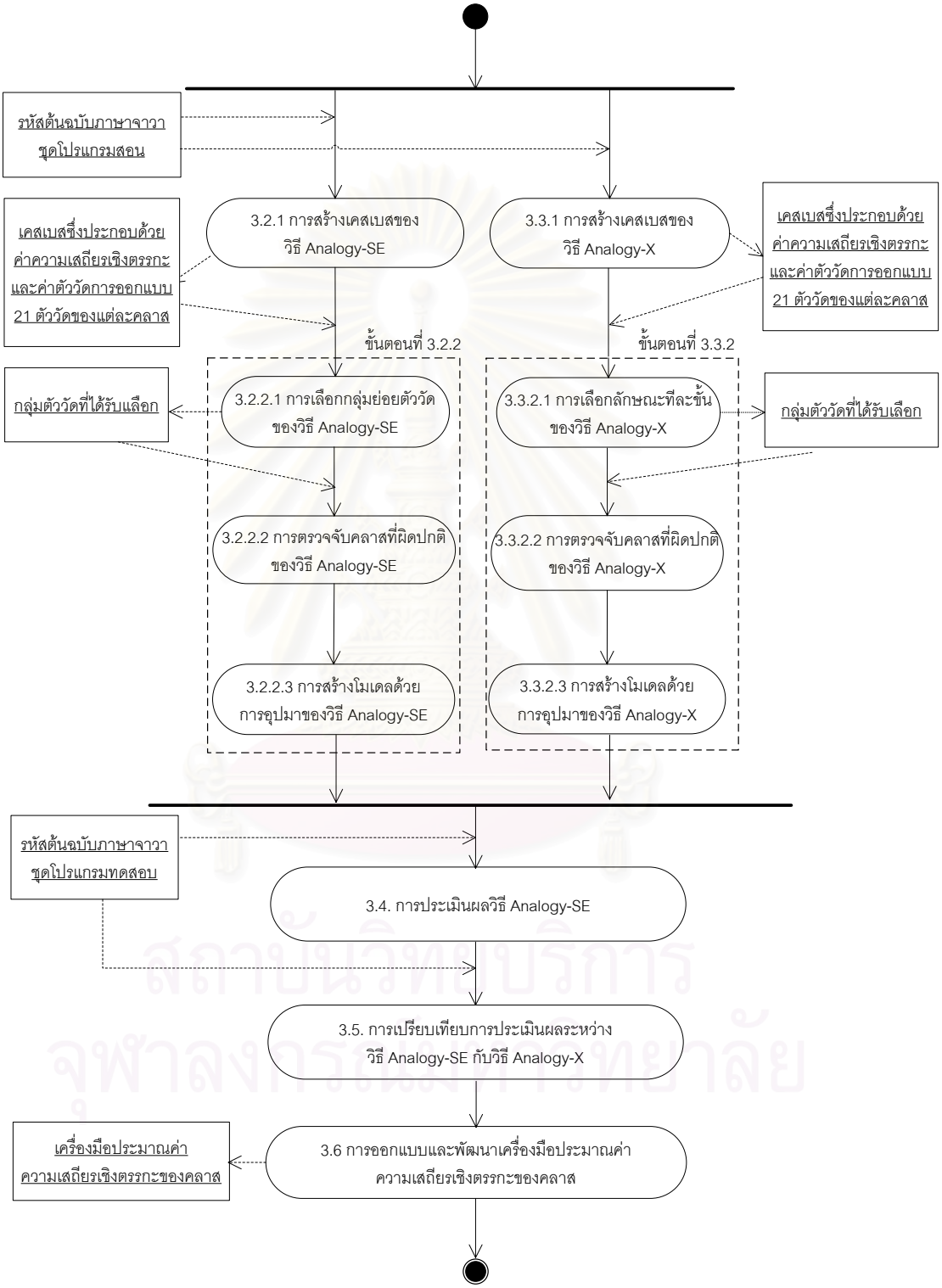
ในส่วนนี้ เป็นการนำเสนอระเบียบวิธีสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาซึ่งมีชื่อว่า Analogy-SE ข้อสมมุติพื้นฐานของวิธี Analogy-SE อยู่ภายใต้การอ้างเหตุผลด้วยกรณี สำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของซอฟต์แวร์คือ “คลาสที่มีตัววัดการออกแบบของคลาสคล้ายคลึงกันย่อมมีความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสคล้ายคลึงกันด้วย” ระเบียบวิธีนี้จะใช้ข้อมูลเชิงประวัติในเคสเบสคลาส เพื่อที่จะประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสใหม่แสดงได้ดังรูปที่ 3.4(A) ข้อมูลความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสคำนวณได้จากรหัสต้นฉบับภาษาจาวา และข้อมูลตัววัดการออกแบบคำนวณได้จากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับซึ่งได้เก็บรวบรวมและจัดเก็บในเคสเบส ค่าของความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสใหม่สามารถประมาณค่าได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบโดยวัดค่าตัววัดการออกแบบจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับแสดงได้ดังรูปที่ 3.4(B) และใช้ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสในเคสเบสที่มีลักษณะของคลาสคล้ายคลึงกันมากที่สุดต่อคลาสใหม่ เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสใหม่แสดงได้ดังรูปที่ 3.4(C)

วิธี Analogy-SE ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE และการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE อธิบายได้ดังนี้

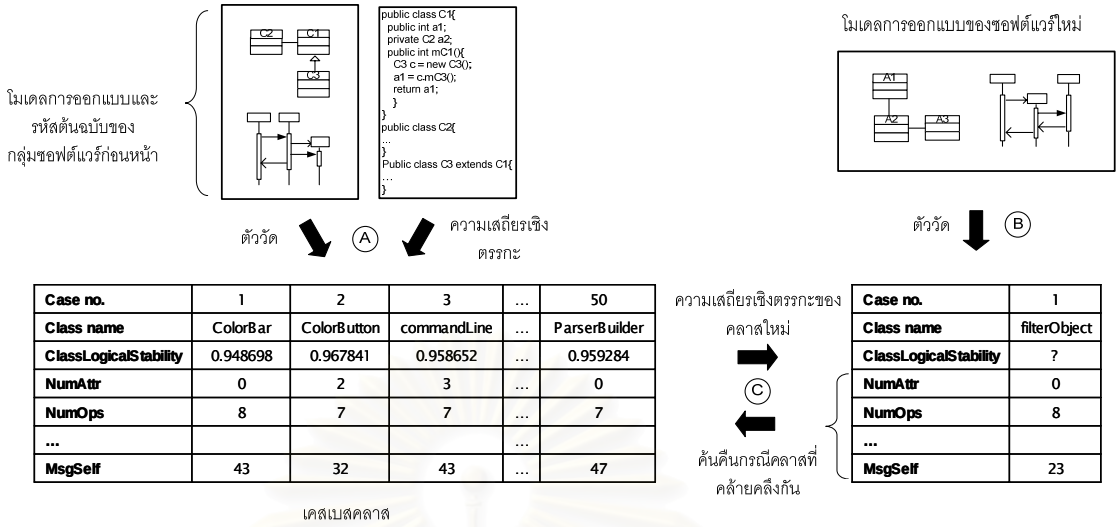
3.2.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE

การสร้างเคสเบสเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลความเสถียรเชิงตรรกะและข้อมูลตัววัด 21 ตัววัดและจัดเก็บลงในเคสเบส แต่ละกรณีในเคสเบสประกอบด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด ดังแสดงในรูปที่ 3.4(A) ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสคำนวณได้จากรหัสต้นฉบับ และค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัดที่วัดได้จากแผนภาพ

คลาสและแผนภาพลำดับของโปรแกรมประยุกต์ภาษาจาวาในโดเมนเดียวกัน การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.3 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.4 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาที่ขั้นตอนการออกแบบ

3.2.1.1 **การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของวิธี** Analogy-SE

การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส คำนวณโดยใช้เครื่องมือ ChangeImpact พัฒนาโดยศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์ [5] โดยมีข้อมูลเข้าคือ รหัสต้นฉบับภาษาจาวา ข้อมูลผลลัพธ์คือ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาส รายละเอียดของการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส แสดงในภาคผนวก ก

ขั้นตอนวิธีของการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส เริ่มด้วยการจำลองการเปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 2.1 ไปยังแต่ละคลาสในรหัสต้นฉบับภาษาจาวา เริ่มจากการเปลี่ยนแปลงในระดับของระบบก่อน จากนั้นจึงจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับของคลาสให้แก่ทุกเมท็อดและแอททริบิวต์ในคลาส และในการจำลองการเปลี่ยนแปลงแต่ละครั้งจะทำการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลดังนี้

1) เพิ่มค่าของจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดอีกหนึ่งเมื่อการเปลี่ยนแปลงที่กระทำต่อคลาสสามารถจำลองได้

2) ตรวจสอบคลาสที่อาจได้รับผลกระทบ และเพิ่มค่าจำนวนครั้งที่ได้รับผลกระทบของคลาสนั้นๆ โดยจะนับเพียงแค่ 1 ครั้งต่อ 1 การเปลี่ยนแปลง

เมื่อเสร็จสิ้นการจำลองการเปลี่ยนแปลง และเก็บข้อมูลทุกคลาสเสร็จสิ้น ทำการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสตามสมการ 2.1

ตัวอย่างการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 ประกอบด้วย 3 คลาสคือ A, B และ C และได้ทำการเปลี่ยนแปลงบางส่วนของรูปแบบการเปลี่ยนแปลง เพื่อต้องการแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสเท่านั้น

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 10 รูปแบบ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแต่ละรูปแบบที่มีต่อแต่ละคลาส จากนั้นคำนวณค่าผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละคลาสได้รับ แล้วคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาส ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงคลาส A, B และ C มีค่าความเสถียรเชิงตรรกะเป็น 0.6, 0.5 และ 0.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างรหัสต้นฉบับภาษาจาวา

```
public class A{
public int a1;
  public int mA1(){
          a1 = 4;
    return a1;  }
}
```

```
public class B{
  public int b1;
  public int mB1(){
    A b = new A();
    b1 = b.mA1();
    return b1;  }
}
```

```
public class C extends A{
  public int c1;
  private int c2;
  public int mC1(){
    c1 = mA1();
    c2 = 10-c1;
    return c2;  }
}
```

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

การเปลี่ยนแปลง	**คลาส A**	**คลาส B**	**คลาส C**
ลบคลาส A	×	×	×
ลบคลาส B		×	
ลบคลาส C			×
เพิ่มแอสโซซิเอชันของ A	×		×
ลบแอททริบิวต์ a1	×		×
เปลี่ยนขอบเขต a1 เป็น private			×
เปลี่ยนขอบเขต a1 เป็น protected			×
เปลี่ยนชื่อ method mA1()	×	×	×
เปลี่ยนขอบเขต mA1() เป็น private		×	×
เปลี่ยนขอบเขต mA1() เป็น prptected		×	×
รวม	4	5	9
ความเสถียรเชิงตรรกะ	1-(4/10)=0.6	1-(5/10)=0.5	1-(9/10)=0.1

3.2.1.2 **การวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของวิธี** Analogy-SE

การวัดตัววัดการออกแบบของคลาส แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพ เริ่มจากนำรหัสต้นฉบับภาษาจาวาของซอฟต์แวร์แปลงกลับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับโดยใช้โปรแกรม MagicDraw UML เวอร์ชัน 9.5 [23] จากนั้นบันทึกข้อมูลแผนภาพในรูปของไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล รายละเอียดของการแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ แสดงในภาคผนวก ข

2) การวัดค่าของตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด ได้จากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับโดยใช้โปรแกรม SDMetrics เวอร์ชัน 2.0 [24] เป็นโปรแกรมที่วัดค่าตัววัดการออกแบบจากไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอลซึ่งได้จากการแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพ จากนั้นจะได้ตัววัดการออกแบบทั้ง 21 ตัววัดของแต่ละคลาสของโปรแกรม บันทึกข้อมูลตัววัดการออกแบบของแต่ละโปรแกรมในรูปไฟล์ซีเอสวี รายละเอียดของตัววัดการออกแบบของคลาสที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังตารางที่ 3.3 และรายละเอียดของการวัดค่าของตัววัดการออกแบบ แสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 3.3 ตัววัดการออกแบบของคลาส

ตัววัด	คำอธิบาย
ตัววัดจำนวนแอททริบิวต์ (NumAttr)	จำนวนของแอททริบิวต์ของคลาส
ตัววัดจำนวนโอเปอร์เรเตอร์ (NumOps)	จำนวนโอเปอร์เรเตอร์หรือเมท็อด
ตัววัดจำนวนโอเปอร์เรเตอร์ที่มีขอบเขตการเข้าถึงเป็นแบบพับบลิค (NumPubOps)	จำนวนโอเปอร์เรเตอร์หรือเมท็อดของคลาสที่มีขอบเขตการเข้าถึงเป็นพับบลิค
ตัววัดระดับความลึกคลาสภายใน (Nastng)	ระดับความลึกที่คลาสอยู่ในคลาสอื่นๆ
ตัววัดจำนวนอินเตอร์เฟสที่ใช้สร้างคลาส (IFImpl)	จำนวนของอินเตอร์เฟสที่คลาสที่สนใจนำมาใช้ในการสร้างคลาส
ตัววัดจำนวนคลาสลูก (NOC)	จำนวนของคลาสลูกของคลาสที่สนใจ
ตัววัดจำนวนคลาสแม่ (NOP)	จำนวนคลาสแม่ของคลาสที่สนใจ
ตัววัดจำนวนคลาสที่สืบทอด (NumDesc)	จำนวนของคลาสลูกรวมไปถึงคลาสที่สืบทอดจากคลาสลูกและต่อไป
ตัววัดจำนวนคลาสบรรพบุรุษ (NumAnc)	จำนวนของคลาสแม่และคลาสต้นที่คลาสแม่สืบทอดมา

ตารางที่ 3.3 ตัววัดการออกแบบของคลาส (ต่อ)

ตัววัด	คำอธิบาย
ตัววัดระดับความลึกของการสืบทอด (DIT)	ระดับของความลึกของคลาสที่สนใจในแผนผังต้นไม้การสืบทอด
ตัววัดระดับความลึกจากคลาสสู่ปลายสุดของการสืบทอด (CLD)	ระดับของความลึกจากคลาสที่สนใจจนถึงระดับที่ลึกที่สุดในแผนผังต้นไม้การสืบทอด
ตัววัดจำนวนโอเปอร์เรเตอร์ที่รับสืบทอดมา (OpsInh)	จำนวนของโอเปอเรเตอร์หรือเมท็อดที่รับสืบทอดมาจากคลาสอื่น
ตัววัดจำนวนแอททริบิวต์ที่รับสืบทอดมา (AttrInh)	จำนวนของแอททริบิวต์ที่รับสืบทอดมาจากคลาสอื่น
จำนวนครั้งที่คลาสมีความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันในฐานะผู้เรียกใช้ (NumAss_User)	จำนวนความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันของคลาสที่สนใจในแผนภาพคลาส เมื่อคลาสที่สนใจเป็นผู้ใช้งานคลาสอื่น
จำนวนครั้งที่คลาสมีความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันในฐานะผู้ถูกเรียกใช้ (NumAss_Provider)	จำนวนความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันของคลาสที่สนใจในแผนภาพคลาส เมื่อคลาสที่สนใจเป็นผู้ถูกใช้งานจากคลาสอื่น
จำนวนครั้งที่คลาสถูกใช้เป็นพารามิเตอร์ (EC_Par)	จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจถูกนำไปใช้เป็นพารามิเตอร์ในคลาสอื่นและคลาสตัวเอง
จำนวนพารามิเตอร์ในคลาสที่มีชนิดเป็นคลาสอื่น (IC_Par)	จำนวนของพารามิเตอร์ในคลาสที่สนใจที่มีชนิดเป็นคลาสอื่นๆ
จำนวนคลาสสิฟายเออร์ที่มีคลาสนี้เป็นพื้นฐาน (ClassifInst)	จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจปรากฏในแผนภาพลำดับ หรือจำนวนอ็อบเจกต์บนแผนภาพลำดับของคลาสที่สนใจ
จำนวนครั้งการส่งเมสเสจไปยังคลาสอื่น (MsgSent)	จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจส่งแมสเสจไปยังคลาสอื่นๆ
จำนวนครั้งที่ได้รับแมสเสจจากคลาสอื่น (MegRecv)	จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจได้รับแมสเสจจากคลาสอื่นๆ
จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจส่งแมสเสจไปยังตนเอง (MsgSelf)	จำนวนครั้งที่คลาสที่สนใจส่งแมสเสจไปยังตนเอง

หลังจากจัดเก็บชุดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว แต่ละคอลัมภ์ในเคสเบสถูกออกแบบโดยแสดงแต่ละคลาสดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3.4 การแทนกรณี (Case representation) ประกอบด้วยการอธิบายปัญหา (Problem description) และคำตอบ (Solution) การอธิบายปัญหาเป็นการอธิบายลักษณะของคลาสหนึ่งคลาสประกอบด้วยค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด ซึ่งคือลักษณะของคลาส คำตอบเป็นค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสหนึ่งคลาสซึ่งคือ ค่าความต้านทานการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของคลาสใดๆ ในโปรแกรม

	Case no.	1	2	3	...	50
	Class name	ColorBar	ColorButton	commandLine	...	ParserBuilder
คำตอบ	ClassLogicalStability	0.948698	0.967841	0.958652	...	0.959284
การอธิบายปัญหา	NumAttr	0	2	3	...	0
	NumOps	8	7	7	...	7
	...				...	
	MsgSelf	43	32	43	...	47

รูปที่ 3.5 การแทนกรณีของคลาสหนึ่งคลาส

3.2.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE

ในวิธี Analogy-SE ค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัดนำมาใช้เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะดังแสดงในรูปที่ 3.4(B) ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะถูกประมาณโดยใช้การอุปมาจากข้อมูลเชิงประวัติในเคสเบสคลาสที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า โดยวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสใหม่ การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE มีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE

ในขั้นตอนนี้ หนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 จะถูกเลือกเพื่อใช้สำหรับประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โดยเริ่มจากทำการเลือกตัววัดการออกแบบที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจะทำการเลือกหนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญถูกพิจารณาเพื่อหาหนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทลและการทดสอบสุ่ม ซึ่งค้นหาอย่างละเอียดถี่ถ้วนสำหรับกลุ่มย่อยที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ

ดังนั้นจะได้หนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และสร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับแต่ละตัววัดการออกแบบ จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะ กับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดการออกแบบ และทำการทดสอบการสุ่ม

ขั้นที่ 2 เลือกตัววัดการออกแบบที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือค่าพีมีค่าน้อยกว่า 0.05 ตามการทดสอบสุ่ม

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญซึ่งมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเป็น คำตอบ

ขั้นที่ 4 สร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับ 2 ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญของการจัดหมู่ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ จากนั้นคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะ กับเมทริกซ์ระยะทางของ 2 ตัววัดการออกแบบ ถ้าตัววัดการออกแบบกลุ่มใดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลสูงที่สุด และสูงกว่าค่า R ของคำตอบก่อนหน้า ให้กลุ่มตัววัดการออกแบบนั้นเป็น คำตอบ

ขั้นที่ 5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 5 โดยจำนวนของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งครบทุกการจัดหมู่ตัววัดที่มีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญอยู่ระหว่าง 3 ตัววัด จนถึง n ตัววัด

3.2.2.2 **การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี** Analogy-SE

การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติ จะใช้กลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกในการพิจารณากรณีที่ผิดปกติโดยใช้การวิเคราะห์ความไวบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล จากกรณีทั้งหมดในเคสเบส ถ้าคลาสที่ผิดปกติถูกค้นพบจะถูกตัดออกจากชุดข้อมูล จากนั้นกลับไปทำงานที่ขั้นตอนการเลือกกลุ่มย่อยตัววัด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์แมนเทลทั้งหมด n ครั้ง (n กรณี) โดยตัดกรณีที่ i ออกจากเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะ และเมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.2.1

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าตัวประมาณแจคไนฟ

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าความแปรปรวน

ขั้นที่ 4 คำนวณค่าเมทริกซ์เรเวอเรจ

ขั้นที่ 5 คำนวณค่า $|z|$ ถ้ากรณีใดมีค่า $|z|$ น้อยกว่า 4 [9] แสดงว่ากรณีนั้นเป็นค่าผิดปกติ ทำการลบออกจากชุดข้อมูล จากนั้นกลับไปที่ขั้นตอนที่ 3.2.2.1 ทำการเลือกกลุ่มตัววัดใหม่ของชุดข้อมูลที่ตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติแล้ว

3.2.2.3 **การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี** Analogy-SE

หนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญและชุดข้อมูลที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าจะนำมาใช้ในโมเดลด้วยการอุปมา ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสใหม่จะประมาณค่าโดยใช้การอุปมา การประมาณค่าด้วยการอุปมาจะเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างคลาสใหม่กับคลาสเชิงประวัติทุกคลาสในเคสเบส เพื่อระบุคลาสที่มีลักษณะของคลาสคล้ายคลึงกันมากที่สุดต่อคลาสใหม่ ความคล้ายคลึงกันระหว่างคลาสวัดโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนักตาม n มิติ แต่ละมิติจะสัมพันธ์กับแต่ละตัววัดซึ่งแต่ละตัววัดจะทำการแปลงให้อยู่ในหน่วยเดียวกันมีค่าระหว่างค่า 0 ถึง 1 ระยะทางระหว่างคลาสสองคลาสตามตัววัดการออกแบบ นิยามได้ดังนี้

$$distance(C_i, C_j) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} w_i \times \delta(C_{ik}, C_{jk})}{\sum_{k=1}^{n} w_i}} \qquad (3.1)$$

โดย $distance(C_i, C_j)$ คือ ระยะทางระหว่างคลาส C_i กับคลาส C_j

C_i คือ คลาสที่กำลังประมาณค่า

C_j คือ หนึ่งในคลาสทั้งหมดในเคสเบส

w_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของตัววัดที่ i

และระยะทางของตัววัด k ระหว่าง 2 คลาส C_i กับคลาส C_j คือ

$$\delta(C_{ik}, C_{jk}) = \left(\frac{|C_{ik} - C_{jk}|}{\max_k - \min_k} \right)^2 \qquad (3.2)$$

โดย $\max_k$ คือ ค่ามากที่สุดของตัววัด k

$\min_k$ คือ ค่าน้อยที่สุดของตัววัด k

จากสูตรด้านบน ถ้าค่าระยะทางมีค่าน้อย หมายความว่าระดับของความคล้ายคลึงกันมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าระยะทางมีค่ามาก หมายความว่าระดับของความคล้ายคลึงกันน้อย ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจะใช้คลาสหนึ่ง

คลาสหรือกลุ่มของคลาสที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด ซึ่งจะถูกใช้เป็นการอุปมาต้นทางสำหรับคลาสใหม่ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ จากนั้นค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสหรือกลุ่มของคลาสที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดจะถูกนำกลับมาใช้ตอบค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสใหม่

3.3 การประยุกต์วิธี Analogy-X มาใช้กับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

การประยุกต์วิธี Analogy-X ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X และการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X อธิบายได้ดังนี้

3.3.1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X

การสร้างเคสเบสเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลความเสถียรเชิงตรรกะและข้อมูลตัววัด 21 ตัววัดและจัดเก็บลงในเคสเบส แต่ละกรณีในเคสเบสประกอบด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด โดยมีวิธีการเหมือนกับวิธี Analogy-SE ในขั้นตอนที่ 3.2.1

3.3.2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X

ในการประยุกต์วิธี Analogy-X ค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัดถูกใช้เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะถูกประมาณค่าโดยใช้การอุปมาจากกรณีคลาสเชิงประวัติในเคสเบสจากขั้นตอนก่อนหน้า โดยวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสใหม่ การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อยคือ การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X

การเลือกลักษณะทีละขั้นจะทำการเลือกกลุ่มลักษณะโดยเริ่มจากหนึ่งตัววัดการออกแบบ และการเพิ่มจำนวนตัววัดโดยพิจารณาค่า R ของกลุ่มตัววัดกลุ่มใหม่กับค่า UCL ของกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกก่อนหน้า เพื่อเลือกกลุ่มตัววัดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และสร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับแต่ละตัววัดการออกแบบ จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะ กับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดการออกแบบ และทำการทดสอบการสุ่ม

ขั้นที่ 2 เลือกตัววัดการออกแบบที่มีระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือค่าพีมีค่าน้อยกว่า 0.05 ตามการทดสอบสุ่ม

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดเป็น ตัวแปร X_1

ขั้นที่ 4 คำนวณค่า $\hat{R}$ สำหรับตัวแปร X_1 และค่า UCL

ขั้นที่ 5 สำหรับตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญที่เหลือ สร้างเมทริกซ์ระยะทางสำหรับแต่ละตัววัดที่มีนัยสำคัญรวมกับตัวแปร X_1 แล้วคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ถ้ากลุ่มตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า UCL จะหยุดการทำงาน จากนั้นให้ตัวแปร X_1 เท่านั้นเป็นตัวแปรสำหรับการประมาณด้วยการอุปมา

ขั้นที่ 6 ถ้ามีกลุ่มตัววัดที่มีนัยสำคัญที่รวมกับตัวแปร X_1 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุดมากกว่า UCL ให้เป็นตัวแปร X_1 และ X_2 พร้อมทั้งคำนวณค่า UCL ใหม่จากกลุ่มตัววัดดังกล่าว

ขั้นที่ 7 ทำซ้ำขั้นที่ 5 และ 6 โดยจำนวนของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญเพิ่มขึ้นหนึ่งตัววัดในแต่ละครั้งจนกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลไม่มากกว่าค่า UCL

3.3.2.2 **การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี** Analogy-X

คลาสที่ผิดปกติจะถูกตรวจจับโดยการวิเคราะห์ความไวบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล โดยมีวิธีการเหมือนกับวิธี Analogy-SE ขั้นตอนที่ 3.2.2.2

3.3.2.3 **การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี** Analogy-X

การประมาณค่าด้วยการอุปมาจะเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างคลาสใหม่กับคลาสเชิงประวัติทุกคลาสในเคสเบสโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธี Analogy-X ที่ใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อหาคลาสที่มีลักษณะของคลาสคล้ายคลึงกันกับคลาสใหม่มากที่สุด ความคล้ายคลึงกันวัดโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดตาม n มิติ แต่ละมิติจะสัมพันธ์กับแต่ละตัววัดซึ่งแต่ละตัววัดจะทำการแปลงให้อยู่ในหน่วยเดียวกันมีค่าระหว่างค่า 0 ถึง 1 ระยะทางระหว่างคลาสสองคลาสตามตัววัดการออกแบบ มีรายละเอียดของการคำนวณความคล้ายคลึงกันระหว่างคลาส นิยามได้ดังนี้

$$distance(C_i, C_j) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} \delta(C_{ik}, C_{jk})}{n}} \qquad (3.3)$$

โดย $distance(C_i, C_j)$ คือ ระยะทางระหว่างคลาส C_i กับคลาส C_j

C_i คือ คลาสที่กำลังประมาณค่า

C_j คือ หนึ่งในคลาสทั้งหมดในเคสเบส

n คือ จำนวนของตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกจากขั้นตอนก่อนหน้า

และระยะทางของตัววัด k ระหว่าง 2 คลาส C_i กับคลาส C_j คือ

$$\delta(C_{ik}, C_{jk}) = \left(\frac{\left| C_{ik} - C_{jk} \right|}{\max_k - \min_k} \right)^2 \qquad (3.4)$$

โดย $\max_k$ คือ ค่ามากที่สุดของตัววัด k

$\min_k$ คือ ค่าน้อยที่สุดของตัววัด k

จากสูตรด้านบน ถ้าค่าระยะทางมีค่าน้อย หมายความว่าระดับของความคล้ายคลึงกันมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าระยะทางมีค่ามาก หมายความว่าระดับของความคล้ายคลึงกันน้อย ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจะใช้คลาสหนึ่งคลาสหรือกลุ่มของคลาสที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด ซึ่งจะถูกใช้เป็นการอุปมาต้นทางสำหรับคลาสใหม่ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ จากนั้นค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสหรือกลุ่มของคลาสที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดจะถูกนำกลับมาใช้ตอบค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การประเมินผลวิธี Analogy-SE

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินผลวิธี Analogy-SE ทำการประเมินผลโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล เพื่อทดสอบความถูกต้องของการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา โดยการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

– การสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลโดยใช้วิธี Analogy-SE ทำการทดลองโดยการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE กับชุดข้อมูลสอน 2 ชุดข้อมูลคือ ชุดข้อมูลสอนของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ และชุดข้อมูลสอนของโปรแกรมด้านการคำนวณ และแต่ละโมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอนจะทดสอบโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบ 3 ชุดข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลคนละกลุ่มกับชุดข้อมูลสอน

– โมเดลด้วยการอุปมาเมื่อถ่วงน้ำหนักตัววัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักของวิธี Analogy-SE ในขั้นตอนนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบกรณีที่ถ่วงน้ำหนักลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE ซึ่งในขั้นตอนการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาใช้ระยะทางยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก สูตรที่ 3.1 และกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักใช้ระยะทางยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก สูตรที่ 3.3 เพื่อต้องการศึกษาผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าว่ากรณีที่ถ่วงน้ำหนักลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลและกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก กรณีใดให้ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาดน้อยกว่ากัน

– การเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE เพื่อศึกษาผลลัพธ์จากการประมาณค่าเมื่อมีจำนวนกรณีในฐานข้อมูลมากขึ้น

4.1 รหัสโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

รหัสโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยเป็นโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษาจาวา [25, 26, 27] ประกอบด้วยโปรแกรม 2 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

1. โปรแกรมด้านการจัดการภาพ เป็นโปรแกรมวาดและตกแต่งรูปภาพ
2. โปรแกรมด้านการคำนวณ เป็นโปรแกรมเครื่องคิดเลข และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

โปรแกรมด้านการจัดการภาพ มีรายชื่อโปรแกรม จำนวนคลาส และรายละเอียด แสดงในตารางที่ 4.1 โปรแกรมด้านการจัดการภาพแบ่งเป็นชุดข้อมูลสอน เป็นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้าง

โมเดลด้วยการอุปมา และชุดข้อมูลทดสอบเป็นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ประกอบด้วย 2 ชุดข้อมูล คือ

ชุดที่ 1 ประกอบด้วย 5 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 1 JImage Mosaic 52 คลาส โปรแกรมที่ 2 Imgen 10 คลาส และโปรแกรมที่ 3 Image Processing 7 คลาส โปรแกรมที่ 4 JPhotoTweek 5 คลาส และโปรแกรมที่ 5 Image edit 18 คลาส รวมทั้งหมด 92 คลาส

โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ประกอบ 2 ชุดข้อมูล คือ

ชุดที่ 1 ประกอบด้วย 1 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 1 RedImage 25 คลาส

ชุดที่ 2 ประกอบด้วย 1 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 2 Posteriser 24 คลาส

ชุดที่ 3 ประกอบด้วย 1 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 3 PhotoLith 33 คลาส

ตารางที่ 4.1 รายชื่อโปรแกรมด้านการจัดการภาพ

โปรแกรม	ชื่อโปรแกรม	จำนวนคลาส	รายละเอียด
ชุดโปรแกรมสอน			
1	JImage Mosaic	52	เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างภาพโมเสค
2	Imgen	10	เป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างรูปภาพผ่านทางคำสั่งของผู้ใช้
3	Image Processing	7	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพ
4	JPhotoTweek	5	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพอย่างง่าย สามารถทำการแก้ไขแสง สี และอื่นๆ ได้
5	Image edit	18	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพ
ชุดโปรแกรมทดสอบ			
1	RedImage	25	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพที่มีความสามารถในการแก้ไขรูปภาพทั่วไป และบันทึกรูปภาพด้วยเอกซ์เอ็มแอล
2	Posteriser	24	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพมีความสามารถในการปรับแสง และเปลี่ยนสี
3	PhotoLith	33	เป็นโปรแกรมตกแต่งรูปภาพมีความสามารถในการปรับสีเป็นภาพขาวดำ และโทนสีต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมด้านการคำนวณ มีรายชื่อโปรแกรม จำนวนคลาส และรายละเอียด แสดงในตารางที่ 4.2 โปรแกรมด้านการคำนวณแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลสอน และชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 รายชื่อโปรแกรมด้านการคำนวณ

โปรแกรม	ชื่อโปรแกรม	จำนวนคลาส	รายละเอียด
ชุดโปรแกรมสอน			
1	MTAC	72	เป็นโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันต่างๆ
2	DCSoft Sci	12	เป็นเครื่องคิดเลขที่สามารถคำนวณฟังก์ชันต่างๆ ได้
3	Calculator Expression	9	เป็นโปรแกรมคำนวณในรูปแบบ Infix notation, Postfix notation และ Prefix notation
4	Expression	6	เป็นเครื่องคิดเลขทางวิทยาศาสตร์สำหรับ Java phone โดยใช้การคำนวณแบบ Infix notation
5	InfixCalCulator	4	เป็นเครื่องคิดเลข โดยคำนวณแบบ Infix notation
6	CIAC Calculator	47	เป็นโปรแกรมคำนวณที่สร้างขึ้นให้คล้าย Mathlab สามารถคำนวณเมทริกซ์ เวคเตอร์ และการคำนวณทั่วไป
ชุดโปรแกรมทดสอบ			
1	Java Calculator	19	เป็นโปรแกรมคำนวณแบบต่างๆ
2	String Calculator	9	เป็นเครื่องคิดเลขที่คำนวณแบบ Infix notation แล้วแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบ Postfix notation และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ
3	SACIC	20	เป็นโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยพิมพ์สมการลงใน Command prompt เช่น Sin, Cos, Tan

ตารางที่ 4.2 รายชื่อโปรแกรมด้านการคำนวณ (ต่อ)

โปรแกรม	ชื่อโปรแกรม	จำนวนคลาส	รายละเอียด
ชุดโปรแกรมทดสอบ			
4	CIAC Calculator	47	เป็นโปรแกรมคำนวณที่สร้างขึ้นให้คล้าย Mathlab สามารถคำนวณเมทริกซ์ เวคเตอร์ และการคำนวณทั่วไป

โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ประกอบด้วย 1 ชุดข้อมูล คือ

ชุดที่ 1 ประกอบด้วย 5 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 1 MTAC 72 คลาส โปรแกรมที่ 2 DCSoft Sci 12 คลาส โปรแกรมที่ 3 Calculator Expression 9 คลาส โปรแกรมที่ 4 Expression 6 คลาส และโปรแกรมที่ 5 InfixCalCulator 6 คลาส รวมทั้งหมด 103 คลาส

ชุดที่ 2 ประกอบด้วย 6 โปรแกรมคือ โปรแกรมชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 รวมกับโปรแกรมที่ 6 CIAC Calculator 47 คลาส รวมทั้งหมด 150 คลาส

โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ประกอบด้วย 2 ชุดข้อมูล คือ

ชุดที่ 1 ประกอบด้วย 2 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 1 Java Calculator 19 คลาส และโปรแกรมที่ 2 String Calculator 9 คลาส รวมทั้งหมด 28 คลาส

ชุดที่ 2 ประกอบด้วย 1 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 3 SACIC 20 คลาส

ชุดที่ 3 ประกอบด้วย 1 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ 4 CIAC Calculator 47 คลาส

4.2 การสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลโดยใช้วิธี Analogy-SE

การสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลโดยใช้วิธี Analogy-SE เริ่มต้นจากการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพโดยใช้วิธี Analogy-SE ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพโดยใช้วิธี Analogy-SE ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพโดยใช้วิธี Analogy-SE

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพโดยใช้วิธี Analogy-SE จะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนตามระเบียบวิธีที่นำเสนอในบทที่ 3 ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดการออกแบบบนพื้นฐานของ

ความสัมพันธ์แมนเทล แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE

การสร้างเคสเบสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีจำนวนคลาสทั้งหมด 92 คลาส ประกอบด้วย 52 คลาสของโปรแกรม JImage Mosaic 10 คลาสของโปรแกรม Imgen 7 คลาสของโปรแกรม Image Processing 5 คลาสของโปรแกรม JPhotoTweek และ18 คลาสของโปรแกรม Image edit โดยนำโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างเคสเบสโดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1.1 การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของวิธี Analogy-SE

การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสนั้น ทำโดยใช้โปรแกรม ChangeImpact ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการคำนวณในส่วนที่ 3.2.2.1 โดยมีข้อมูลนำเข้าคือ รหัสต้นฉบับภาษาจาวา ในการคำนวณหาค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะกระทำทีละโปรแกรม เริ่มจากโปรแกรม JImageosaic โปรแกรม Imgen โปรแกรม Image Processing โปรแกรม JPhotoTweek และโปรแกรม Image edit จากนั้นจะได้ผลลัพธ์คือค่าของความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาส

ขั้นตอนที่ 1.2 การวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของวิธี Analogy-SE

การวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสจะทำการวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสทีละโปรแกรม เริ่มจากโปรแกรม JImageosaic โปรแกรม Imgen โปรแกรม Image Processing โปรแกรม JPhotoTweek และโปรแกรม Image edit แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเริ่มจากนำรหัสต้นฉบับภาษาจาวา มาแปลงกลับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับโดยใช้โปรแกรม MagicDraw UML จากนั้นบันทึกข้อมูลแผนภาพในรูปของไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล ขั้นที่สอง เป็นการวัดค่าตัววัดจากข้อมูลแผนภาพ โดยใช้โปรแกรม SDMetrics เป็นโปรแกรมที่วัดค่าตัววัดจากไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล จากนั้นจะได้ค่าตัววัดการออกแบบของคลาส ซึ่งแต่ละคลาสมี 21 ตัววัด และบันทึกข้อมูลตัววัดแผนภาพการออกแบบของแต่ละโปรแกรมในรูปของไฟล์ซีเอสวี

เมื่อทำการเก็บข้อมูลค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัดการออกแบบของแต่ละคลาสเรียบร้อยแล้ว เคสเบสคลาสสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

Case no.	1	2	3	…	92
Class name	Timer	TimerThread	TimerBeanInfo	…	TextElement
ClassLogicalStability	0.960104	1	0.981730	…	0.907351
NumAttr	5	0	0	…	1
NumOps	12	1	5	…	10
…	…	…	…	…	…
MsgSelf	40	9	2	…	36

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมานั้น จะใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อค้นหากรณีคลาสที่คล้ายคลึงกันกับกรณีที่ต้องการประมาณค่ามากที่สุด จากนั้นจะใช้คำตอบของกรณีนั้นในการประมาณค่า สิ่งที่ต้องพิจารณาคือตัววัดการออกแบบใดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า และเคสเบสคลาสที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า โดยมีขั้นตอนการพิจารณา ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE และขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE ทำให้ทราบกลุ่มย่อยตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับความเสถียรเชิงตรรกะ และทำให้ได้เคสเบสคลาสที่มีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE

ในขั้นตอนนี้ ตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัดถูกศึกษาว่าตัววัดการออกแบบใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส จากนั้นหนึ่งกลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญจะถูกเลือกเพื่อที่จะใช้กลุ่มตัววัดการออกแบบนั้นสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา ในรอบสุดท้ายของการทำงานมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการหาความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะกับแต่ละตัววัดการออกแบบที่มีต่อชุดข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลที่ได้จากการคำนวณ แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ขั้นที่ 2 การเลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ เมทริกซ์ระยะทางของตัววัด NumOps, NumPubOps, IFImpl, NOC, CLD, OpsInh, ClassifInst และ MsgSelf มีความสัมพันธ์กับเมทริกซ์ระยะทางของ Class Logical Stability แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	NumAttr	0.102825	0.136
2	**NumOps**	**0.381273**	**0.000**
3	**NumPubOps**	**0.205646**	**0.012**
4	Nesting	-0.044734	0.563
5	**IFImpl**	**0.248717**	**0.019**
6	**NOC**	**0.192247**	**0.030**
7	NOP	-0.012664	0.891
8	NumDesc	0.131266	0.099
9	NumAnc	0.051718	0.473
10	DIT	0.051718	0.475
11	**CLD**	**0.241851**	**0.010**
12	**OpsInh**	**0.181700**	**0.012**
13	AttrInh	-0.053638	0.588
14	NumAss_User	0.120959	0.100
15	NumAss_Provider	-0.082720	0.213
16	EC_Par	0.071055	0.369
17	IC_Par	0.034093	0.725
18	**ClassifInst**	**0.289492**	**0.001**
19	MsgSent	0.059750	0.353
20	MsgRecv	0.023217	0.814
21	MsgSelf	0.208371	0.041

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ NumOps เท่ากับ 0.381273 แสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 เลือกตัววัดการออกแบบหนึ่งกลุ่มที่มีความเหมาะสมจากตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ ซึ่งพิจารณาทุกการจัด

หมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ การจัดหมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ 2, 3, 4, ..., n ตัววัดถูกคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล แต่ละระดับของการจัดหมู่ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด แสดงได้ดังตารางที่ 4.5 กลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญจำนวน 5 ตัววัดซึ่งประกอบด้วย NumOps, IFImpl, NOC, CLD และ OpsInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด เท่ากับ 0.475641 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัววัดการออกแบบกลุ่มอื่นๆ ดังนั้นตัววัดการออกแบบกลุ่มนี้เป็นกลุ่มตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

Metrics no.	Mantel-R
R(2)	0.381273
R(2+12)	0.468035
R(2+6+12)	0.473139
R(2+5+6+12)	0.474457
R(2+5+6+11+12)	**0.475641**
R(2+3+5+6+11+12)	0.468380
R(2+3+5+6+11+12+18)	0.426778
R(2+3+5+6+11+12+18+21)	0.219828

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE

การวิเคราะห์ความไวใช้เพื่อระบุคลาสที่ผิดปกติบนพื้นฐานของ 92 คลาส และตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกในแต่ละรอบ เพื่อแน่ใจได้ว่าตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากคลาสที่ผิดปกติ ในแต่ละรอบนั้นจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน คือ 1) การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE 2) การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE ตารางที่ 4.6 แสดงคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลในแต่ละรอบโดยใช้การวิเคราะห์ความไว รอบที่ 1 กรณีที่ 66 และ 72 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.634819 และค่า S เท่ากับ 0.024823 รอบที่ 2 กรณีที่ 78 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.527026 และค่า S เท่ากับ 0.018728 รอบที่ 3 กรณีที่ 62 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ

0.443850 และค่า *S* เท่ากับ 0.007900 ในขั้นตอนนี้ คลาสที่ผิดปกติคือ กรณีที่ 66, 72, 78 และ 62 ซึ่งจะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อทำให้ชุดข้อมูลมีความเหมาะสมในการประมาณค่าด้วยการอุปมา ดังนั้นเคสเบสสำหรับการประมาณค่าหลังจากตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติมีจำนวน 88 คลาส

ตารางที่ 4.6 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

Round No.	Case No.	Ri	p-value	LM	|z|
1	66	0.424613	0.002	-0.210206	8.468
1	72	0.738338	0.000	0.103519	4.170
2	78	0.367593	0.000	-0.159433	8.513
3	62	0.475641	0.000	0.031791	4.024

ขั้นตอนที่ 2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE

จากขั้นตอนก่อนหน้า ตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกคือ

1. NumOps มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.381273
2. IFImpl มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.248717
3. NOC มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.192247
4. CLD มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.241851
5. OpsInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.181700

และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าประกอบด้วย 88 คลาส โมเดลการประมาณด้วยการอุปมาสร้างได้จากสูตร (3.1) เป็นโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสำหรับโปรแกรมการจัดการภาพ

4.2.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพจะทำการประเมินโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล และข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลโมเดลคือ โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ทำการประมาณค่าโดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพที่จากขั้นตอนที่ 4.2.1 โดยใช้ตัววัดการออกแบบ 5 ตัววัดคือ ตัววัด NumOps,

IFImpl, NOC, CLD และ OpsInh ของแต่ละคลาสที่วัดจากแผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.050668 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 5.07% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.68 หมายความว่า 68% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.017235 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 1.72% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.916667 หมายความว่า 91.67% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.007496 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 0.75% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.969697 หมายความว่า 97% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
MMRE	0.050668	0.017235	0.007496
PRED(0.05)	0.68	0.916667	0.969697

4.2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณโดยใช้วิธี Analogy-SE

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณของวิธี Analogy-SE มีวิธีการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาในทำนองเดียวกับการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของชุดข้อมูลการจัดการภาพวิธี Analogy-SE จะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนตามระเบียบวิธีที่นำเสนอ ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดการออกแบบบน

พื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE

การสร้างเคสเบสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีจำนวนคลาสทั้งหมด 103 คลาส ประกอบด้วย 72 คลาสของโปรแกรม MTAC 12 คลาสของโปรแกรม DCSoft Sci 9 คลาสของโปรแกรม Calculator Expression 6 คลาสของโปรแกรม InfixCalCulator และ 4 คลาสของโปรแกรม Expression โดยนำโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างเคสเบส แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1.1 การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของวิธี Analogy-SE

การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสนั้น ทำได้โดยใช้โปรแกรม ChangeImpact ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการคำนวณในส่วนที่ 3.2.2.1 โดยมีข้อมูลนำเข้าคือ รหัสต้นฉบับภาษาจาวา ในการคำนวณหาค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสจะกระทำทีละโปรแกรม เริ่มจากโปรแกรม MTAC โปรแกรม DCSoft Sci โปรแกรม Calculator Expression โปรแกรม InfixCalCulator และโปรแกรม Expression จากนั้นจะได้ผลลัพธ์คือ ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของแต่ละคลาส

ขั้นตอนที่ 1.2 การวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของวิธี Analogy-SE

การวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสจะทำการวัดค่าตัววัดการออกแบบของคลาสทีละโปรแกรม เริ่มจากโปรแกรม MTAC โปรแกรม DCSoft Sci โปรแกรม Calculator Expression โปรแกรม InfixCalCulator และโปรแกรม Expression แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเริ่มจากนำรหัสต้นฉบับภาษาจาวา มาแปลงกลับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ โดยใช้โปรแกรม MagicDraw UML จากนั้นบันทึกข้อมูลแผนภาพในรูปของไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล ขั้นที่สองเป็นการวัดค่าตัววัดจากข้อมูลแผนภาพ โดยใช้โปรแกรม SDMetrics เป็นโปรแกรมที่วัดค่าตัววัดจากไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล จากนั้นจะได้ค่าตัววัดการออกแบบของคลาส ซึ่งแต่ละคลาสมี 21 ตัววัด และบันทึกข้อมูลตัววัดแผนภาพการออกแบบของแต่ละโปรแกรมในรูปของไฟล์ซีเอสวี

เมื่อทำการเก็บข้อมูลค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัดการออกแบบของแต่ละคลาสเรียบร้อยแล้ว เคสเบสสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

Case no.	1	2	3	…	103
Class name	AbsoluteValueBox	BracketBox	HorizontalBox	…	input
ClassLogicalStability	0.978571	0.978571	0.977019	…	0.885863
NumAttr	0	0	0	…	3
NumOps	3	3	5	…	11
…	…	…	…	…	…
MsgSelf	2	7	26	…	22

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมานั้น จะใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อค้นหากรณีคลาสที่คล้ายกับกรณีที่ต้องการประมาณค่ามากที่สุด จากนั้นจะใช้คำตอบของกรณีนั้นในการประมาณค่า สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ ตัววัดการออกแบบใดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า และเคสเบสคลาสที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า โดยมีขั้นตอนการพิจารณา ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE และขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE ทำให้ทราบกลุ่มย่อยตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับความเสถียรเชิงตรรกะ และทำให้ได้เคสเบสคลาสที่มีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE

ในรอบสุดท้ายของการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการหาความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะกับแต่ละตัววัดการออกแบบที่มีต่อชุดข้อมูล สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลที่ได้จากการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 2 การเลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ เมทริกซ์ระยะทางของตัววัด NumAttr, NumOps, NumPubOps, NOP, OpsInh, AttrInh, IC_Par, MsgSent MsgRecv และ MsgSelf มีความสัมพันธ์กับเมทริกซ์ระยะทางของ Class Logical Stability แสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ MsgSelf เท่ากับ 0.433917 แสดงได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	**NumAttr**	**0.199274**	**0.019**
2	**NumOps**	**0.406300**	**0.000**
3	**NumPubOps**	**0.371884**	**0.001**
4	Nesting	0.054419	0.355
5	IFImpl	0.094754	0.100
6	NOC	-0.036783	0.532
7	**NOP**	**0.059389**	**0.003**
8	NumDesc	-0.034786	0.606
9	NumAnc	0.037185	0.241
10	DIT	0.037185	0.189
11	CLD	-0.025343	0.719
12	**OpsInh**	**0.145084**	**0.000**
13	**AttrInh**	**0.111777**	**0.015**
14	NumAss_User	-0.028070	0.613
15	NumAss_Provider	0.006466	0.939
16	EC_Par	-0.045336	0.467
17	**IC_Par**	**0.238869**	**0.015**
18	ClassifInst	0.146602	0.051
19	**MsgSent**	**0.159121**	**0.042**
20	**MsgRecv**	**0.190788**	**0.024**
21	**MsgSelf**	**0.433917**	**0.000**

ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 เลือกตัววัดการออกแบบหนึ่งกลุ่มที่มีความเหมาะสมจากตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ ซึ่งพิจารณาทุกการจัดหมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ การจัดหมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ 2, 3, 4, ..., n ตัววัดถูกคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล แต่ละระดับของการจัดหมู่ตัววัดการ

ออกแบบที่มีนัยสำคัญที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด แสดงได้ดังตารางที่ 4.10 กลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญจำนวน 7 ตัววัดซึ่งประกอบด้วย NumAttr, NumOps, NumPubOps, OpsInh, AttrInh IC_Par และ MsgSelf มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุดเท่ากับ 0.460740 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัววัดการออกแบบกลุ่มอื่นๆ ดังนั้นตัววัดการออกแบบกลุ่มนี้เป็นกลุ่มตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัววัดโดยขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอนชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

Metrics no.	Mantel-R
R(21)	0.433917
R(12+21)	0.447044
R(3+12+21)	0.451754
R(3+12+13+21)	0.455876
R(2+3+12+13+21)	0.459559
R(2+3+12+13+17+21)	0.460463
R(1+2+3+12+13+17+21)	**0.460740**
R(1+2+3+7+12+13+17+21)	0.460672
R(1+2+3+7+12+13+17+20+21)	0.427652
R(1+2+3+7+12+13+17+19+20+21)	0.389337

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE

การวิเคราะห์ความไวใช้เพื่อระบุคลาสที่ผิดปกติบนพื้นฐานของ 103 คลาส และตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกในแต่ละรอบ เพื่อแน่ใจได้ว่าตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากคลาสที่ผิดปกติ ในแต่ละรอบนั้นจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analog-SE 2) การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE ในตารางที่ 4.11 แสดงคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลในแต่ละรอบโดยใช้การวิเคราะห์ความไว รอบที่ 1 กรณีที่ 76 และ 101 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.580640 และค่า S เท่ากับ 0.041068 รอบที่ 2 กรณีที่ 61 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.339623 และค่า S เท่ากับ 0.017565 รอบที่ 3 กรณีที่ 80 และ 99 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุด

ข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.506729 และค่า S เท่ากับ 0.017416 รอบที่ 4 กรณีที่ 65 และ 94 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.443396 และค่า S เท่ากับ 0.014845 รอบที่ 5 กรณีที่ 15 และ 30 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.409570 และค่า S เท่ากับ 0.011964 รอบที่ 6 กรณีที่ 92 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.531172 และค่า S เท่ากับ 0.010334 ในขั้นตอนนี้ คลาสที่ผิดปกติคือ กรณีที่ 76, 101, 61, 80, 99, 65, 94, 15, 30 แล 92 ซึ่งจะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อทำให้ชุดข้อมูลมีความเหมาะสมในการประมาณค่าด้วยการอุปมา ดังนั้นเคสเบสสำหรับการประมาณค่าหลังจากตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติมีจำนวน 93 คลาส

ตารางที่ 4.11 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE

Round No.	Case No.	Ri	p-value	LM	|z|
1	76	0.754202	0.000	0.173562	4.226
1	101	0.219130	0.013	-0.361510	8.803
2	61	0.504241	0.000	0.164618	9.372
3	80	0.372912	0.000	-0.133817	7.683
3	99	0.583894	0.000	0.077165	4.431
4	65	0.513215	0.000	0.069819	4.703
4	94	0.341745	0.001	-0.101651	6.848
5	15	0.461223	0.000	0.051653	4.317
5	30	0.464670	0.000	0.055100	4.605
6	92	0.455665	0.000	-0.075507	7.307

ขั้นตอนที่ 2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE

จากขั้นตอนก่อนหน้า ตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกคือ

1. NumAttr มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.199274
2. NumOps มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.406300
3. NumPubOps มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.371884
4. OpsInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.145084
5. AttrInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.111777

6. IC_Par มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.238869

7. MsgSelf มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.433917

และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าประกอบด้วย 93 คลาส โมเดลการประมาณด้วยการอุปมาสร้างได้จากสูตร (3.1) เป็นโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสำหรับโปรแกรมด้านการคำนวณ

4.2.4 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณจะทำการประเมินโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล ชุดข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลโมเดลคือ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ทำการประมาณค่าโดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณที่จากขั้นตอนที่ 4.2.3 โดยใช้ค่าตัววัดการออกแบบ 7 ตัววัดคือตัววัด NumAttr, NumOps, NumPubOps, OpsInh, AttrInh, IC_Par และ MsgSelf ของแต่ละคลาสที่วัดจากแผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.027790 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 2.78% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.821429 หมายความว่า 82.14% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
MMRE	0.027790	0.039099	0.023096
PRED(0.05)	0.821429	0.7	0.957447

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ

0.039099 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 3.91% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.7 หมายความว่า 70% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.023096 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 2.31% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.957447 หมายความว่า 95.74% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

4.3 โมเดลด้วยการอุปมาเมื่อถ่วงน้ำหนักตัววัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักของวิธี Analogy-SE

ในส่วนนี้ทำการศึกษาโมเดลด้วยการอุปมา เพื่อต้องการทราบว่ากรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักกรณีใดให้ผลลัพธ์มีขนาดความผิดพลาดจากการประมาณค่าน้อยกว่า

โมเดลด้วยการอุปมา กรณีที่ถ่วงน้ำหนักตัววัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล สูตรที่ (3.1) ซึ่งกำหนดให้แต่ละตัววัดการออกแบบมีค่าน้ำหนักเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสกับค่าตัววัดการออกแบบ และโมเดลด้วยการอุปมา กรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก สูตรที่ (3.3) ซึ่งกำหนดให้ทุกตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกมีความสำคัญเท่ากันหมายถึงให้น้ำหนักของแต่ละตัววัดการออกแบบมีน้ำหนักเท่ากับ 1 เท่ากัน (w_i)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง คือ

- โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3
- โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์จากการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.050668 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.054254 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.017235 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.017651 และ

โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.007496 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.009460

ตารางที่ 4.13 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE กรณีที่ถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1		โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2	
	w_i = Mantel-R	w_i = 1	w_i = Mantel-R	w_i = 1
MMRE	0.050668	0.054254	0.017235	0.017651
PRED(0.05)	0.68	0.68	0.916667	0.916667

ตารางที่ 4.13 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE กรณีที่ถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก (ต่อ)

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3	
	w_i = Mantel-R	w_i = 1
MMRE	0.007496	0.009460
PRED(0.05)	0.969697	0.969697

ตารางที่ 4.14 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE กรณีที่ถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1		โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2	
	w_i = Mantel-R	w_i = 1	w_i = Mantel-R	w_i = 1
MMRE	0.027790	0.028595	0.039099	0.043343
PRED(0.05)	0.821	0.821	0.700	0.650

ตารางที่ 4.14 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE กรณีที่ถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก (ต่อ)

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3	
	w_i = Mantel-R	w_i = 1
MMRE	0.023096	0.023538
PRED(0.05)	0.957447	0.957447

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์จากการทดลองการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.027790 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.028595 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.039099 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.043343 และโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.023096 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.023538 จากการทดลองผลลัพธ์จากการประมาณค่ากรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยกว่ากรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์จากการทดลองการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.68 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.68 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.916667 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.916667 และโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.969697 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.969697

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์จากการทดลองการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.821 และกรณีไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.821 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.700 และกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.650 และโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.957447 และกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.957447 จากการทดลองผลลัพธ์จากการประมาณค่าของกรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากัน 4 กรณีและมากกว่า 1 กรณีเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก

สรุปได้ว่าการประมาณค่ากรณีถ่วงน้ำหนักมีขนาดความผิดพลาดในการประมาณค่าน้อยกว่ากรณีไม่ถ่วงน้ำหนัก ดังแสดงได้จากค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ซึ่งมีค่าน้อยลงในกรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล อีกทั้งการทำนายที่ระดับ 0.05 มีค่ามากขึ้น 1 กรณี ดังนั้นระเบียบวิธี Analogy-SE จึงเลือกใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ในการค้นหากรณีที่ใกล้เคียงกับกรณีที่ต้องการประมาณค่าในเคสเบส

4.4 การเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE

ในส่วนย่อยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสเพื่อต้องการทราบว่าเมื่อเคสเบสมีจำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้นแล้วจะส่งผลต่อความถูกต้องในการประมาณค่าโดยใช้การอุปมาอย่างไร การศึกษานั้นใช้โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีจำนวนคลาส 103 คลาส และชุดที่ 2 มีจำนวนคลาส 150 คลาส ซึ่งประกอบด้วยกรณีของชุดข้อมูลชุดที่ 1 103 คลาสและเพิ่มเติมอีก 47 คลาส สำหรับการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE และโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 สำหรับการประเมินผลความถูกต้องในการประมาณค่า

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ได้แสดงรายละเอียดแล้วในส่วนที่ 4.3 ส่วนข้อมูลอีกหนึ่งกลุ่ม การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของชุดข้อมูลการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 โดยใช้วิธี Analogy-SE

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 จะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนด้วยระเบียบวิธี Analogy-SE ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า

ความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดการออกแบบบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE และขั้นตอนที่ 3.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE

การสร้างเคสเบสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีจำนวนคลาสทั้งหมด 150 คลาส ประกอบด้วย 72 คลาสของโปรแกรม MTAC 12 คลาสของโปรแกรม DCSoft Sci 9 คลาสของโปรแกรม Calculator Expression 6 คลาสของโปรแกรม InfixCalCulator 4 คลาสของโปรแกรม Expression และ 47 คลาสของโปรแกรม CIAC Calculator โดยนำโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างเคสเบส สำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมาสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 เคสเบสคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2

Case no.	1	2	3	…	150
Class name	AbsoluteValueBox	BracketBox	HorizontalBox	…	Main
ClassLogicalStability	0.978571	0.978571	0.977019	…	0.963118
NumAttr	0	0	0	…	0
NumOps	3	3	5	…	3
…	…	…	…	…	…
MsgSelf	2	7	26	…	29

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสด้วยการอุปมานั้น จะใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อหากรณีคลาสที่คล้ายกับกรณีที่ต้องการประมาณค่ามากที่สุด จากนั้นจะใช้คำตอบของกรณีนั้นในการประมาณค่า ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE และขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE ทำให้ทราบกลุ่มย่อยตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับความเสถียรเชิงตรรกะ และทำให้ได้เคสเบสคลาสที่มีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	NumAttr	0.049857	0.235
2	**NumOps**	**0.132002**	**0.000**
3	**NumPubOps**	**0.138885**	**0.002**
4	**Nesting**	**0.141228**	**0.020**
5	**IFImpl**	**0.231687**	**0.014**
6	NOC	-0.016698	0.740
7	**NOP**	**0.225322**	**0.000**
8	NumDesc	0.008901	0.872
9	NumAnc	0.040188	0.192
10	DIT	0.040188	0.159
11	CLD	0.007231	0.872
12	**OpsInh**	**0.353672**	**0.000**
13	**AttrInh**	**0.204775**	**0.000**
14	NumAss_User	-0.018177	0.735
15	NumAss_Provider	0.041347	0.338
16	EC_Par	-0.010991	0.808
17	**IC_Par**	**0.228750**	**0.000**
18	ClassifInst	0.008041	0.864
19	**MsgSent**	**0.084748**	**0.041**
20	MsgRecv	0.068027	0.089
21	**MsgSelf**	**0.218564**	**0.000**

ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE

ในรอบสุดท้ายของการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการหาความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะกับแต่ละตัววัดการออกแบบที่มีต่อชุดข้อมูล สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลที่ได้จากการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 4.16

ขั้นที่ 2 การเลือกตัวัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ เมทริกซ์ระยะทางของตัววัด NumOps Nesting IFImpl และ OpsInh มีความสัมพันธ์กับเมทริกซ์ระยะทางของ Class Logical Stability แสดงได้ดังตารางที่ 4.16

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ OpsInh เท่ากับ 0.353672 แสดงได้ดังตารางที่ 4.17

ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 เลือกตัววัดการออกแบบหนึ่งกลุ่มที่มีความเหมาะสมจากตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ ซึ่งพิจารณาทุกการจัดหมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ การจัดหมู่ของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ 2, 3, 4, …, n ตัววัดถูกคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล แต่ละระดับของการจัดหมู่ตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด แสดงได้ดังตารางที่ 4.17 กลุ่มของตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญจำนวน 4 ตัววัดซึ่งประกอบด้วย NumOps, Nesting, IFImpl และ OpsInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุดเท่ากับ 0.410341 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัววัดการออกแบบกลุ่มอื่นๆ ดังนั้นตัววัดการออกแบบกลุ่มนี้เป็นกลุ่มตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE

เพื่อที่จะแน่ใจว่าตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากคลาสที่ผิดปกติ การวิเคราะห์ความไวถูกใช้เพื่อระบุคลาสที่ผิดปกติบนพื้นฐานของ 150 คลาส และตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกในแต่ละรอบ ในแต่ละรอบนั้นจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-SE 2) การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-SE

ในตารางที่ 4.18 แสดงคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลในแต่ละรอบโดยใช้การวิเคราะห์ความไว ในรอบที่ 1 กรณีที่ 76 และ 101 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.602023 และค่า S เท่ากับ 0.030726 ในรอบที่ 2 กรณีที่ 61 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.406724 และค่า S เท่ากับ 0.014363 ในรอบที่ 3 กรณีที่ 80, 99 และ 115 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.578066 และค่า S เท่ากับ 0.010621 ในรอบที่ 4 กรณีที่ 65 และ 94 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.469606 และค่า S เท่ากับ 0.010620 ในรอบที่ 5 กรณีที่ 15 และ 30 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.432287 และค่า S เท่ากับ 0.008404 ในรอบที่ 6 กรณีที่ 92 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.530915 และค่า S เท่ากับ 0.007172 ในรอบที่ 7 กรณีที่ 13 58 และ 91 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.463184 และค่า S เท่ากับ 0.005268 ในรอบที่ 8 กรณีที่ 93 และ 88 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.430027 และค่า S

เท่ากับ 0.004683 ในรอบที่ 9 กรณีที่ 88 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.452620 และค่า S เท่ากับ 0.004435 ในรอบที่ 10 กรณีที่ 33 และ 134 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.420842 และค่า S เท่ากับ 0.004198 ในรอบที่ 11 กรณีที่ 60 และ 77 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.420014 และค่า S เท่ากับ 0.004476 ในรอบที่ 12 กรณีที่ 87 และ 131 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.414933 และค่า S เท่ากับ 0.004413 ในรอบที่ 13 กรณีที่ 70 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.354610 และค่า S เท่ากับ 0.004883 ในรอบที่ 14 กรณีที่ 100 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.334855 และค่า S เท่ากับ 0.006935 ในรอบที่ 15 กรณีที่ 78 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.379639 และค่า S เท่ากับ 0.006234 ในขั้นตอนนี้ คลาสที่ผิดปกติคือ กรณีที่ 76, 101, 61, 80, 99, 115, 65, 94, 15, 30, 92, 13, 58, 91, 93, 88, 33, 134, 60, 77, 87, 131, 70, 100 และ 78 ซึ่งจะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อทำให้ชุดข้อมูลมีความเหมาะสมในการประมาณค่าด้วยการอุปมา ดังนั้นเคสเบสสำหรับการประมาณค่าหลังจากตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติมีจำนวน 125 คลาส

ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE

Metrics no.	Mantel-R
R(12)	0.353672
R(2+12)	0.407237
R(2+4+12)	0.409599
R(2+4+5+12)	**0.410341**
R(2+4+5+7+12)	0.410152
R(2+3+4+5+7+12)	0.397639
R(2+3+4+5+7+12+17)	0.385664
R(2+3+4+5+7+12+13+17)	0.364466
R(2+3+4+5+7+12+13+17+21)	0.294517
R(2+3+4+5+7+12+13+17+19+21)	0.237100

ตารางที่ 4.18 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE

Round No.	Case No.	Ri	p-value	LM	|z|
1	76	0.762095	0.000	0.160073	5.210
1	101	0.277585	0.007	-0.324437	10.559
2	61	0.570969	0.000	0.164245	11.436
3	80	0.493716	0.000	-0.084350	7.942
3	99	0.637239	0.000	0.059173	5.571
3	115	0.528992	0.000	-0.049074	4.620
4	65	0.525172	0.000	0.055566	5.232
4	94	0.378594	0.000	-0.091012	8.570
5	15	0.478630	0.000	0.046343	5.514
5	30	0.472680	0.000	0.040393	4.806
6	92	0.463174	0.000	-0.067741	9.445
7	13	0.484754	0.000	0.021570	4.095
7	58	0.436116	0.000	-0.027068	5.138
7	91	0.438659	0.000	-0.024525	4.655
8	93	0.452585	0.000	0.022558	4.817
9	88	0.419399	0.000	-0.033222	7.490
10	33	0.395546	0.000	-0.025296	6.025
10	134	0.438081	0.000	0.017239	4.106
11	60	0.438448	0.000	0.018434	4.118
11	77	0.398057	0.000	-0.021957	4.905
12	87	0.384180	0.000	-0.030753	6.969
12	131	0.397201	0.000	-0.017732	4.018
13	70	0.316658	0.000	-0.037952	7.773
14	100	0.379488	0.000	0.044633	6.436
15	78	0.410341	0.000	0.030702	4.925

ขั้นตอนที่ 2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE

จากขั้นตอนก่อนหน้า ตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกคือ

1. NumOps มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.132002
2. Nesting มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.141228
3. IFImpl มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.231687
4. OpsInh มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.353672

และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าประกอบด้วย 125 คลาส โมเดลการประมาณด้วยการอุปมาสร้างได้จากสูตร (3.1) เป็นโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสำหรับโปรแกรมการคำนวณ

4.4.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณจะทำการประเมินโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล และข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลโมเดลคือ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ทำการประมาณค่าโดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.4.1 โดยใช้ตัววัดการออกแบบ 4 ตัววัดคือ ตัววัด NumOps, Nesting, IFImpl และ OpsInh ของแต่ละคลาสที่วัดจากแผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.023710 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 2.37% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.928571 หมายความว่า 92.86% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.030009 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 3.00% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.75 หมายความว่า 75% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์จากการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ	
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2
MMRE	0.023710	0.030009
PRED(0.05)	0.928571	0.75

การเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีจำนวนกรณี 103 กรณี และ 150 กรณี ตามลำดับ โดยที่ 150 กรณีคือ กรณีของชุดข้อมูลชุดที่ 1 103 คลาส เพิ่มเติมอีก 47 คลาส ในการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE และชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ในการประเมินผลความถูกต้องสำหรับการประมาณค่า

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลโมเดลการประมาณค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 4.20 จากการทดลอง ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าของชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 การประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.023710 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.027790 และผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าของชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 การประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.030009 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.039099

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลโมเดลการประมาณค่าโดยใช้การทำนายที่ระดับ 0.05 จากผลการทดลอง ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าของชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 การประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.928571 มีค่ามากกว่าการประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.821429 และผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าของชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 การประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.75 ซึ่งมีค่ามากกว่าการประมาณค่าโดยใช้โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.70

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ของวิธี Analogy-SE

ตัววัดคุณภาพ	ผลลัพธ์จากการประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่1		ผลลัพธ์จากการประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่2	
	ข้อมูลสอนชุดที่ 1	ข้อมูลสอนชุดที่ 2	ข้อมูลสอนชุดที่ 1	ข้อมูลสอนชุดที่ 2
MMRE	0.027790	0.023710	0.039099	0.030009
PRED(0.05)	0.821429	0.928571	0.7	0.75

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อมีจำนวนกรณีในฐานข้อมูลมากขึ้น ส่งผลให้การประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาดน้อยลง ดูได้จากผลการทดลองเมื่อทำการเพิ่มจำนวนกรณีในฐานข้อมูล ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยลง และมีการทำนายที่ระดับ 0.05 มากขึ้น เนื่องจากมีจำนวนกรณีที่ใช้เป็นเคสเบสสำหรับการประมาณค่ามากขึ้น ซึ่งตรงกับทฤษฎีของการอุปมาคือ การประมาณค่าด้วยการอุปมามีการเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา นั่นคือค่าที่เกิดขึ้นจริงของกรณีใหม่จะถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประมาณค่ากรณีถัดไป ทำให้การประมาณค่าจะมีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อมีข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่ามากขึ้นด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การเปรียบเทียบการประเมินผลระหว่าง วิธี Analogy-SE กับวิธี Analogy-X

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบการประเมินผลระหว่างวิธี Analogy-SE กับวิธี Analogy-X ทำการประเมินผลโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล เพื่อทดสอบความถูกต้องของการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา โดยการทดลองมีรายละเอียด ดังนี้

– การประเมินผลวิธี Analogy-X ทำการทดลองโดยการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของการประยุกต์วิธี Analogy-X กับชุดข้อมูลสอน 2 ชุดข้อมูลคือ ชุดข้อมูลของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ และชุดข้อมูลสอนของโปรแกรมด้านการคำนวณ และแต่ละโมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูลสอนจะทดสอบโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบ 3 ชุดข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลคนละกลุ่มกับชุดข้อมูลสอน

– การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X เพื่อต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างทั้ง 2 วิธีการ

5.1 การประเมินผลวิธี Analogy-X

การประเมินผลวิธี Analogy-X เริ่มต้นจากการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โดยใช้วิธี Analogy-X และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โดยใช้วิธี Analogy-X และการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1.1 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพโดยใช้วิธี Analogy-X

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพของวิธี Analogy-X จะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนด้วยระเบียบวิธีที่นำเสนอในบทที่ 3 ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดการออกแบบบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X

การสร้างเคสเบสของโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีจำนวนคลาสทั้งหมด 92 คลาส ประกอบด้วย 52 คลาสของโปรแกรม JImage Mosaic 10 คลาสของโปรแกรม Imgen 7 คลาสของโปรแกรม Image Processing 5 คลาสของโปรแกรม JPhotoTweek และ18 คลาสของโปรแกรม Image edit โดยนำโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างเคสเบส การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และการวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีรายละเอียดเหมือนกับการสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมานั้น จะใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก เพื่อค้นหากรณีคลาสที่คล้ายกับกรณีที่ต้องการประมาณค่ามากที่สุด จากนั้นจะใช้คำตอบของกรณีนั้นในการประมาณค่า ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X มีรายละเอียดดังนี้

การเลือกลักษณะทีละขั้นจะทำการเลือกกลุ่มลักษณะโดยเริ่มจากหนึ่งตัววัดการออกแบบ และการเพิ่มจำนวนตัววัดโดยพิจารณาค่า R ของกลุ่มตัววัดกลุ่มใหม่กับค่า UCL ของกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกก่อนหน้า เพื่อเลือกกลุ่มตัววัดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา ในรอบสุดท้ายของการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการหาความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะกับแต่ละตัววัดการออกแบบที่มีต่อชุดข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนทลที่ได้จากการคำนวณ แสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ขั้นที่ 2 การเลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ เมทริกซ์ระยะทางของตัววัด NumOps, NumPubOps, IFImpl, NOC, CLD, OpsInh, ClassifInst และ MsgSelf มีความสัมพันธ์กับเมทริกซ์ระยะทางของ Class Logical Stability แสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ NumOps เท่ากับ 0.360204 แสดงได้ดังตารางที่ 4.20

ขั้นที่ 4 ตัวแปร NumOps มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.360170 และค่า UCL เท่ากับ 0.381662

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	NumAttr	0.087803	0.228
2	**NumOps**	**0.360204**	**0**
3	**NumPubOps**	**0.197578**	**0.015**
4	Nesting	-0.045087	0.527
5	**IFImpl**	**0.298930**	**0.003**
6	**NOC**	**0.178575**	**0.046**
7	NOP	-0.018839	0.814
8	NumDesc	0.121957	0.123
9	NumAnc	0.038897	0.595
10	DIT	0.038897	0.555
11	**CLD**	**0.224991**	**0.012**
12	**OpsInh**	**0.162857**	**0.033**
13	AttrInh	-0.057813	0.544
14	NumAss_User	0.107458	0.125
15	NumAss_Provider	-0.085322	0.212
16	EC_Par	0.063709	0.487
17	IC_Par	0.025032	0.778
18	**ClassifInst**	**0.267828**	**0.002**
19	MsgSent	0.051854	0.501
20	MsgRecv	0.015382	0.876
21	**MsgSelf**	**0.191086**	**0.04**

ขั้นที่ 5 การจัดหมู่ตัววัด NumOps รวมกับตัววัดที่เหลืออยู่ รวมเป็น 2 ตัววัดคือ ตัววัด NumOps และ OpsInh มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มากที่สุด เท่ากับ 0.435773 และมีค่ามากกว่าค่า UCL ซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.381662

ขั้นที่ 6 ตัววัด NumOps และ OpsInh รวมกับตัววัดที่เหลืออยู่ รวมเป็น 3 ตัววัดคือ ตัววัด NumOps, OpsInh และ NOC มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุด เท่ากับ 0.440629 แต่มีค่าน้อยกว่า UCL ซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.452178 จึงหยุดการทำงาน และเลือกตัววัด NumOps และ OpsInh สำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X

การวิเคราะห์ความไวใช้เพื่อระบุคลาสที่ผิดปกติบนพื้นฐานของ 92 คลาส และตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกในแต่ละรอบ เพื่อแน่ใจได้ว่าตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากคลาสที่ผิดปกติ ในแต่ละรอบนั้นจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-X 2) การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X ในตารางที่ 5.2 แสดงคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลในแต่ละรอบโดยใช้การวิเคราะห์ความไว รอบที่ 1 กรณีที่ 66 และ 72 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.578829 และค่า S เท่ากับ 0.025346 รอบที่ กรณีที่ 76 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.522152 และค่า S เท่ากับ 0.019012 ในขั้นตอนนี้ คลาสที่ผิดปกติคือ กรณีที่ 66, 72 และ 76 ซึ่งจะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อทำให้ชุดข้อมูลมีความเหมาะสมในการประมาณค่าด้วยการอุปมา มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.2 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X

Round No.	Case No.	Ri	p-value	LM	|z|
1	66	0.371115	0.019	-0.207714	8.195
1	72	0.696566	0.000	0.117737	4.645
2	76	0.360204	0.000	-0.161949	8.518

ขั้นตอนที่ 2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X

จากขั้นตอนก่อนหน้า ตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกคือ

1. NumOps มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.381273
2. IFImpl มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.248717

และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าประกอบด้วย 89 คลาส โมเดลการประมาณด้วยการอุปมาสร้างได้จากสูตร (3.3) เป็นโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสำหรับโปรแกรมด้านการจัดการภาพ

5.1.2 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพที่สร้างจากวิธี Analogy-X

การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการจัดการภาพทำการประเมินโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล และข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลโมเดลคือ โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ทำการประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพในขั้นตอนก่อนหน้า โดยใช้ตัววัดการออกแบบคือ NumOps และ OpsInh ของแต่ละคลาสที่วัดจากแผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ ตารางที่ 5.3 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.056383 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 5.64% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.72 หมายความว่า 72% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

ตารางที่ 5.3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
MMRE	0.056383	0.018034	0.013158
PRED(0.05)	0.72	0.875	0.878788

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.018034 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 1.80% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.875 หมายความว่า 87.5% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.013158 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 1.32% จากค่าจริง

และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.878788 หมายความว่า 87.88% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

5.1.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณโดยใช้วิธี Analogy-X

การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณของวิธี Analogy-X จะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนตามระเบียบวิธีที่นำเสนอ ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดการออกแบบบนพื้นฐานของความสัมพันธ์แมนเทล มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-X

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีจำนวนคลาสทั้งหมด 103 คลาส ประกอบด้วย 72 คลาสของโปรแกรม MTAC 12 คลาสของโปรแกรม DCSoft Sci 9 คลาสของโปรแกรม Calculator Expression 6 คลาสของโปรแกรม InfixCalCulator และ 4 คลาสของโปรแกรม Expression โดยนำโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างเคสเบส การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และการวัดตัววัดการออกแบบของคลาสของโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีรายละเอียดเหมือนกับการสร้างเคสเบสของวิธี Analogy-SE และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-X

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมานั้น จะใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก เพื่อค้นหากรณีคลาสที่คล้ายกับกรณีที่ต้องการประมาณค่ามากที่สุด จากนั้นจะใช้คำตอบของกรณีนั้นในการประมาณค่า ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การเลือกลักษณะทีละขั้นของวิธี Analogy-X มีรายละเอียดดังนี้

การเลือกลักษณะทีละขั้นจะทำการเลือกกลุ่มลักษณะโดยเริ่มจากหนึ่งตัววัดการออกแบบ และการเพิ่มจำนวนตัววัดโดยพิจารณาค่า R ของกลุ่มตัววัดกลุ่มใหม่กับค่า UCL ของกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกก่อนหน้า เพื่อเลือกกลุ่มตัววัดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา

ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของแต่ละตัววัดของคลาส โปรแกรมการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	**NumAttr**	**0.199274**	**0.017**
2	**NumOps**	**0.406300**	**0.000**
3	**NumPubOps**	**0.371884**	**0.000**
4	Nesting	0.054419	0.342
5	IFImpl	0.094754	0.094
6	NOC	-0.036783	0.551
7	**NOP**	**0.059389**	**0.005**
8	NumDesc	-0.034786	0.576
9	NumAnc	0.037185	0.226
10	DIT	0.037185	0.215
11	CLD	-0.025343	0.742
12	**OpsInh**	**0.145084**	**0.000**
13	**AttrInh**	**0.111777**	**0.023**
14	NumAss_User	-0.028070	0.649
15	NumAss_Provider	0.006466	0.929
16	EC_Par	-0.045336	0.461
17	**IC_Par**	**0.238869**	**0.015**
18	**ClassifInst**	**0.146602**	**0.042**
19	MsgSent	0.159121	0.051
20	**MsgRecv**	**0.190788**	**0.026**
21	**MsgSelf**	**0.433917**	**0.000**

ในรอบสุดท้ายของการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการหาความสัมพันธ์แมนเทลระหว่างความเสถียรเชิงตรรกะกับแต่ละตัววัดการออกแบบที่มีต่อชุดข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนทลที่ได้จากการคำนวณ แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ขั้นที่ 2 การเลือกตัววัดการออกแบบที่มีนัยสำคัญ เมทริกซ์ระยะทางของตัววัด NumAttr, NumOps, NumPubOps, NOP, OpsInh, AttrInh, IC_Par, ClassifInst, MsgRecv และ MsgSelf มีความสัมพันธ์กับเมทริกซ์ระยะทางของ Class Logical Stability แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ขั้นที่ 3 เลือกตัววัดที่มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือ MsgSelf เท่ากับ 0.433917 แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ขั้นที่ 4 ตัวแปร MsgSelf มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.433947 และค่า UCL เท่ากับ 0.450276

ขั้นที่ 5 จัดหมู่ตัววัด MsgSelf รวมกับตัววัดที่เหลืออยู่ รวมเป็น 2 ตัววัด ตัววัด MsgSelf และ OpsInh มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มากที่สุด เท่ากับ 0.447044 แต่มีค่าน้อยกว่า UCL ซึ่งมีค่า 0.450276 จึงหยุดการทำงาน และเลือกตัววัด MsgSelf สำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา

ตารางที่ 5.5 คลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-X

Round No.	Case No.	Ri	p-value	LM	|z|
1	76	0.754202	0.000	0.173562	4.226
1	101	0.219130	0.019	-0.361510	8.803
2	61	0.504241	0.000	0.164618	9.372
3	79	0.369291	0.001	-0.134773	7.703
3	98	0.580521	0.000	0.076457	4.370
4	65	0.500441	0.000	0.068448	4.558
4	93	0.327830	0.000	-0.104163	6.936
5	15	0.444438	0.000	0.050718	4.152
5	30	0.448156	0.000	0.054436	4.456
5	92	0.320022	0.001	-0.073697	6.033

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X

การวิเคราะห์ความไวถูกใช้เพื่อระบุคลาสที่ผิดปกติบนพื้นฐานของ 103 คลาส และตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกในแต่ละรอบ เพื่อแน่ใจได้ว่าตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากคลาสที่ผิดปกติ ในแต่ละรอบนั้นจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การ

เลือกกลุ่มย่อยตัววัดของวิธี Analogy-X 2) การตรวจจับคลาสที่ผิดปกติของวิธี Analogy-X ในตารางที่ 5.5 แสดงคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลในแต่ละรอบโดยใช้การวิเคราะห์ความไว ในรอบที่ 1 กรณีที่ 76 และ 101 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.580640 และค่า S เท่ากับ 0.041068 ในรอบที่ 2 กรณีที่ 61 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.339623 และค่า S เท่ากับ 0.017565 ในรอบที่ 3 กรณีที่ 79 และ 98 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.504064 และค่า S เท่ากับ 0.017497 ในรอบที่ 4 กรณีที่ 65 และ 93 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.431992 และค่า S เท่ากับ 0.015018 ในรอบที่ 5 กรณีที่ 15, 30 และ 92 เป็นคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูล มีค่า $\hat{R}$ เท่ากับ 0.393720 และค่า S เท่ากับ 0.012215 ในขั้นตอนนี้ คลาสที่ผิดปกติคือ กรณีที่ 76, 101, 61, 79, 98, 65, 93, 15, 30 และ 92 ซึ่งจะถูกลบออกจากชุดข้อมูลเพื่อทำให้ชุดข้อมูลมีความเหมาะสมในการประมาณค่าด้วยการอุปมา มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.3 การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-X

จากขั้นตอนก่อนหน้า ตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกคือ

1. MsgSelf มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เท่ากับ 0.433917

และเคสเบสสำหรับการประมาณค่าประกอบด้วย 93 คลาส โมเดลการประมาณด้วยการอุปมาสร้างได้จากสูตร (3.3) เป็นโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสสำหรับโปรแกรมด้านการคำนวณ

5.1.4 การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณที่สร้างจากวิธี Analogy-X

การประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของโปรแกรมด้านการคำนวณทำการประเมินโดยใช้ตัววัดคุณภาพคือ ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ และการทำนายที่ระดับแอล ชุดข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลโมเดลคือ โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ทำการประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากโปรแกรมด้านการจัดการภาพในขั้นตอนก่อนหน้า โดยใช้ตัววัดการออกแบบคือ MsgSelf ของแต่ละคลาสจากแผนภาพการออกแบบ ตารางที่ 5.6 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.030251 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ 3.03% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.892857 หมายความว่า 89.29% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.041014 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ 4.10% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.6 หมายความว่า 60% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.024218 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของการประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาด 2.42% จากค่าจริง และการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.914894 หมายความว่า 91.49% ของค่าที่ได้จากการทำนายมีขนาดความผิดพลาดไม่เกิน 5% ของค่าจริง

ตารางที่ 5.6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ		
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
MMRE	0.030251	0.041014	0.024218
PRED(0.05)	0.892857	0.6	0.914894

5.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X สำหรับข้อมูลที่ใช้คือโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 และโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 และชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 รายละเอียดการสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-SE แสดงในตอนที่ 4.2 และการสร้างโมเดลและการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-X มีรายละเอียดในตอนที่ 5.1

ตารางที่ 5.7 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.050668 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.056383 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มี

ค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.017235 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.018034 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.007496 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.013158 จากผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าของวิธี Analogy-SE มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์จากการประมาณค่าน้อยกว่าวิธี Analogy-X สำหรับชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการจัดการภาพ

ตารางที่ 5.7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1		โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2	
	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X
MMRE	0.050668	0.056383	0.017235	0.018034
PRED(0.25)	1.00	1.00	1.00	1.00
PRED(0.05)	0.68	0.72	0.916667	0.875

ตารางที่ 5.7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X (ต่อ)

ตัววัดคุณภาพ	โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3	
	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X
MMRE	0.007496	0.013158
PRED(0.25)	1.00	1.00
PRED(0.05)	0.969697	0.878788

ตารางที่ 5.8 โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.027790 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.030251

โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.039099 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.041014 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.023096 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.024218 จากผลลัพธ์ที่ได้ วิธี Analogy-SE มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์จากการประมาณค่าน้อยกว่าวิธี Analogy-X สำหรับชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณ จากผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองกลุ่มโปรแกรม แสดงให้เห็นว่าการจัดหมู่กลุ่มลักษณะของวิธี Analogy-SE เพื่อเลือกกลุ่มตัววัดที่มีความเหมาะสมในการประมาณค่าให้ผลลัพธ์จากการประมาณค่าดีขึ้นกว่าวิธี Analogy-X

ตารางที่ 5.8 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X

ตัววัด คุณภาพ	โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1		โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2	
	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X
MMRE	0.027790	0.030251	0.039099	0.041014
PRED(0.25)	1.00	1.00	1.00	1.00
PRED(0.05)	0.821	0.892857	0.700	0.6

ตารางที่ 5.8 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ของวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X (ต่อ)

ตัววัด คุณภาพ	โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3	
	วิธี Analogy-SE	วิธี Analogy-X
MMRE	0.023096	0.024218
PRED(0.25)	1.00	1.00
PRED(0.05)	0.957447	0.914894

นอกจากนั้นโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.68 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.72 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.916667 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.875 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.969697 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.878788 จากผลการทดลอง การทำนายที่ระดับ 0.25 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X มีค่าเท่ากันเท่ากับ 1.00 ซึ่งผลลัพธ์จากการทำนายที่ยอมรับคือ การทำนายที่ระดับ 0.25 จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 [22] และการทำนายที่ระดับ 0.05 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE การทำนายที่ระดับ 0.05 มีค่ามากกว่า 2 ชุดข้อมูล และน้อยกว่า 1 ชุดข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Analogy-X ดังนั้นจากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง การทำนายที่ระดับ 0.05 วิธี Analogy-SE มีความถูกต้องจากการประมาณค่า 66.67%

นอกจากนั้นโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.821และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.892857 โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.700 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.6 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE เมื่อนำไปประมาณค่าชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00 และ 0.957447 และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X เมื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 มีการทำนายที่ระดับ 0.25 และที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 1.00

และ 0.914894 จากผลการทดลอง การทำนายที่ระดับ 0.25 โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE และวิธี Analogy-X มีค่าเท่ากับ 1.00 ทั้งหมด ซึ่งผลลัพธ์จากการทำนายที่ยอมรับคือ การทำนายที่ระดับ 0.25 จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 [22] และการทำนายที่ระดับ 0.05 โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของวิธี Analogy-SE การทำนายที่ระดับ 0.05 มีค่ามากกว่า 2 ชุดข้อมูล และน้อยกว่า 1 ชุดข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Analogy-X ดังนั้นจากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง การทำนายที่ระดับ 0.05 วิธี Analogy-SE มีความถูกต้องจากการประมาณค่า 66.67%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยใช้การอุปมา

การพัฒนาเครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมามีชื่อว่า STability ANalogy Tool (STANTool) เพื่อใช้ทำนายความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาตามวิธี Analogy-SE ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของวิธีการในบทที่ 3 STANTool มีความสามารถในการเลือกกลุ่มตัววัดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าจากตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด ตรวจจับกรณีคลาสที่เป็นค่าผิดปกติจากชุดข้อมูล และสร้างโมเดลด้วยการอุปมา ทำให้สามารถใช้โมเดลด้วยการอุปมาในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้ข้อมูลตัววัดการออกแบบที่ได้รับเลือกของคลาสที่ต้องการประมาณค่า

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบเครื่องมือ STANTool ด้วยภาษายูเอ็มแอลซึ่งเป็นภาษาที่ใช้อธิบายโมเดลต่างๆ ในการนำเสนอภาพรวมของระบบ เริ่มต้นจากแผนภาพยูสเคสแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับสิ่งที่อยู่นอกระบบ แผนภาพคลาสไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบงาน แผนภาพลำดับแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในระบบงาน และแผนภาพกิจกรรมแสดงการเกิดกิจกรรมภายในระบบงาน และพัฒนาเครื่องมือ STANTool โดยมีรายละเอียด ดังนี้

6.1 แผนภาพยูสเคสแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับสิ่งที่อยู่นอกระบบ

เป็นการพิจารณาถึงรูปแบบการใช้ระบบงานที่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยจะอธิบายเป็นลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และแสดงให้เห็นภาพว่าผู้ใช้จะนำระบบไปใช้อะไรบ้าง

จากการวิเคราะห์ต้นแบบของการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับผู้ใช้งาน สามารถเขียนแผนภาพได้ดังรูปที่ 6.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผู้ใช้งานสามารถใช้และติดต่อกับเครื่องมือนี้ได้ 11 วิธี ดังรูปที่ 6.1 คือ

1) ผู้ใช้งานสามารถกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับที่ต้องการนำมาใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้

2) ผู้ใช้งานสามารถเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้

3) ผู้ใช้งานสามารถดูค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ค่าพี และตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้

4) ผู้ใช้งานสามารถดูคลาสที่ผิดปกติ, R_i, LM_i และ z_i ได้

5) ผู้ใช้งานสามารถดูกลุ่มของตัววัดที่ได้รับเลือกเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าว และคลาสที่ผิดปกติ

6) ผู้ใช้งานสามารถกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการนำมาประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้

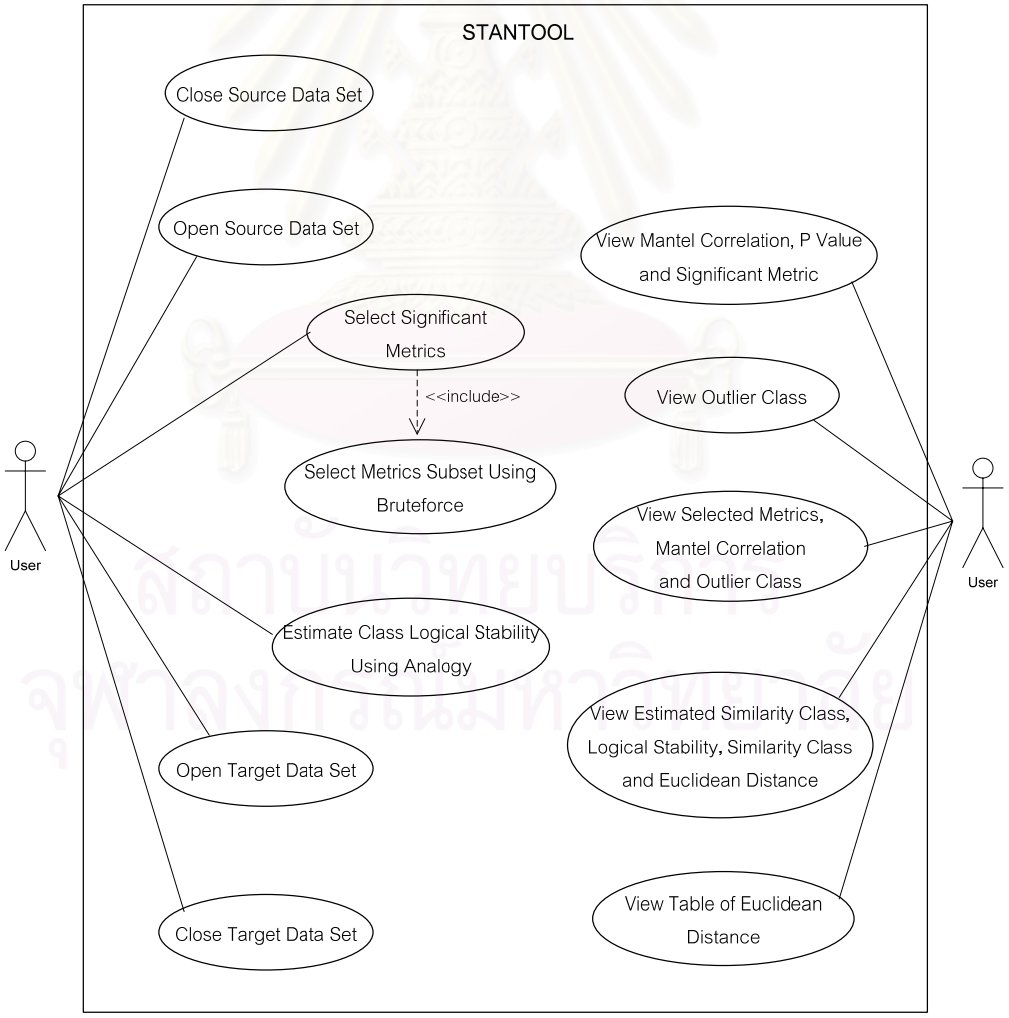
7) ผู้ใช้งานสามารถประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่กำหนดได้

8) ผู้ใช้งานสามารถดูค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับการประมาณค่าของคลาสที่กำหนด คลาสต้นฉบับที่มีความคล้ายคลึงกัน และค่าระยะทางแบบยุคลิดได้

9) ผู้ใช้งานสามารถดูค่าตารางระยะทางแบบยุคลิดของคลาสต้นฉบับและคลาสเป้าหมายได้

10) ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกชุดข้อมูลต้นฉบับเดิมเพื่อกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับใหม่ได้

11) ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกชุดข้อมูลเป้าหมายเดิมเพื่อกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายใหม่ได้



รูปที่ 6.1 แผนภาพการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานกับสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน

และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของยูสเคสที่เกิดขึ้นภายในระบบงานได้ดังต่อไปนี้

6.1.1 **ยูสเคส** Open Source Data Set

จากตารางที่ 6.1 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Open Source Data Set เพื่อนำไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับ เพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะเข้าสู่เครื่องมือ STANTool

ตารางที่ 6.1 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Open Source Data Set

Use Case Name	Open Source Data Set
Entry condition	1. มีไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Open Source Data Set
Flow of events	3. ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับจากแหล่งที่เก็บ 4. เครื่องมือ STANTool นำชุดข้อมูลต้นฉบับที่ผู้ใช้กำหนดเข้าสู่ระบบงาน 5. แสดงชุดข้อมูลต้นฉบับที่ใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ
Exit condition	6. ผู้ใช้เลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

ตารางที่ 6.2 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Select Significant Metrics

Use Case Name	Select Significant Metrics
Entry condition	1. ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับที่ต้องการใช้เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนู ในหัวข้อ Metrics Selection
Flow of events	3. ระบบนำชุดข้อมูลต้นฉบับมาทำการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะ 4. ระบบนำตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะมาเลือกกลุ่มของตัววัดที่จะใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ 5. ระบบตรวจจับคลาสที่ผิดปกติ และตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ 6. ระบบแสดงตัววัดที่ได้รับการเลือกเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าวและคลาสที่ผิดปกติ
Exit condition	6. ผู้ใช้เลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.2 **ยูสเคส** Select Significant Metrics

จากตารางที่ 6.2 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนู Metrics Selection เพื่อต้องการเลือกกลุ่มตัววัดเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

6.1.3 **ยูสเคส** View Mantel Correlation, P Value and Significant Metric

จากตารางที่ 6.3 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Mantel Correlation เพื่อดูค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล และค่าพีของแต่ละตัววัด และเพื่อดูตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

ตารางที่ 6.3 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Mantel Correlation, P Value and Significant Metric

Use Case Name	View Mantel Correlation, P Value and Significant Metric
Entry condition	1. ระบบทำการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะแล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Mantel Correlation
Flow of events	3. ระบบนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล และค่าพีของแต่ละตัววัด และตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะมาแสดงผล
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.4 **ยูสเคส** View Outlier Class

จากตารางที่ 6.4 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Outlier Class เพื่อดูคลาสที่ผิดปกติ

ตารางที่ 6.4 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Outlier Class

Use Case Name	View Outlier Class
Entry condition	1. ระบบทำการเลือกกลุ่มตัววัดที่จะใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะแล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Outlier Class
Flow of events	3. ระบบนำชื่อคลาสที่ผิดปกติ รวมถึงค่า R_i LM_i และ z_i มาแสดง
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.5 **ยูสเคส** View Selected Metrics, Mantel Correlation and Outlier Class

จากตารางที่ 6.5 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Selected Metric เพื่อดูกลุ่มตัววัดที่ได้รับการเลือก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าว รวมถึงคลาสที่ผิดปกติ

ตารางที่ 6.5 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Selected Metrics, Mantel Correlation and Outlier Class

Use Case Name	View Selected Metrics, Mantel Correlation and Outlier Class
Entry condition	1. ระบบทำการเลือกกลุ่มตัววัดที่จะใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะแล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Selected Metric
Flow of events	3. ระบบนำชื่อกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าว และชื่อคลาสที่ผิดปกติมาแสดงผล
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.6 **ยูสเคส** Open Target Data Set

จากตารางที่ 6.6 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Open Target Data Set เพื่อนำไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการนำมาประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ เข้าสู่เครื่องมือ STANTool

ตารางที่ 6.6 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Open Target Data Set

Use Case Name	Open Target Data Set File
Entry condition	1. มีไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Open Target Data Set
Flow of events	3. ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายจากแหล่งที่เก็บ 4. เครื่องมือ STANTool นำชุดข้อมูลเป้าหมายที่ผู้ใช้กำหนดเข้าสู่ระบบ 5. ระบบนำชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะมาแสดงผล
Exit condition	6. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.7 **ยูสเคส** Estimate Class Logical Stability Using Analogy

จากตารางที่ 6.7 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Stability Estimation เพื่อประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมาย

ตารางที่ 6.7 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Estimate Class Logical Stability Using Analogy

Use Case Name	Estimate Class Logical Stability Using Analogy
Entry condition	1. ผู้ใช้งานเลือกไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Stability Estimation
Flow of events	3. ระบบนำคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายมาประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะด้วยชุดข้อมูลต้นฉบับที่ตัดคลาสที่ผิดปกติออก และกลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือก 4. ระบบนำค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับจากการประมาณค่าของแต่ละคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายมาแสดงผล
Exit condition	5. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

ตารางที่ 6.8 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Estimated Similarity, Class Logical Stability, Similarity Class and Euclidean Distance

Use Case Name	View Estimated Similarity, Class Logical Stability, Similarity Class and Euclidean Distance
Entry condition	1. ระบบทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะให้แก่คลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนดแล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Estimated Stability
Flow of events	3. ระบบนำค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับจากการประมาณค่าคลาสที่คล้ายคลึงกัน และค่าระยะทางแบบยุคลิดของแต่ละคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนดมาแสดงผล
Exit condition	5. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.8 **ยูสเคส** View Estimated Similarity, Class Logical Stability, Similarity Class and Euclidean Distance

จากตารางที่ 6.8 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Estimated Stability เพื่อดูค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับการประมาณค่า คลาสที่มีความคล้ายคลึงกัน และค่าระยะทางแบบยุคลิดของแต่ละคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนด

6.1.9 **ยูสเคส** View Table of Euclidean Distance

จากตารางที่ 6.9 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้เลือกเมนู ในหัวข้อ Euclidean Distance เพื่อดูระยะทางแบบยุคลิดของคลาสในชุดข้อมูลต้นฉบับ และคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมาย

ตารางที่ 6.9 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส View Table of Euclidean Distance

Use Case Name	View Table of Euclidean Distance
Entry condition	1. ระบบทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะให้แก่คลาส ในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนดแล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Euclidean Distance
Flow of events	3. ระบบนำค่าระยะทางแบบยุคลิดของคลาสในชุดข้อมูลต้นฉบับ และคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายมาแสดงผลในรูปตาราง
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.10 **ยูสเคส** Close Source Data Set

จากตารางที่ 6.10 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้เลือกเมนูในหัวข้อ Close Source Data Set เพื่อเปลี่ยนชุดข้อมูลต้นฉบับหรือยุติการใช้งาน

ตารางที่ 6.10 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Close Source Data Set

Use Case Name	Close Source Dataet
Entry condition	1. ผู้ใช้เปิดไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับเดิมอยู่แล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Close Source Data Set
Flow of events	3. ระบบปิดไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับที่เปิดอยู่
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

6.1.11 **ยูสเคส** Close Target Data Set

จากตารางที่ 6.11 เป็นยูสเคสที่แสดงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Close Target Data Set เพื่อเปลี่ยนชุดข้อมูลเป้าหมายหรือยุติการใช้งาน

ตารางที่ 6.11 ขั้นตอนการทำงานของยูสเคส Close Target Data Set

Use Case Name	Close Target Data Set
Entry condition	1. ผู้ใช้เปิดไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับเดิมอยู่แล้ว 2. ผู้ใช้งานเลือกเมนูในหัวข้อ Close Target Data Set
Flow of events	3. ระบบปิดไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายที่เปิดอยู่
Exit condition	4. ผู้ใช้งานเลือกทำรายการในหัวข้อเมนูอื่น

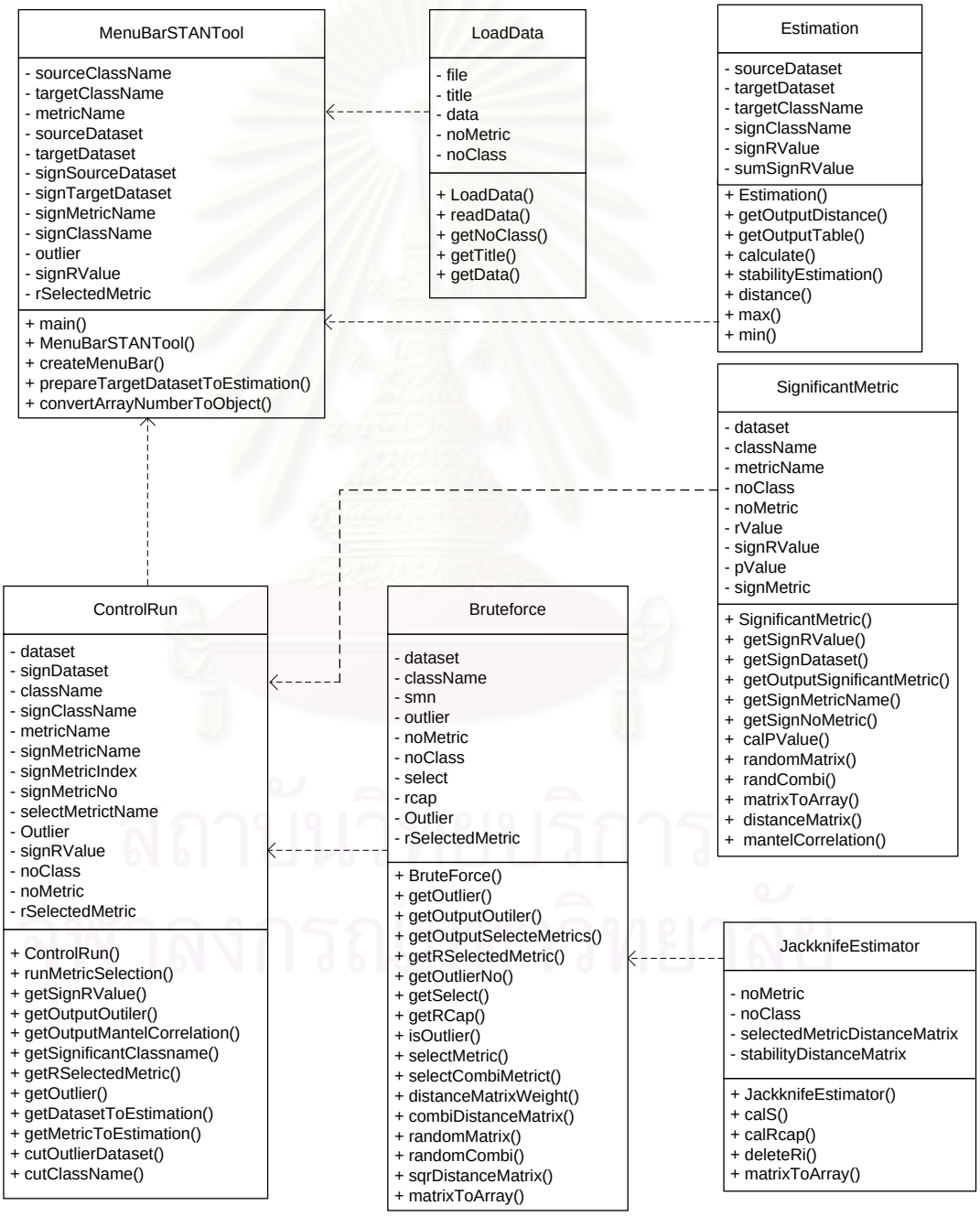
6.2 **แผนภาพคลาสแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบงาน**

สามารถนำแผนภาพคลาสมาอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการสร้างเครื่องมือ STANTool ได้ดังนี้

6.2.1 **แผนภาพคลาส** MenuBarSTANTool

คลาสแสดงหน้าจอการติดต่อ MenuBarSTANTool เป็นคลาสที่แสดงหน้าจอการติดต่อของเครื่องมือ STANTool โดยสร้างเมนูหลัก 3 เมนู ได้แก่ เมนู File เมนู Run และ เมนู View โดยเมนู File มีเมนูย่อย 5 เมนูคือ เมนู Open Source Data Set เพื่อกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับสำหรับใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส LoadData เมนู Close Source Data Set สำหรับปิดชุดข้อมูลต้นฉบับเพื่อกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับใหม่ หรือหยุดการใช้งานโปรแกรม เมนู Open Target Data Set สำหรับกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมาย ที่จะทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส LoadData เมนู Close Target Data Set สำหรับปิดชุดข้อมูลเป้าหมาย เพื่อกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายใหม่ หรือหยุดการใช้งานโปรแกรม และเมนู Exit สำหรับออกจากเครื่องมือ STANTool เมนู Run มีเมนูย่อยคือ เมนู Metrics Selection สำหรับเลือกกลุ่มตัววัดที่ใช้สำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส ControlRun และเมนู Stability Estimation สำหรับประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะให้กับชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนด โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส Estimation เมนู View ประกอบด้วย 5 เมนูย่อยคือ เมนู Selected Metric โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส ControlRun แสดงกลุ่มตัววัดที่ได้รับการเลือก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และคลาสที่ผิดปกติ เมนู Estimated Stability แสดงค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสต่างๆ ในชุดข้อมูลเป้าหมาย โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส Estimation เมนู Mantel Correlation แสดงค่าความ

เสถียรเชิงตรรกะของตัววัดและกลุ่มตัววัดต่างๆ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส Control Run เมนู Outlier Class แสดงคลาสที่ผิดปกติ รวมถึงตัวประมาณแจคไนฟ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส ControlRun และเมนู Euclidean Distance แสดงตารางระยะทางแบบยุคลิดระหว่างคลาสในชุดข้อมูลต้นฉบับและคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนด โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส Estimation



รูปที่ 6.2 แผนภาพคลาสหน้าจอการติดต่อกับเครื่องมือ STANTool

6.2.2 แผนภาพคลาส LoadData

คลาสนำชุดข้อมูลเข้าสู่ระบบ LoadData เป็นคลาสที่นำชุดข้อมูลนำเข้าในรูปไฟล์มาแปลงเป็นค่าตัววัดต่างๆ ของคลาส ซึ่งจะนำไปใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

6.2.3 แผนภาพคลาส ControlRun

คลาสควบคุมการดำเนินงานโปรแกรม ControlRun เป็นคลาสที่ทำการเลือกตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่มีนัยสำคัญ 0.05 โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส SignificantMetric และทำการเลือกกลุ่มตัววัดที่จะนำไปใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส BruteForce และทำการตัดคลาสที่ผิดปกติในชุดข้อมูลต้นฉบับ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส BruteForce

6.2.4 แผนภาพคลาส SignificantMetric

คลาสเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ SignificantMetric เป็นคลาสที่ทำการเลือกตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่มีนัยสำคัญ 005

6.2.5 แผนภาพคลาส BruteForce

คลาสเลือกกลุ่มตัววัด BruteForce เป็นคลาสที่เลือกกลุ่มตัววัดที่มีนัยสำคัญ โดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ และทำการตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ โดยมีการเรียกใช้งานไปยังคลาส JackknifeEstimator ในการคำนวณตัวประมาณแจคไนฟ

6.2.6 แผนภาพคลาส JackknifeEstimator

คลาสตรวจจับคลาสที่ผิดปกติ JackknifeEstimator เป็นคลาสที่คำนวณตัวประมาณแจคไนฟเพื่อตรวจจับคลาสที่ผิดปกติ

6.2.7 แผนภาพคลาส Estimation

คลาสประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ Estimation เป็นคลาสที่ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะให้แก่คลาสในชุดข้อมูลเป้าหมาย โดยใช้ค่าความเสถียรเชิงตรรกะในชุดข้อมูลต้นฉบับ และโดยการพิจารณาระยะทางแบบยุคลิด

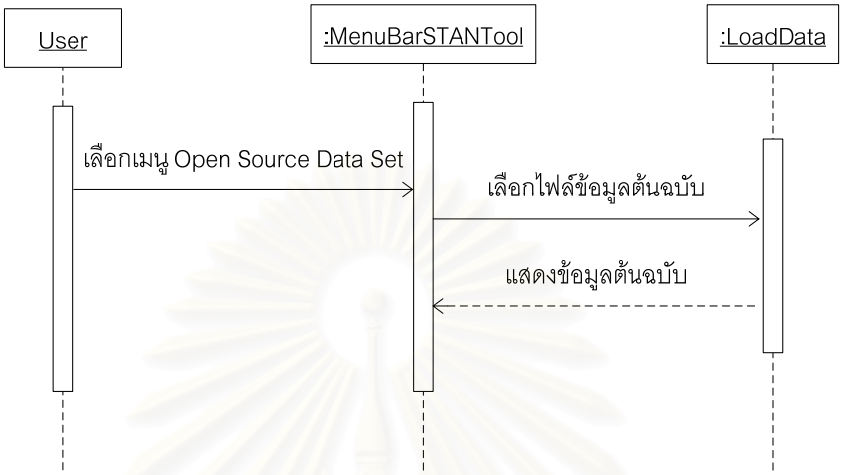
6.3 แผนภาพลำดับแสดงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในระบบงาน

สามารถนำแผนภาพลำดับ ซึ่งเป็นแผนภาพที่เน้นไปที่ช่วงเวลาของการเกิดปฏิสัมพันธ์มาอธิบายการสร้างเครื่องมือ STANTool ได้ดังนี้

6.3.1 แผนภาพลำดับแสดงการกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบ

จากรูปที่ 6.3 เป็นแผนภาพที่แสดงการกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งานทำการเลือกเมนู Open Source Data Set จากวัตถุ MenuBarSTANTool หลังจากทำการเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับ วัตถุ LoadData จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลในไฟล์ให้อยู่ในรูปของค่าตัว

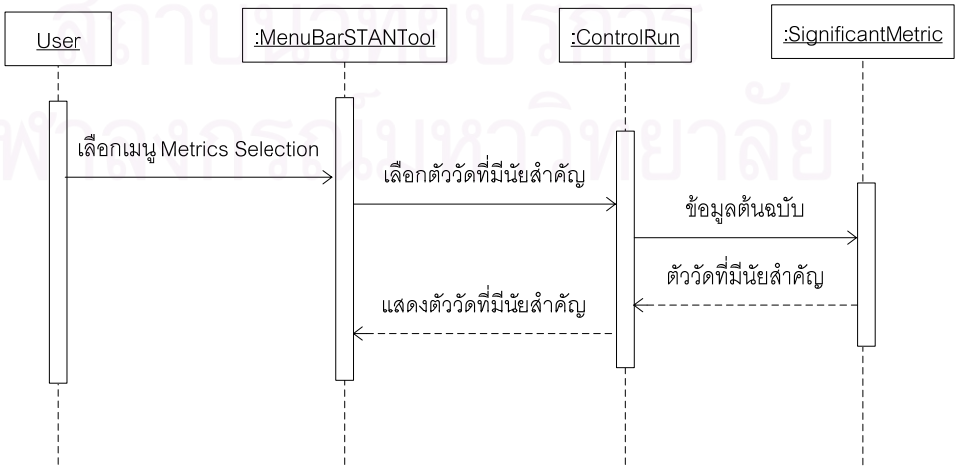
วัดต่างๆ ของคลาส และผลของการแปลงข้อมูลในไฟล์จะถูกส่งกลับคืนไปยังที่วัตถุ MenuBarSTANTool ต่อไป



รูปที่ 6.3 แผนภาพลำดับการกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบ

6.3.2 แผนภาพลำดับแสดงการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ

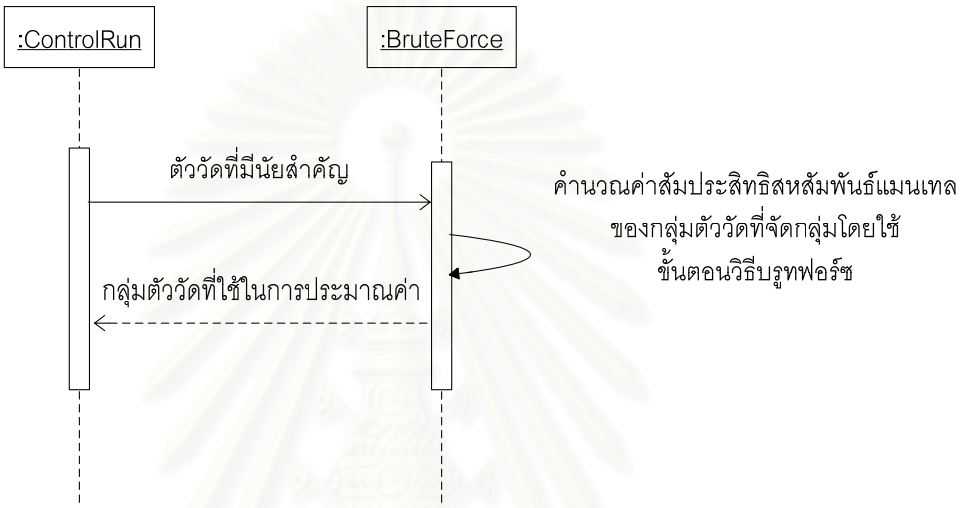
จากรูปที่ 6.4 เป็นแผนภาพแสดงการเลือกตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่มีนัยสำคัญ 0.05 โดยผู้ใช้งานทำการเลือกเมนู Metrics Selection จากวัตถุ MenuBarSTANTool หลังจากนั้นทำการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญโดยใช้วัตถุ ControlRun พิจารณาตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่มีนัยสำคัญ 0.05 จากค่าพี โดยวัตถุ SignificantMetric และผลของการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญจะถูกส่งกลับไปยังวัตถุ MenuBarSTANTool ต่อไป



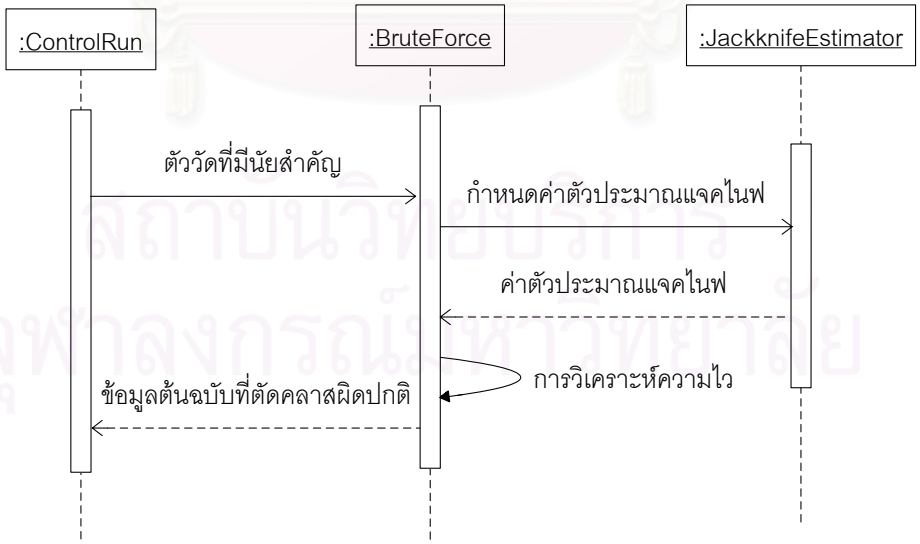
รูปที่ 6.4 แผนภาพลำดับการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ

6.3.3.แผนภาพลำดับแสดงการเลือกกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ

จากรูปที่ 6.5 เป็นแผนภาพที่แสดงการเลือกกลุ่มตัววัด เพื่อนำไปประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ โดยวัตถุ ControlRun มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัววัดที่จัดกลุ่มโดยขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ และผลที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัววัดที่จะนำไปประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจะส่งคืนไปยังวัตถุ ControlRun ต่อไป



รูปที่ 6.5 แผนภาพลำดับการเลือกกลุ่มตัววัดโดยใช้ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ



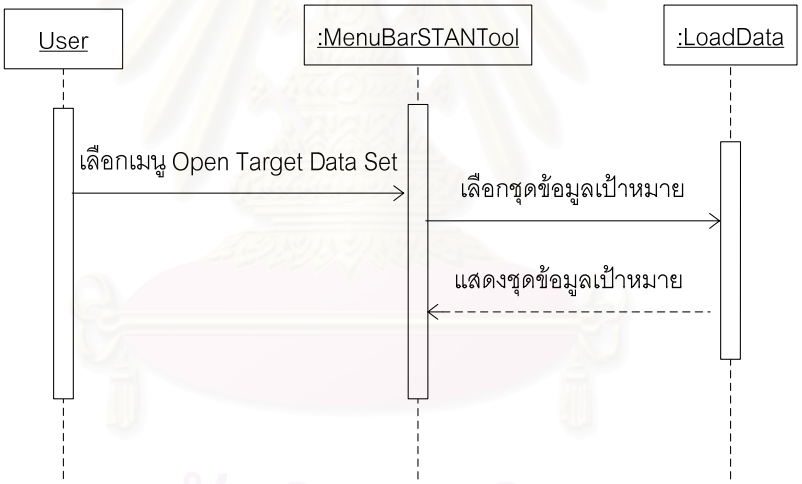
รูปที่ 6.6 แผนภาพลำดับการตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ

6.3.4 แผนภาพลำดับแสดงการตัดคลาสผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ

จากรูปที่ 6.6 เป็นแผนภาพที่แสดงการตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ โดยวัตถุ BruteForce จะนำตัววัดที่มีนัยสำคัญจากวัตถุ ControlRun มากำหนดค่าตัวประมาณแจคไนฟ โดยวัตถุ JackknifeEstimator จากนั้นวัตถุ BruteForce จะทำการวิเคราะห์ความไว แล้วตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ และชุดข้อมูลที่ได้รับการตัดคลาสที่ผิดปกติจะส่งคืนไปยังวัตถุ ControlRun ต่อไป

6.3.5 แผนภาพลำดับแสดงการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบ

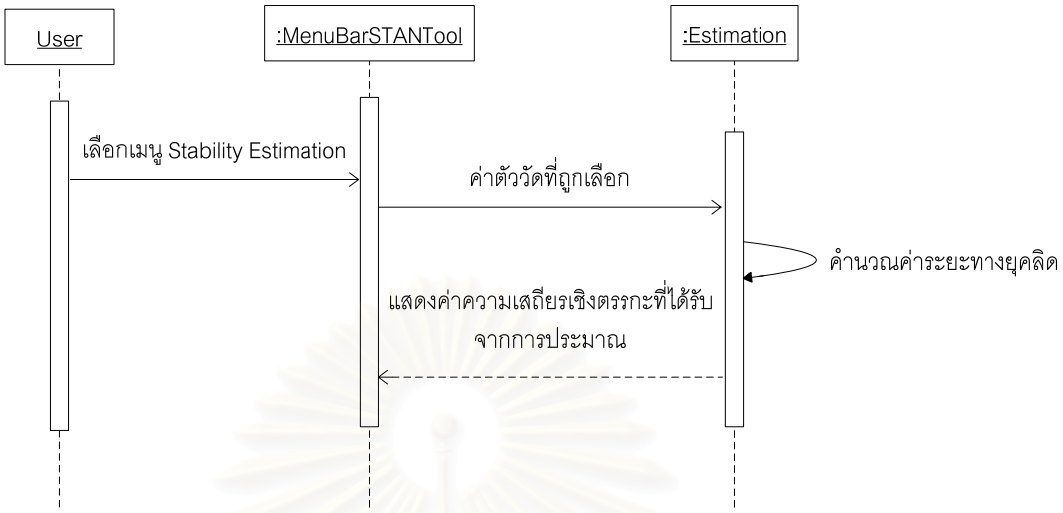
จากรูปที่ 6.7 เป็นแผนภาพที่แสดงการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งานทำการเลือกเมนู Open Target Data Set จากวัตถุ MenuBarSTANTool หลังจากนั้นทำการเลือกไฟล์ข้อมูลเป้าหมาย วัตถุ LoadData จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลในไฟล์ให้อยู่ในรูปค่าตัววัดต่างๆ ของแต่ละคลาส และผลของการแปลงข้อมูลในไฟล์จะถูกส่งกลับคืนไปยังวัตถุ MenuBarSTANTool ต่อไป



รูปที่ 6.7 แผนภาพลำดับการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบ

6.3.6 แผนภาพลำดับแสดงการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

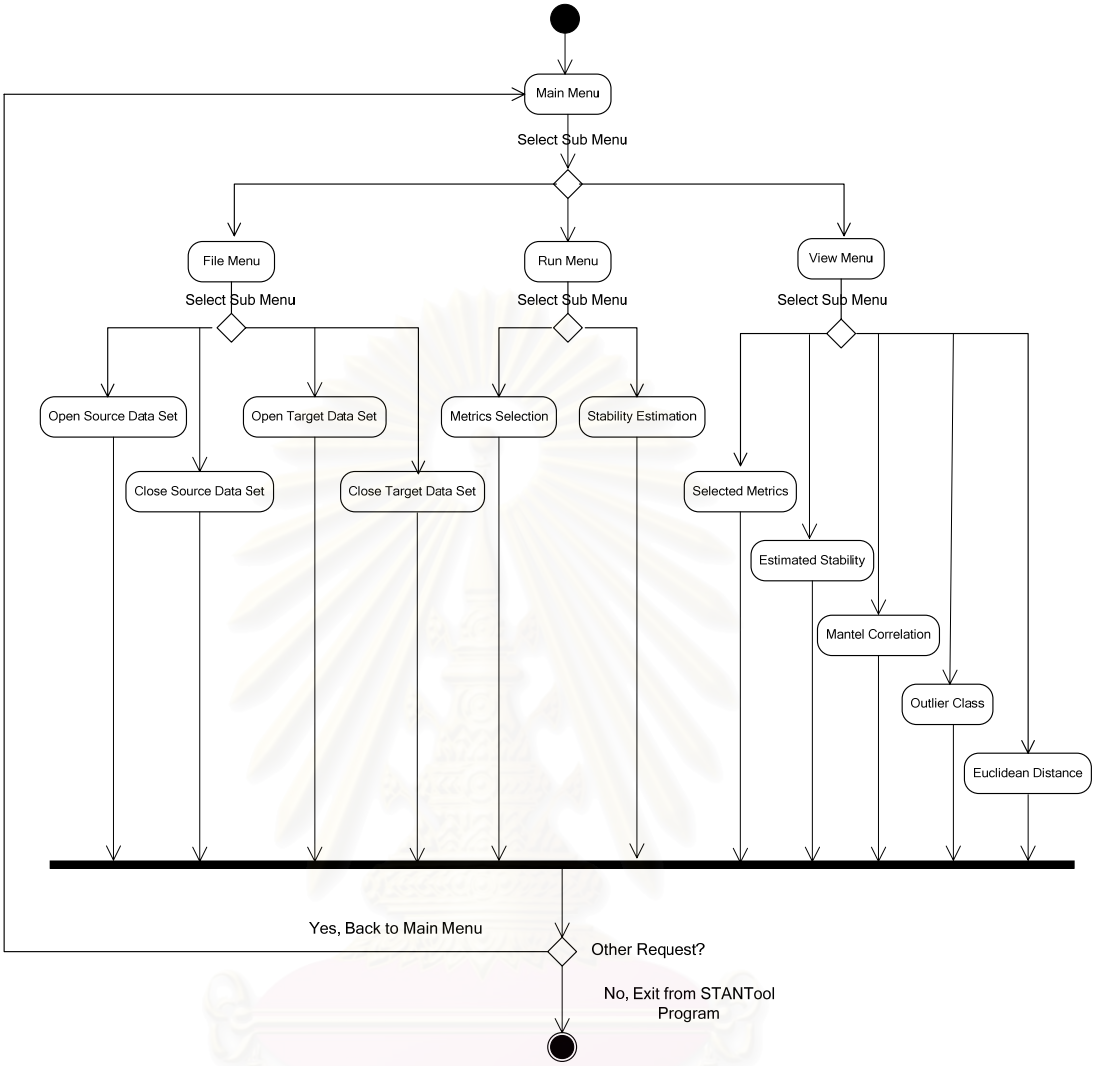
จากรูปที่ 6.8 เป็นแผนภาพที่แสดงการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยผู้ใช้งานทำการเลือกเมนู Stability Estimation จากวัตถุ MenuBarSTANTool หลังจากนั้นวัตถุ Estimation จะทำการดึงชุดข้อมูลต้นฉบับ และชุดข้อมูลเป้าหมายจากวัตถุ MenuBarSTANTool เพื่อคำนวณค่าระยะทางแบบยุคลิด และประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนด จากค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสในชุดข้อมูลต้นฉบับที่มีระยะทางแบบยุคลิดน้อยที่สุด และค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับจากการประมาณค่าของคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมาย จะถูกส่งกลับคืนไปยังวัตถุ MenuBarSTANTool ต่อไป



รูปที่ 6.8 แผนภาพลำดับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ

6.4 แผนภาพกิจกรรรมแสดงการเกิดกิจกรรมภายในระบบงาน

จากรูปที่ 6.9 เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องมือ STANTool เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบผู้ใช้งานจะต้องทำการเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบจะนำข้อมูลมาเก็บไว้ ในรูปของชื่อคลาส และค่าตัววัดต่างๆ จากนั้น เมื่อผู้ใช้งานเลือกใช้เมนูเลือกตัววัด เพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ระบบจะทำการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ 0.05 กับความเสถียรเชิงตรรกะ เมื่อได้ตัววัดที่มีนัยสำคัญเรียบร้อยแล้ว ระบบจะนำตัววัดดังกล่าวมาทำการจับกลุ่มด้วยขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ซ ทำให้ได้รับกลุ่มตัววัดที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลมากที่สุดมาใช้ในการประมาณค่า และระบบจะทำการตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับโดยอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้งานเลือกใช้เมนูเลือกตัววัดเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานสามารถดูตัววัดที่ถูกเลือก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าว ชื่อคลาสที่ผิดปกติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของตัววัดและค่าพีในแต่รอบ ค่าตัวประมาณแจคไนฟและคลาสที่ผิดปกติในแต่ละรอบ หากผู้ใช้งานต้องการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ผู้ใช้สามารถทำการเลือกไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบจะนำข้อมูลที่เก็บไว้แล้วทำการตัดให้เหลือเฉพาะข้อมูลตัววัดที่ได้รับเลือกเพื่อใช้ในการประมาณค่า เมื่อผู้ใช้งานเลือกใช้เมนูประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ระบบจะทำการค้นหาคลาสในชุดข้อมูลต้นฉบับที่มีระยะทางแบบยุคลิดที่น้อยที่สุดกับคลาสในชุดข้อมูลเป้าหมายที่กำหนด พร้อมแสดงค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับการประมาณค่า ชื่อคลาสที่มีความคล้ายคลึงกันกับคลาสที่กำหนด และระยะทางแบบยุคลิด หากต้องการกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายหรือชุดข้อมูลต้นฉบับใหม่สามารถทำการปิดไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายหรือไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับแล้วกำหนดใหม่ได้



รูปที่ 6.9 แผนภาพกิจกรรมของเครื่องมือ STANTool

6.5 **การพัฒนาเครื่องมือการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา**

การพัฒนาเครื่องมือ STANTool ทำการพัฒนาตามวิธี Analogy-SE สำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา และผู้วิจัยทำการออกแบบเครื่องมือโดยใช้แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพกิจกรรม ต่อจากนั้นในขั้นตอนนี้ทำการพัฒนาเครื่องมือตามรายละเอียดที่ได้ออกแบบไว้ โดยรายละเอียด ดังนี้

6.5.1 **เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา** STANTool

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้มีรายละเอียด ดังนี้

- ไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลางชนิด Core 2 Duo ความเร็ว 2.00 กิกะเฮิรตซ์

- หน่วยความจำหลัก 1.99 กิกะไบต์
- ความจุจานบันทึกแบบแข็ง (Hard disk) ขนาด 300 กิกะไบต์
- ความละเอียดของจอภาพขนาด 1,080 × 800 แสดงสี 32 ล้านสี

ซอฟต์แวร์ที่ใช้มีรายละเอียด ดังนี้

- ไมโครซอฟต์วินโดว์เอ็กซ์พี (Microsoft Window XP) ใช้เป็นระบบปฏิบัติการ
- โปรแกรมจาวา เวอร์ชัน 1.6 ใช้เป็นคอมไพล์เลอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม
- โปรแกรมอิดิตพลัส (EditPlus) เวอร์ชัน 3 ใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม
- โปรแกรมโน้ตแพด (Notepad) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชุดข้อมูลต้นฉบับที่ใช้เป็นเคสเบสสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และชุดข้อมูลเป้าหมายที่ใช้จัดเก็บข้อมูลคลาสที่ต้องการประมาณค่า

6.5.2 **การใช้งานเครื่องมือ** STANTool

การประมาณความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา การใช้งานเครื่องมือ STANTool ผู้ใช้จะต้องมีข้อมูลนำเข้า 2 ชุดคือ ชุดข้อมูลต้นฉบับ เป็นชุดข้อมูลของกลุ่มของคลาสที่ใช้เป็นเคสเบสสำหรับการประมาณค่า แต่ละคลาสประกอบด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัด 21 ตัววัด และชุดข้อมูลเป้าหมาย เป็นชุดข้อมูลของกลุ่มของคลาสที่ต้องการประมาณค่า แต่ละคลาสประกอบด้วยค่าตัววัด 21 ตัววัด จากนั้นผู้ใช้สามารถทำการเลือกกลุ่มตัววัดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่า รวมทั้งตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ โดยเลือกเมนู Run>Metrics Selection ต่อจากนั้นผู้ใช้สามารถทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของชุดข้อมูลเป้าหมายโดยใช้การอุปมา โดยเลือกเมนู Run>Stability Estimation รายละเอียดของวิธีการใช้งานเครื่องมือ STANTool อยู่ในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมา มีชื่อว่า วิธี Analogy-SE โดยมีสมมติฐานเบื้องต้นคือ “คลาสที่มีลักษณะของคลาสคล้ายคลึงกันย่อมมีความเสถียรเชิงตรรกะคล้ายคลึงกันด้วย” ซึ่งพิจารณาความคล้ายคลึงกันของคลาสจากลักษณะการออกแบบเชิงโครงสร้างจากแผนภาพคลาส และการออกแบบเชิงพฤติกรรมจากแผนภาพลำดับ เพื่อใช้สำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ทำให้สามารถประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ โดยระเบียบวิธีที่นำเสนอมีข้อดีคือ สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของชุดข้อมูลว่าเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา สามารถเลือกกลุ่มลักษณะของคลาสที่มีความเหมาะสมในการประมาณค่า และสามารถตัดกรณีคลาสที่ผิดปกติซึ่งทำให้ผลจากการประมาณค่าคลาดเคลื่อน

ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าวิธี Analogy-SE สามารถใช้สร้างโมเดลด้วยการอุปมาสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส มีความสามารถในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดข้อมูลซึ่งแต่ละกรณีคือคลาสหนึ่งคลาส ประกอบด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส และค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสกับค่าตัววัดการออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์แมนเทล และการทดสอบสุ่มที่มีต่อชุดข้อมูล การเลือกกลุ่มย่อยตัววัดจากตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัดการออกแบบโดยใช้การเลือกกลุ่มย่อยตัววัด โดยที่กลุ่มตัววัดที่ได้รับเลือกนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา พิจารณาจากความสัมพันธ์แมนเทล และการทดสอบสุ่ม การตรวจจับกรณีคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความไว ผลทำให้เคสเบสคลาสมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าด้วยการอุปมา ดังนั้นด้วยระเบียบวิธีนี้ทำให้สามารถประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ

การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมาของวิธี Analogy-SE จากผลการทดลอง โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีตัววัด NumOps, IFImpl, NOC, CLD และ OpsInh เป็นกลุ่มตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่า

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่า ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.050668 0.017235 และ 0.007496 ตามลำดับ และโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีตัววัด NumAttr, NumOps, NumPubOps, OpsInh, AttrInh, IC_Par และ MsgSelf เป็นกลุ่มตัววัดที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่า ผลลัพธ์ที่ได้การประมาณค่า ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์เท่ากับ 0.027790, 0.039099 และ 0.023096 ตามลำดับ

โมเดลด้วยการอุปมาเมื่อถ่วงน้ำหนักตัววัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนักของวิธี Analogy-SE ทำการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการจัดการภาพ และชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ที่ประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยกว่ากรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 0.050668, 0.017235 และ 0.007496 ตามลำดับ และการทำนายที่ระดับ 0.05 มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ชุดข้อมูลเท่ากับ 0.68, 0.916667 และ 0.969697 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ที่ประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 กรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยกว่ากรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 0.027790, 0.039099 และ 0.023096 ตามลำดับ และการทำนายที่ระดับ 0.05 มีค่าเท่ากัน 2 ชุดข้อมูลและมากกว่า 1 ชุดข้อมูลเท่ากับ 0.821, 0.700 และ 0.957447 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมเดลด้วยการอุปมากรณีที่ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลให้ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีความถูกต้องมากกว่ากรณีที่ไม่ถ่วงน้ำหนัก

การเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบสของวิธี Analogy-SE ทำการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณ จากผลการทดลอง โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนคลาส 103 คลาสในเคสเบส เปรียบเทียบกับโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลโปรแกรมการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนคลาส 150 คลาสในเคสเบส ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่า ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ที่ประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยลง เท่ากับ 0.023710 และ 0.030009 ตามลำดับ และมีการทำนายที่ระดับ 0.05 มากขึ้น เท่ากับ 0.928571 และ 0.75 เมื่อเปรียบเทียบกับ โมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุด

ข้อมูลสอน ชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์ เท่ากับ 0.027790 และ 0.039099 ตามลำดับ และมีการทำนายที่ระดับ 0.05 เท่ากับ 0.821429 และ 0.7 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อมีจำนวนกรณีในฐานข้อมูลมากขึ้น ผลทำให้การประมาณค่ามีขนาดความผิดพลาดน้อยลง เป็นไปตามหลักการประมาณค่าด้วยการอุปมานั่นคือการประมาณค่าจะมีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อมีชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่ามากขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบวิธี Analogy-SE กับวิธี Analogy-X ทำการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลโปรแกรมด้านการจัดการภาพ และโปรแกรมด้านการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ที่ประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 วิธี Analogy-SE มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยกว่าวิธี Analogy-SE เท่ากับ 0.050668, 0.017235 และ 0.007496 ตามลำดับ และการทำนายที่ระดับ 0.05 วิธี Analogy-SE ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีความถูกต้อง 66.67% และการประมาณค่าโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ที่ประมาณค่าจากโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 วิธี Analogy-SE มีค่าเฉลี่ยขนาดความผิดพลาดสัมพันธ์น้อยกว่าวิธี Analogy-X เท่ากับ 0.027790, 0.039099 และ 0.023096 ตามลำดับ และการทำนายที่ระดับ 0.05 วิธี Analogy-SE ผลลัพธ์จากการประมาณค่ามีความถูกต้อง 66.67% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์จากวิธี Analogy-SE คิดเป็น 66.67% มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Analogy-X

งานวิจัยนี้เสนอระเบียบวิธีสำหรับการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาด้วยระเบียบวิธีนี้ทำให้สามารถประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบโมเดลด้วยการอุปมาสามารถสร้างได้โดยเริ่มจากการการสร้างเคสเบสคลาสซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับการประมาณค่า แต่ละคลาสประกอบด้วย ค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด ต่อจากนั้นเป็นการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสโดยใช้การอุปมา ประกอบด้วยการเลือกกลุ่มย่อยตัววัดโดยพิจารณาทุกการจัดหมู่ตัววัดที่มีนัยสำคัญ โดยใช้ความสัมพันธ์แมนเทลและการทดสอบสุ่ม การตรวจจับกรณีคลาสที่ผิดปกติโดยใช้การวิเคราะห์ความไว และการสร้างโมเดลด้วยการอุปมาโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก โดยน้ำหนักของตัววัดคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ที่คำนวณระหว่างเมทริกซ์ระยะทางของความเสถียรเชิงตรรกะกับเมทริกซ์ระยะทางของตัววัด ทำให้ได้โมเดลด้วยการอุปมาที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับการประมาณค่า

7.2 ประโยชน์ของงานวิจัย

1) ได้ระเบียบวิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ สำหรับสร้างโมเดลด้วยการอุปมาเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

2) ได้เครื่องมือประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้การอุปมาจากแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

7.3 ข้อจำกัด

1) การสร้างโมเดลด้วยการอุปมาใช้ซอฟต์แวร์ที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีจำนวนคลาสสูงสุดคือ 72 คลาส หากนำไปประมาณค่าซอฟต์แวร์ที่มีขนาดใหญ่อาจมีผลกระทบต่อผลที่ได้จากการประมาณค่าได้

7.4 ข้อเสนอแนะ

1) ทำการเพิ่มตัววัดจากแผนภาพการออกแบบอื่นๆ เช่น แผนภาพยูสเคส แผนภาพกิจกรรม เป็นต้น เพื่อศึกษาว่าตัววัดใดมีความสัมพันธ์กับค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และทำให้ทราบรายละเอียดของโมเดลการออกแบบมากขึ้นด้วย

2) การหากรณีที่คล้ายคลึงกัน ใช้วิธีการอื่นในการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างคลาส และศึกษาผลลัพธ์จากการประมาณค่าของวิธีการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันแบบต่างๆ

3) ทำการสร้างโมเดลด้วยการอุปมา โดยศึกษาคุณภาพของซอฟต์แวร์ในด้านอื่นๆ เช่น ความสามารถในการทำความเข้าใจ เป็นต้น

7.5 ผลงานตีพิมพ์

ระหว่างดำเนินงานวิทยานิพนธ์ได้ตีพิมพ์ผลงานวิจัย หัวข้องานวิจัยชื่อ “Estimating Software Logical Stability Using Analogy from Class and Sequence Diagrams” ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ครั้งที่ 6 (The 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2009)) ซึ่งจัดขึ้นที่จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม พ.ศ.2552 รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ช

รายการอ้างอิง

[1] ISO/IEC 9126:1991, Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use, International Organization for Standardization.

[2] Yau, S. S. and Collofello J. S. Some Stability Measures for Software Maintenance. IEEE Transactions on Software Engineering. 6 (1980): 545-552.

[3] Li, J and Conradi R. Issues of Implementing the Analogy-based Effort Estimation in a Large IT Company. Proceeding of the First International Workshop on Software Productivity Analysis and Cost Estimation, 2007.

[4] Elsih, M. O. and Rine D. Investigation of Metrics for Object-Oriented Design Logical Stability. Proceeding of the Seventh European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR'03, 2003.

[5] ศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์. การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะจากแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

[6] Aamodt, A. and Plaza, E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches, AI Communication. 7 (March 1994): 39-59.

[7] Grosser, D. Sahraoui, H. A. and Valtchev, P. An Analogy-based Approach for Predicting Design Stability of Java Classes. Proceeding of the Ninth International Software Metrics Symposium, 2003.

[8] Shapped, M. Schofield C. and Kitchenham B. Effort Estimation Using Analogy. Proceeding of 18th International Conference on Software Engineering, 1996.

[9] Keung, J. W. Providing statistical inference to case-based software effort estimation. Doctoral thesis, School of Computing Science and Engineering, University of New South Wales. 2007.

[10] Auer, M. et al. Optimal Project Feature Weights in Analogy-Based Cost Estimation: Improvement and Limitations. IEEE Transaction on Software Engineering. 32 (February 2006): 83-92.

[11] Keung, J. W. and Kitchenham B. Optimising Project Feature Weights for Analogy-based Software Cost Estimation using the Mantel Correlation. Proceedings of the 14th Asia-Pacific Software Engineering Conference, 2007.

[12] Mendes, E. and Mosley N. Further Investigation into the Use of CBR and Stepwise Regression to Predict Development Effort for Web Hypermedia Application. Proceedings of the 2002 International Symposium on Empirical Software Engineering, 2002.

[13] Shapped, M. and Schofield C. Estimating Software Project Effort Using Analogies, IEEE Transaction on Software Engineering. 23 (November 1997): 738-743.

[14] Arnold, R. S. and Bohner S. A. Impact Analysis – Towards A Framework for Comparison. Proceedings of the Conference on Software Maintenance, 1993.

[15] Li, L. and Offutt J. Algorithmic Analysis of the Impact of Changes to Object-Oriented Software. Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, 1996.

[16] Kung, D. Gao J. Hsia P. Wen F. Toyoshima Y. and Chen C. Change Impact Identification in Object Oriented Software Maintenance. Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, 1994.

[17] Booch, G. Rumbaugh J. and Jacobson I. The Unified Modeling Language User Guide. Addison Wesley Longman, Inc., 1999.

[18] Manly, B. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. 2nd ed. Chapman & Hall/CRC, 1997.

[19] Mantel, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. Cancer Research. 27 (February 1967): 209-220.

[20] Marriott, F.H.C. Barnard's Monte Carlo tests: How many simulations?, Applied Statistics. 28 (1979): 75-77.

[21] Manly, B. Multivariate Statistical Methods – A Primer, Second Edition ed, Chapman & Hall/CRC, 1998.

[22] Cont, S. Dunsnore H. and Shen V. Software Engineering Metrics and Models. California: Benjamin/Cummings, 1986.

[23] MagicDraw UML home page[Computer software]. Available from : http://www.magicdraw.com [2008, April 20]

[24] SDMetircs home page[Computer software]. Available from : http://www.sdmetrics.com. [2008, April 20]

[25] Open source software[Computer software]. Available from : http://freshmeat.net [2008, April 20]

[26] Open source software[Computer software]. Available from : http://www.planet-source-code.com [2008, April 20]

[27] Open source software[Computer software]. Available from : https://sourceforge.net [2008, April 20]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

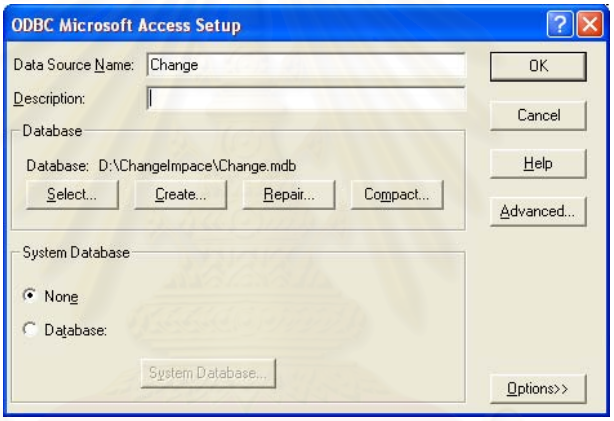
ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

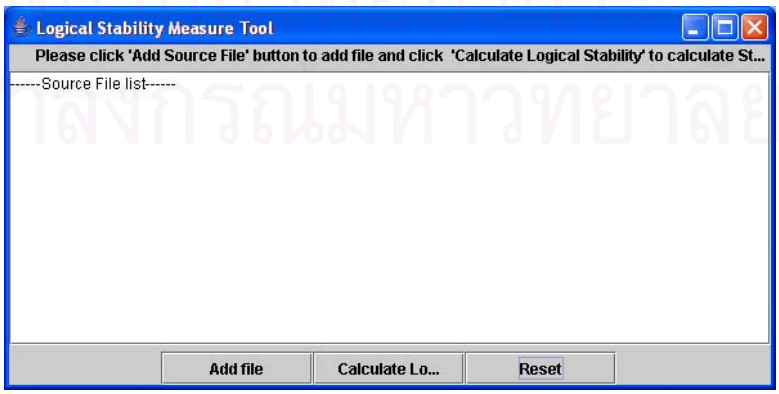
การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส

ส่วนนี้นำเสนอขั้นตอนการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสของโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม ChangeImpact ซึ่งพัฒนาโดยนายศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์ โปรแกรม ChangeImpact เป็นโปรแกรมคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส จากการจำลองการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้ไปยังรหัสต้นฉบับภาษาจาวา ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสทั้งหมดในโปรแกรม การใช้งานโปรแกรมจะต้องกำหนดที่จัดเก็บข้อมูลผลลัพธ์ด้วยการใช้โอดีบีซี กำหนดดาต้าซอร์สเนม ชื่อ “Change” และไฟล์ดาต้าเบสชื่อ “Change.mdb” แสดงได้ดังรูปที่ ก-1



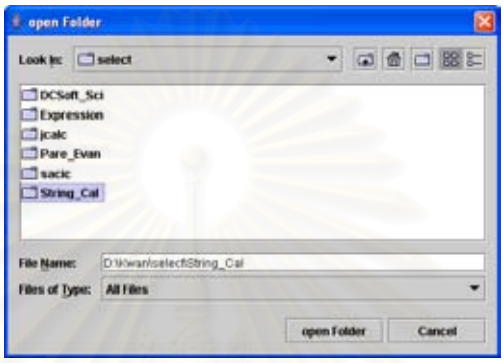
รูปที่ ก-1 การตั้งค่าโอดีบีซีเพื่อกำหนดดาต้าซอฟร์สเนมชื่อ “Change”

การคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส มีการทำงานผ่านทางส่วนต่อประสานผู้ใช้โดยเมื่อเปิดโปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ ก-2



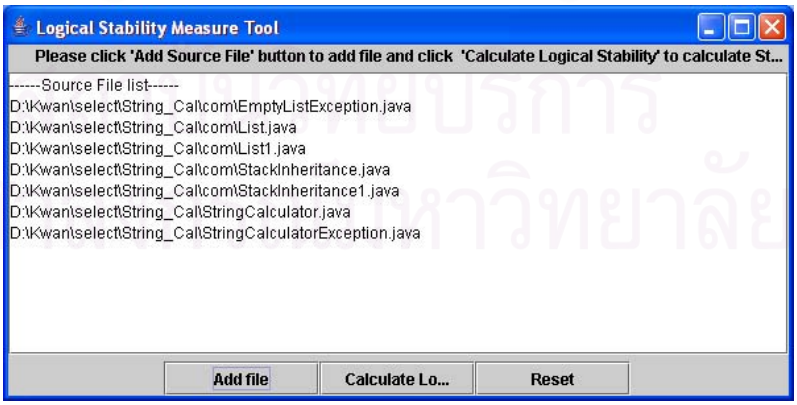
รูปที่ ก-2 หน้าต่างการทำงานหลักของโปรแกรม ChangeImpact

ทำการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับที่ต้องการหาค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส เลือกเมนู Add file ดังแสดงในรูปที่ ก-2 จากนั้นจะแสดงหน้าต่าง Open folder ทำการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับภาษาจาวาของโปรแกรมที่ต้องการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส ดังแสดงในรูปที่ ก-3 จากนั้นโปรแกรมจะทำการอ่านค่าไฟล์รหัสต้นฉบับทั้งหมดในโฟลเดอร์นั้น และโฟลเดอร์ย่อย

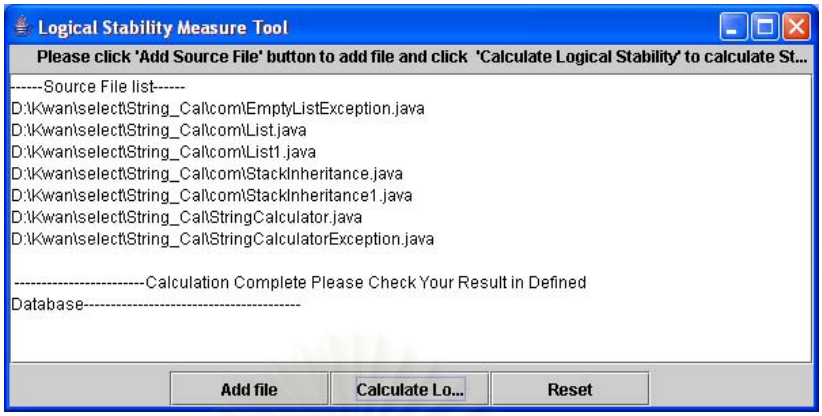


รูปที่ ก-3 หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับ

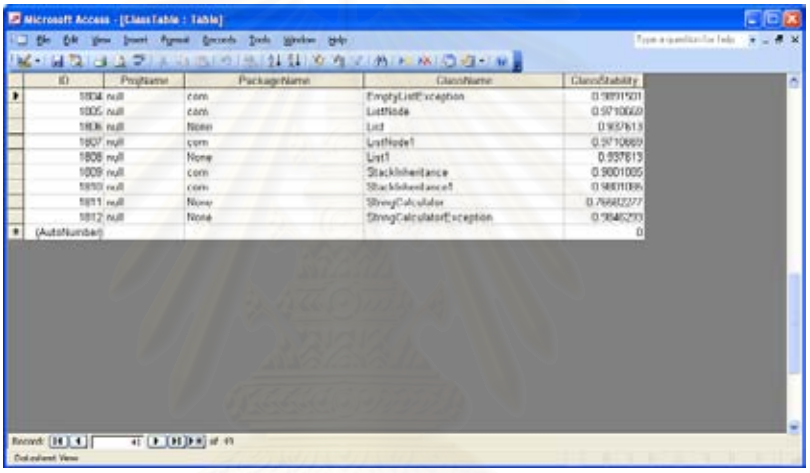
เมื่อทำการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงรายการของไฟล์ที่เลือกทั้งหมดทางหน้าต่าง Logical stability measure tool ดังแสดงในรูปที่ ก-4 จากนั้นทำการเลือกเมนู Calculate logical stability of selected file โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส แล้วบันทึกผลลงในฐานข้อมูลที่ระไว้ให้อัตโนมัติ แล้วมีข้อความแจ้งเมื่อทำงานเสร็จให้ผู้ใช้ทราบดังแสดงในรูปที่ ก-5 และตัวอย่างผลลัพธ์ของค่าความเสถียรเชิงตรรกะแสดงได้ดังรูปที่ ก-6



รูปที่ ก-4 หน้าต่างรายการของไฟล์ต้นฉบับที่เลือก



รูปที่ ก-5 หน้าต่างการคำนวณค่าความเสถียรเชิงตรรกะเมื่อทำงานเสร็จ



รูปที่ ก-6 หน้าต่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่ได้จากการคำนวณ

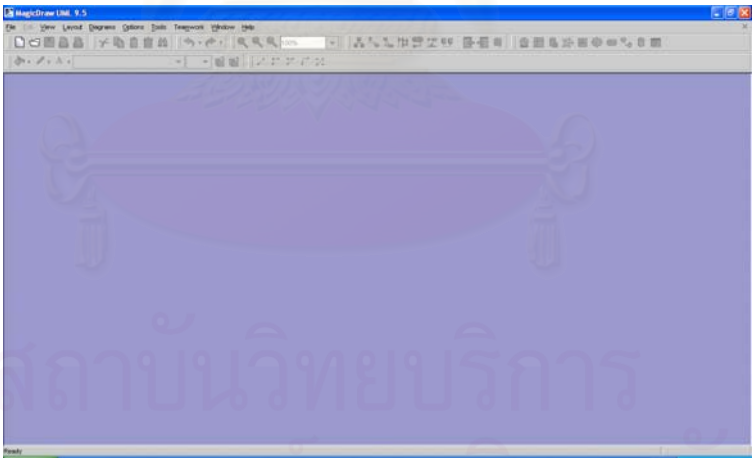
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

การแปลงรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ MagicDraw UML เวอร์ชัน 9.5 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับวาดแผนภาพยูเอ็มแอล และมีความสามารถในการแปลงกลับแผนภาพจากรหัสต้นฉบับ ในส่วนนี้จะแสดงการทำงานในส่วนของการแปลงกลับแผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับจากรหัสต้นฉบับ มีรายละเอียดดังนี้

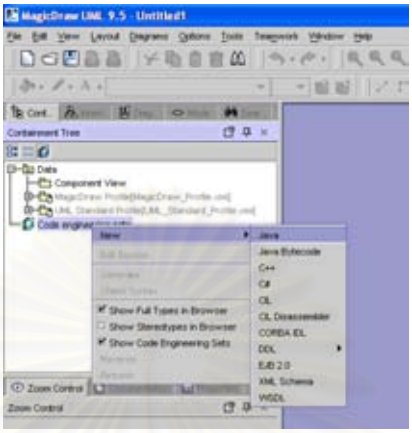
หน้าจอหลักของโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ ข-1 เริ่มต้นโดยทำการเลือกเมนู File>New project เพื่อสร้างโปรเจคใหม่ จากนั้นจะแสดงหน้าต่างย่อยทางซ้ายมือของโปรแกรม ซึ่งแสดงรายละเอียดโครงสร้างและองค์ประกอบของโปรเจคที่สร้าง องค์ประกอบหลักของโปรเจคคือ Code engineering sets เป็นองค์ประกอบสำหรับสร้าง ระบุและทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับรหัสต้นฉบับและการแปลงกลับแผนภาพด้วย การแปลงกลับแผนภาพ เริ่มจากสร้าง Code engineering sets โดยคลิกขวาที่ Code engineering sets เลือกคำสั่ง New และเลือกภาษาจาวา ดังแสดงในรูปที่ ข-2 จากนั้นจะแสดงหน้าต่างองค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ข-3



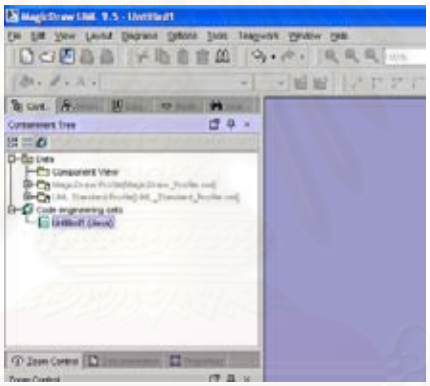
รูปที่ ข-1 หน้าต่างหน้าจอหลักของโปรแกรม MagicDraw UML

เมื่อทำการสร้าง Code engineering sets แล้ว จากนั้นนำเข้าไฟล์รหัสต้นฉบับของโปรแกรมที่ต้องการแปลงกลับ โดยคลิกขวาที่ Code engineering sets แล้วเลือกคำสั่ง Edit จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Round trip set สำหรับเลือกรายการของไฟล์รหัสต้นฉบับที่ต้องการ ดังรูปที่ ข-4 ในการเลือกไฟล์สามารถเลือกได้ 3 แบบคือ เลือกไฟล์เดียวโดยใช้คำสั่ง Add เลือกทั้งหมดโดยใช้คำสั่ง Add all และเลือกแบบวนกลับโดยใช้คำสั่ง Add recursively โดยการ

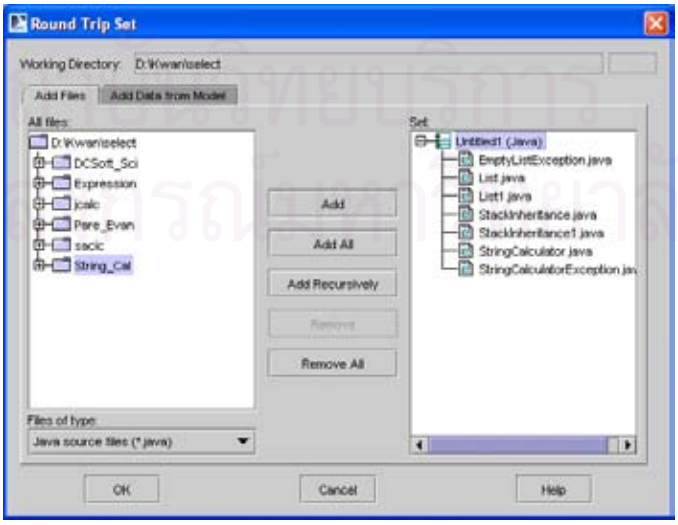
เลือกแบบวนกลับคือการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับตามประเภทที่กำหนดในไดเรกทอรีปัจจุบัน และไดเรกทอรีย่อยทั้งหมดโดยอัตโนมัติ



รูปที่ ข-2 หน้าต่างการสร้าง Code engineering sets

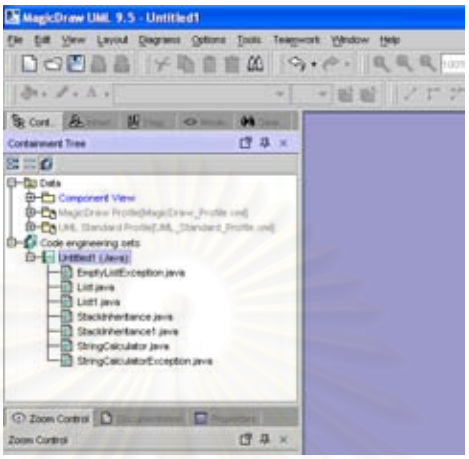


รูปที่ ข-3 หน้าต่าง Code engineering sets ที่สร้างขึ้น



รูปที่ ข-4 หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับนำเข้า

หลังจากทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการเข้าสู่โปรเจคแล้ว องค์ประกอบของ Code engineering sets แสดงรายการของไฟล์รหัสต้นฉบับที่ได้นำเข้าในส่วน Code engineering sets ดังรูปที่ ข-5

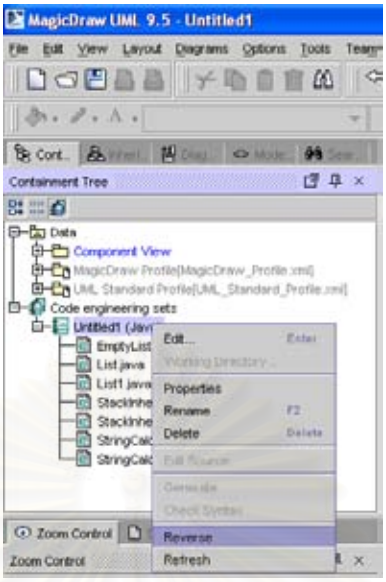


รูปที่ ข-5 หน้าต่างรายละเอียดของไฟล์รหัสต้นฉบับที่เลือก

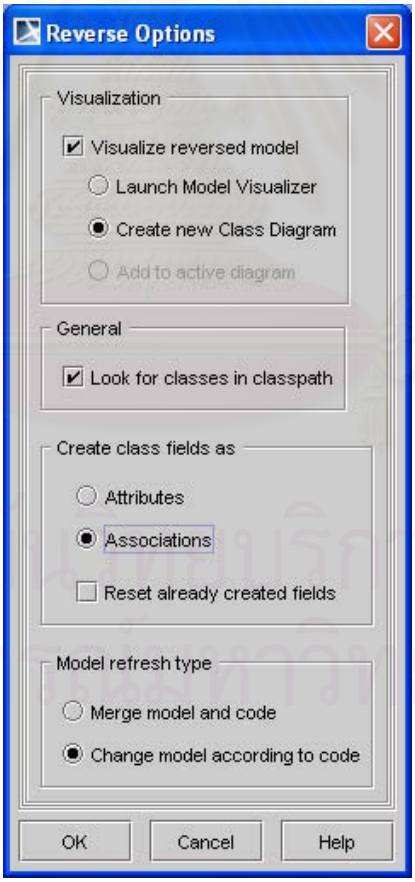
การแปลงกลับรหัสต้นฉบับเป็นแผนภาพคลาส ทำโดยคลิกขวาที่ Code engineering sets เลือกคำสั่ง Reverse ดังแสดงในรูปที่ ข- 6 จากนั้นจะแสดงหน้าต่างตัวเลือกในการแปลงกลับ ซึ่งมี 4 ตัวเลือก ให้ผู้ใช้กำหนดค่าดังแสดงในรูปที่ ข-7 โดยแต่ละส่วนของหน้าต่าง Reverse Options มีรายละเอียดดังนี้

- ตัวเลือก Visualization คือตัวเลือกในการสร้างแผนภาพที่ได้จากการแปลงกลับโดยสามารถเลือกให้แสดงตัวช่วยสร้างแผนภาพ และสร้างแผนภาพคลาสได้
- ตัวเลือก General คือตัวเลือกให้โปรแกรมทำการมองหาคลาสเพิ่มเติมในคลาสพาธหรือไม่
- ตัวเลือก Create class field as คือตัวเลือกการแสดงผลความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส ให้อยู่ในรูปแบบของแอททริบิวต์ของอีกคลาส หรือแสดงเป็นความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน
- ตัวเลือก Model refresh type คือตัวเลือกเงื่อนไขการทำให้โมเดลและรหัสต้นฉบับสอดคล้องกัน โดยมีตัวเลือกคือ ให้ทั้งโมเดลและรหัสต้นฉบับทำการแก้ไขให้สอดคล้องกันเมื่อมีการแก้ไขฝ่ายหนึ่งฝ่ายใด หรือให้โมเดลทำการแก้ไขให้สอดคล้องกับรหัสต้นฉบับเพียงฝ่ายเดียว

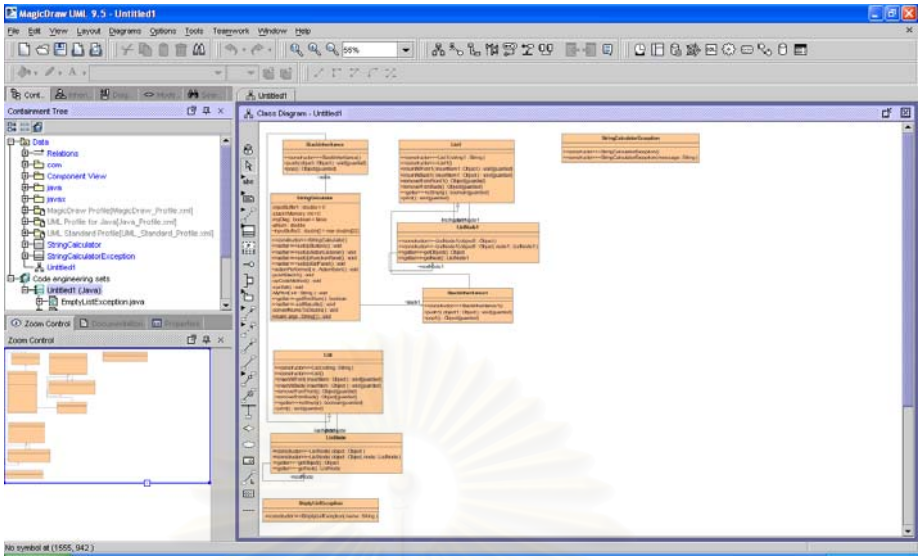
จากนั้นเมื่อทำการแปลงกลับข้อมูลเสร็จสิ้น โปรแกรมจะแสดงแผนภาพคลาส ดังแสดงในรูปที่ ข-8



รูปที่ ข-6 หน้าต่างการเลือกคำสั่ง Reverse เพื่อแปลงกลับแผนภาพ

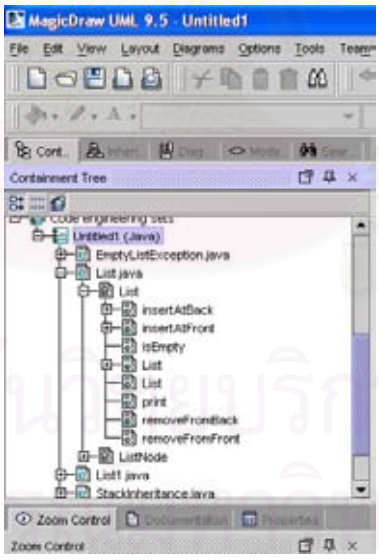


รูปที่ ข-7 หน้าต่างการกำหนดค่าการแปลงกลับแผนภาพ



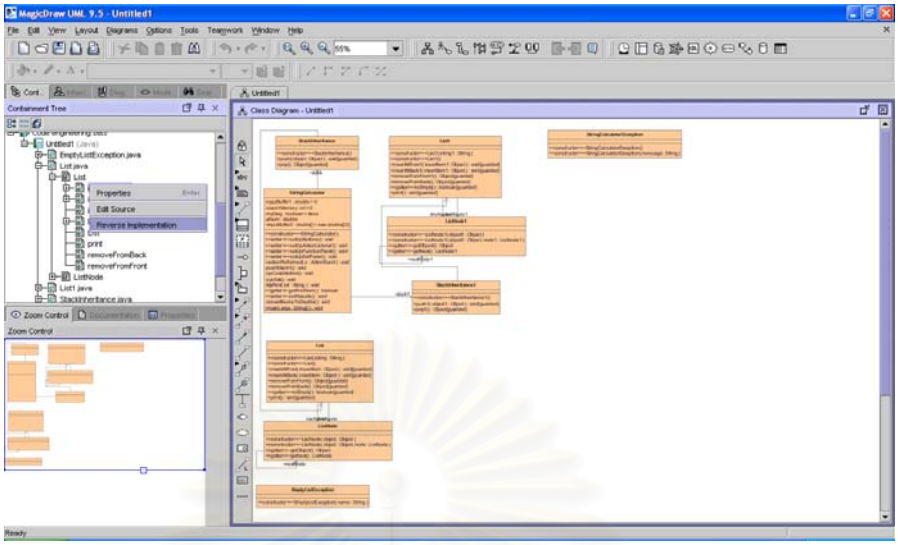
รูปที่ ข-8 หน้าต่างแผนภาพคลาสที่ได้จากการแปลงกลับ

เมื่อทำการแปลงกลับข้อมูลจากรหัสต้นฉบับพร้อมทั้งแผนภาพคลาสเสร็จสิ้นแล้ว จะแสดงการเปลี่ยนแปลงรายการไฟล์รหัสต้นฉบับ โดยจะมีรายการของคลาส แอททริบิวต์ และเมท็อดที่อยู่ในแต่ละไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ ข-9



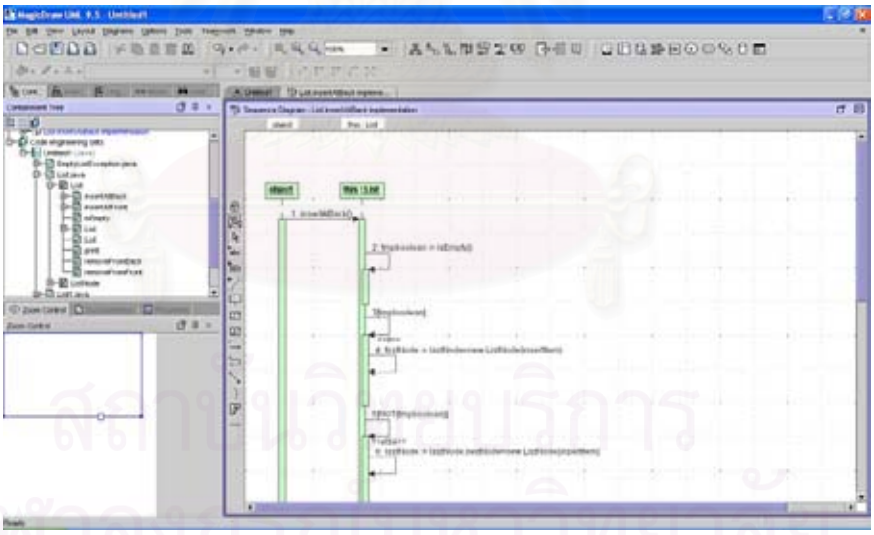
รูปที่ ข-9 หน้าต่างรายการของคลาส แอททริบิวต์ และเมท็อด

การแปลงกลับแผนภาพลำดับ ทำได้โดยทำการเลือกเมท็อดที่ต้องการ จากนั้นคลิกขวาที่เมท็อดแล้วเลือกคำสั่ง Reverse implementation ดังแสดงในรูปที่ ข-10



รูปที่ ข-10 หน้าต่างการแปลงกลับแผนภาพลำดับ

เมื่อทำการแปลงกลับแผนภาพลำดับเสร็จสิ้นแล้วจะแสดงแผนภาพลำดับในหน้าต่างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ ข-11 ทั้งนี้ในงานวิจัยต้องทำการแปลงกลับแผนภาพลำดับของทุก เมท็อดในทุกคลาส เพื่อให้ได้รายละเอียดมากที่สุด



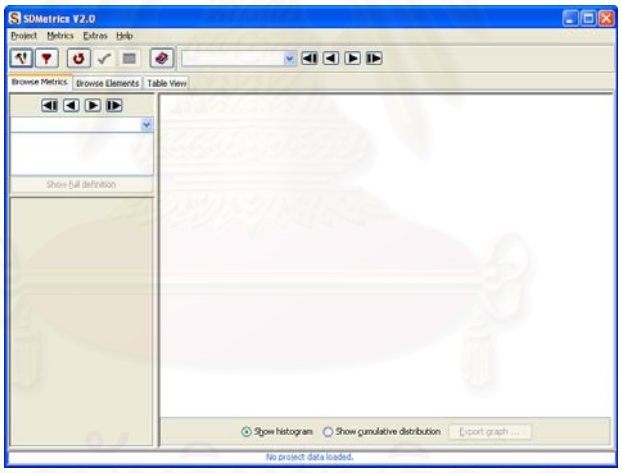
รูปที่ ข-11 หน้าต่างแผนภาพลำดับที่ได้จากการแปลงกลับ

ภาคผนวก ค

การวัดค่าตัววัดการออกแบบ

ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SDMetrics ในการวัดค่าตัววัดการออกแบบ โปรแกรม SDMetric เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณค่าตัววัดการออกแบบ โดยรับค่าแผนภาพที่อยู่ในรูปแบบไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล หรือเอ็กซ์เอ็มไอ แล้วทำการอ่านค่าแผนภาพที่ต้องการตามที่มีการระบุไว้ในไฟล์ Metamodel definition โดยวิธีการในการอ่านค่าแผนภาพจากไฟล์ข้อมูลแผนภาพต้องระบุไว้ในไฟล์ XMI transformation จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลแผนภาพที่ต้องการแล้วจึงทำการคำนวณค่าตัววัดการออกแบบต่างๆ ตามที่มีการระบุไว้ในไฟล์ Metrics definition

หน้าต่างการทำงานหลักของโปรแกรม SDMetrics แสดงดังรูปที่ ค-1 โดยจะมีเมนูคำสั่งและปุ่มคำสั่งต่างๆ อยู่ด้านบน และมีการแสดงผลการคำนวณตัววัดต่างๆ อยู่ด้านล่าง



รูปที่ ค-1 หน้าต่างหน้าจอหลักของโปรแกรม SDMetrics

ในการคำนวณตัววัดการออกแบบจะต้องทำการตั้งค่าโปรเจคเพื่อระบุข้อมูลที่จำเป็นดังนี้

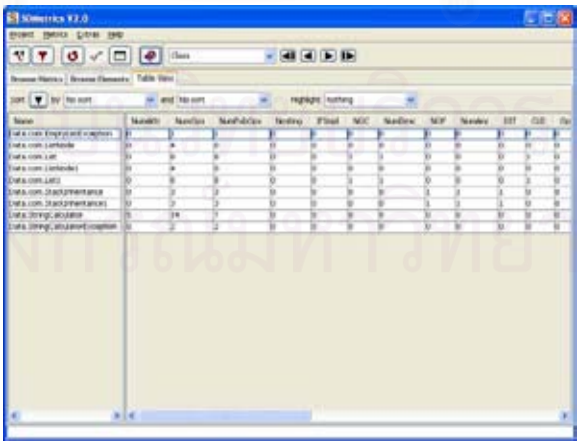
1. ไฟล์ของข้อมูลแผนภาพ
2. ไฟล์ Metamodel definition ที่ต้องการใช้
3. ไฟล์ XMI transformation ที่ต้องการใช้
4. ไฟล์ Metrics definition ที่ต้องการใช้

การตั้งค่าโปรเจคสามารถทำได้โดยการเลือกคำสั่ง Project>Project File Setting บนแถบเมนูด้านบน จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าจอสำหรับการตั้งค่าโปรเจคดังรูปที่ ค-2

รูปที่ ค-2 หน้าต่างการตั้งค่าโปรเจคที่ต้องการวัดค่าตัววัด

จากรูปที่ ค-2 ผู้ใช้จะต้องทำการเลือกไฟล์ข้อมูลแผนภาพที่ต้องการ โดยคลิกปุ่ม Browse เพื่อเลือกไฟล์ที่ต้องการวัดค่าตัววัด ไฟล์ Metamodel definition ไฟล์ XMI transformation และไฟล์ Metrics definition ผู้ใช้สามารถเลือกไฟล์ที่ต้องการโดยการคลิกปุ่ม Browse ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ผู้ใช้ต้องทำการเลือก ไฟล์ Metamodel definition และไฟล์ XMI transformation ที่กำหนดไว้สำหรับงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ เช่นเดียวกับไฟล์ Metrics definition ซึ่งต้องเลือกใช้ไฟล์ที่กำหนดไว้เช่นกัน ยกเว้นเพียงแต่ไฟล์ Metrics definition ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมี 2 ไฟล์ด้วยกันตามประเภทของซอฟต์แวร์ที่ต้องการ โดยผู้ใช้ต้องทำการเลือกให้ถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ใช้ Metrics definition ซึ่งเป็นข้อกำหนดของตัววัดการออกแบบ 21 ตัววัด นำมาจากงานวิจัยของศุภวัชร์ รังสิยวัฒน์

หลังจากทำการตั้งค่าโปรเจคเสร็จสิ้นแล้วสามารถทำการคำนวณตัววัดการออกแบบได้โดยเลือกคำสั่ง Metrics>Calculate metrics บนแถบเมนู หรือคลิกปุ่ม บนแถบเครื่องมือ จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าตัววัดการออกแบบโดยอัตโนมัติแล้วจึงแสดงผลเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้น ดังแสดงในรูปที่ ค-3



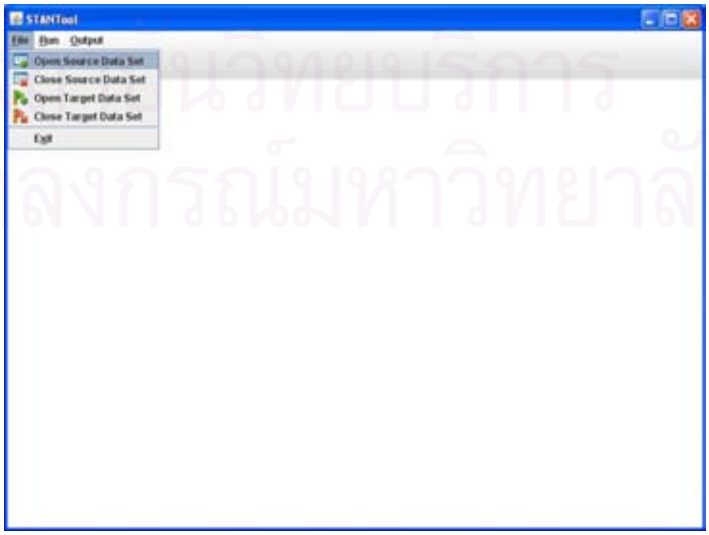
รูปที่ ค-3 *หน้าต่างค่าตัววัดที่ได้จากการวัด*

ภาคผนวก ง

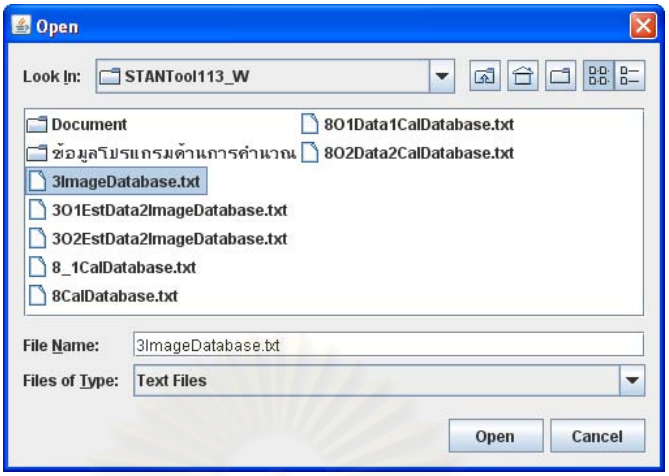
คู่มือการใช้งาน STANTool

ในบทนี้จะอธิบายถึงการใช้งานเครื่องมือ STANTool เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำนายความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสด้วยการอุปมาตามวิธี Analogy-SE โดยที่ในการประมาณค่าจะต้องมีข้อมูลนำเข้า 2 ชุดคือ ชุดข้อมูลต้นฉบับ เป็นชุดข้อมูลของกลุ่มของคลาส แต่ละคลาสประกอบด้วยค่าความเสถียรเชิงตรรกะ และค่าตัววัด 21 ตัววัด โดยแถวแรกของไฟล์ข้อมูลคือ ชื่อคลาส แถวที่ 2 คือค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส แถวที่ 3 ถึงแถวที่ 23 คือค่าตัววัดที่ 1 ถึงตัววัดที่ 21 ของชุดข้อมูลคลาส และชุดข้อมูลเป้าหมาย เป็นชุดข้อมูลของกลุ่มของคลาสที่ต้องการประมาณค่า แต่ละคลาสประกอบด้วยค่าตัววัด 21 ตัววัด โดยแถวแรกของไฟล์ข้อมูลคือชื่อคลาส แถวที่ 2 ถึงแถวที่ 22 คือค่าตัววัดที่ 1 ถึงตัววัดที่ 21 ไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับและไฟล์ข้อมูลเป้าหมายเป็นไฟล์ .txt วิธีการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสและการดูข้อมูลต่างๆ เช่น รายชื่อของตัววัดที่ได้รับเลือก ค่าความสัมพันธ์แมนเทล เป็นต้น จะทำการอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนในการประมาณค่า มีรายละเอียดดังนี้

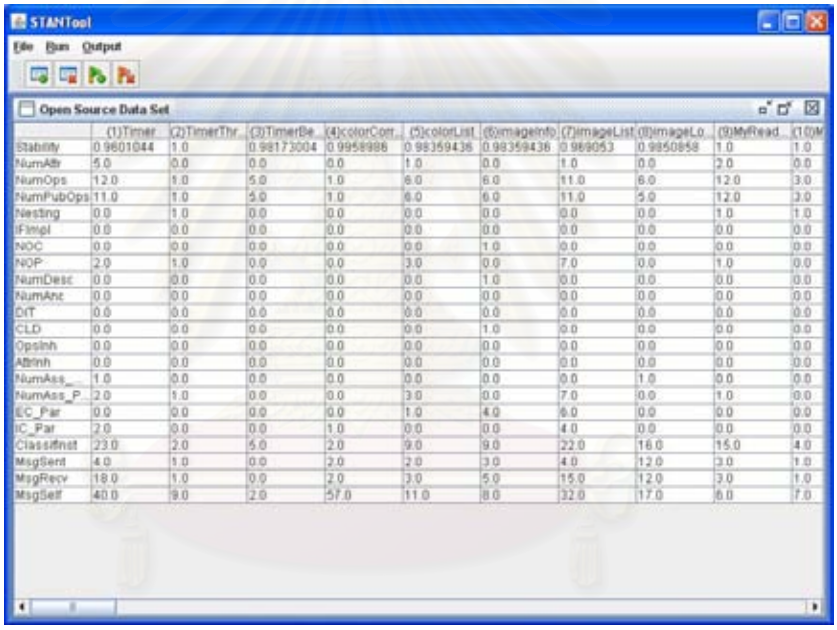
1. ผู้ใช้งานกำหนดข้อมูลต้นฉบับที่ต้องการนำมาใช้ประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยใช้แมนู File>Open source data set หรือคลิกปุ่ม บนแถบเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ง-1 หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้เลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับ ดังแสดงในรูปที่ ง-2 และเมื่อทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการนำเข้าแล้ว คลิกปุ่ม Open จากนั้นไฟล์ข้อมูลต้นฉบับที่เลือกจะแสดงบนหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ ง-3



รูปที่ ง-1 หน้าต่างการเลือกไฟล์ชุดข้อมูลต้นฉบับที่ต้องการนำเข้า

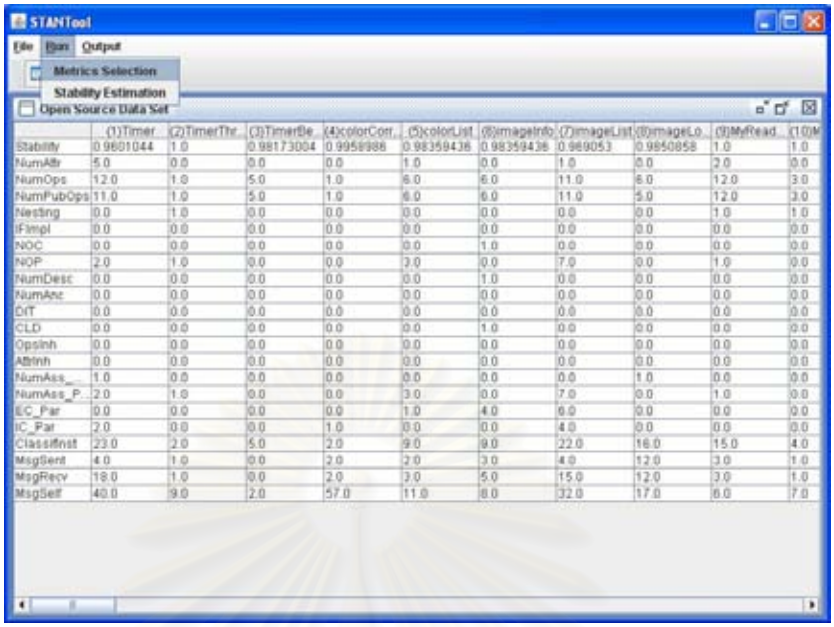


รูปที่ ง-2 หน้าต่างการเลือกไฟล์รหัสต้นฉบับเข้าสู่โปรแกรม

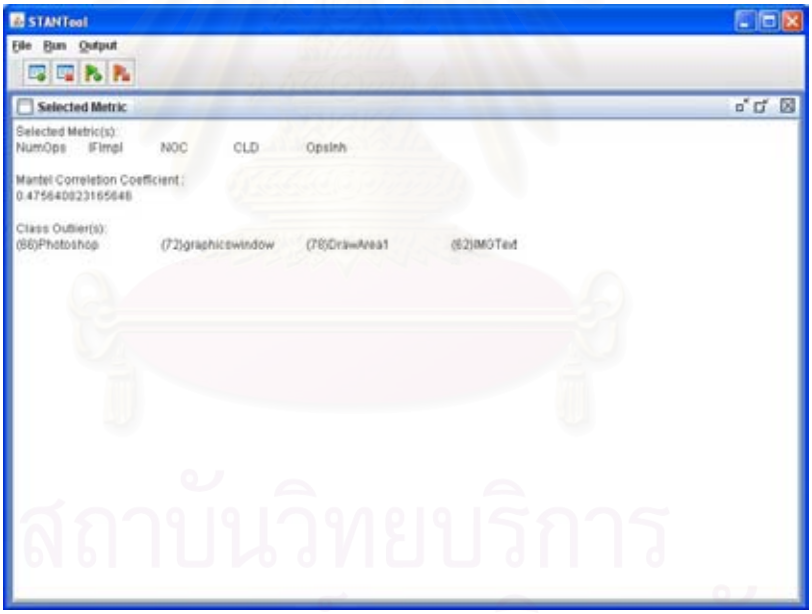


รูปที่ ง-3 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลต้นฉบับ

2. ผู้ใช้งานเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะ เมื่อมีชุดข้อมูลต้นฉบับ ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส กับค่าตัววัดต่างๆ สามารถเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะโดยเลือกเมนู Run>Metrics selection ดังแสดงในรูปที่ ง-4 จากนั้นโปรแกรมจะทำการเลือกกลุ่มหนึ่งที่เหมาะสมของตัววัดที่มีนัยสำคัญ และตัดคลาสที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลต้นฉบับ เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จจะแสดงหน้าต่าง Selected metric แสดงข้อมูล ตัววัดที่ได้รับเลือก ความสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดที่มีค่ามากที่สุด และคลาสที่ผิดปกติจากชุดข้อมูลต้นฉบับ ดังแสดงในรูปที่ ง-5

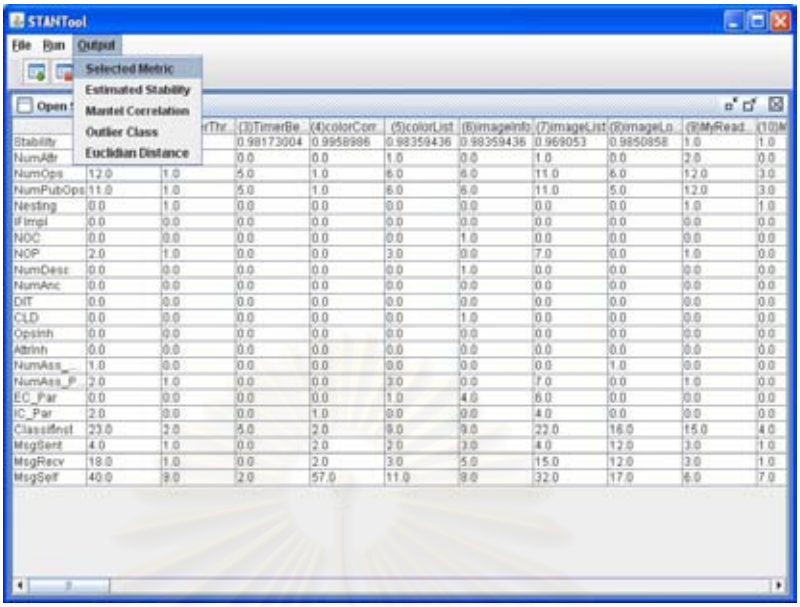


รูปที่ ง-4 หน้าต่างเมนูคำสั่งการเลือกตัววัดที่มีนัยสำคัญ

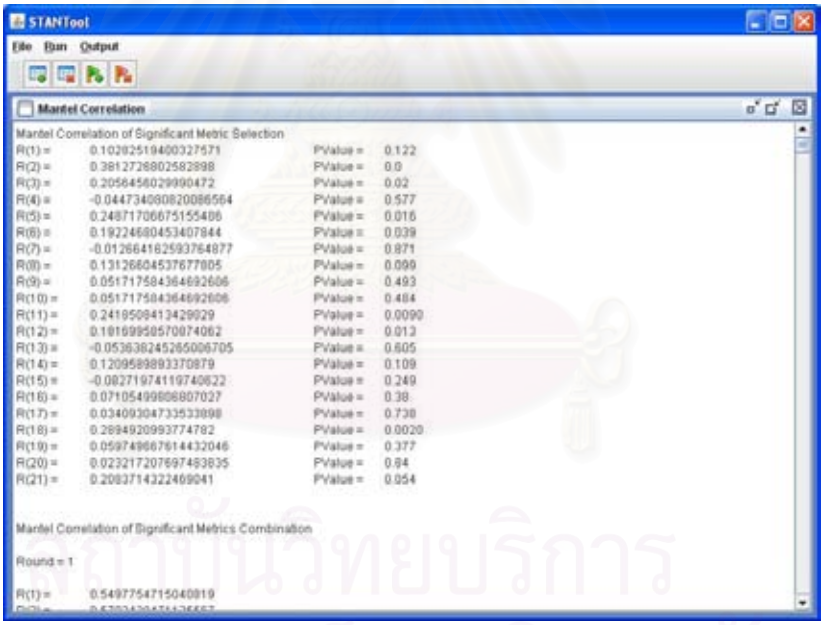


รูปที่ ง-5 หน้าต่างตัววัดที่มีนัยสำคัญของชุดข้อมูลนำเข้า

3. ผู้ใช้งานสามารถดูค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ค่าพี และตัววัดที่มีนัยสำคัญกับค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้ โดยเลือกเมนู Output>Mantel correlation ดังแสดงในรูป ง-6 และข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ค่าพี และตัววัดที่มีนัยสำคัญของชุดข้อมูลต้นฉบับแสดงดังรูป ง-5

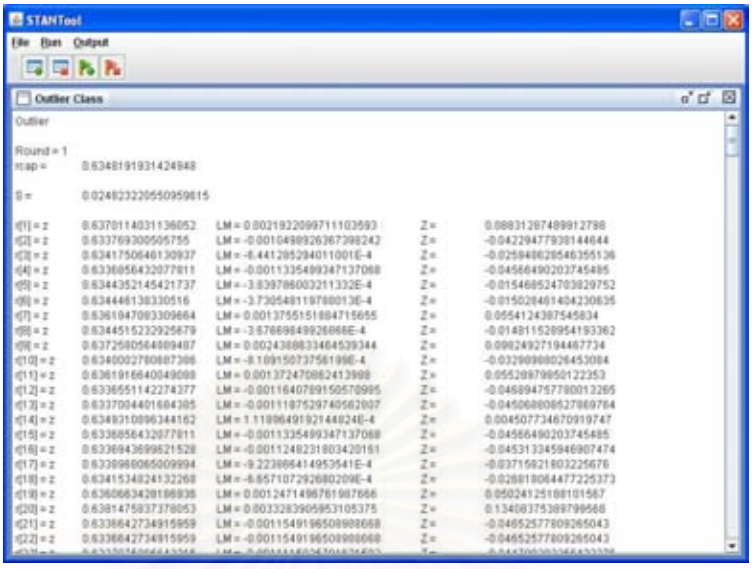


รูปที่ ง-6 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลเป้าหมาย



รูปที่ ง-7 หน้าต่างค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล และค่าพี

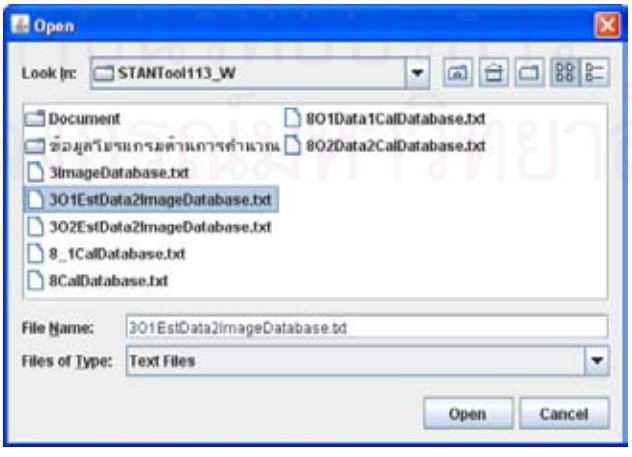
4. ผู้ใช้งานสามารถดูคลาสที่ผิดปกติ R_i , LM_i และ z_i ได้ โดยเลือกเมนู Output>Outlier class ดังแสดงในรูป ง-6 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทล ค่าพี และตัววัดที่มีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูป ง-8



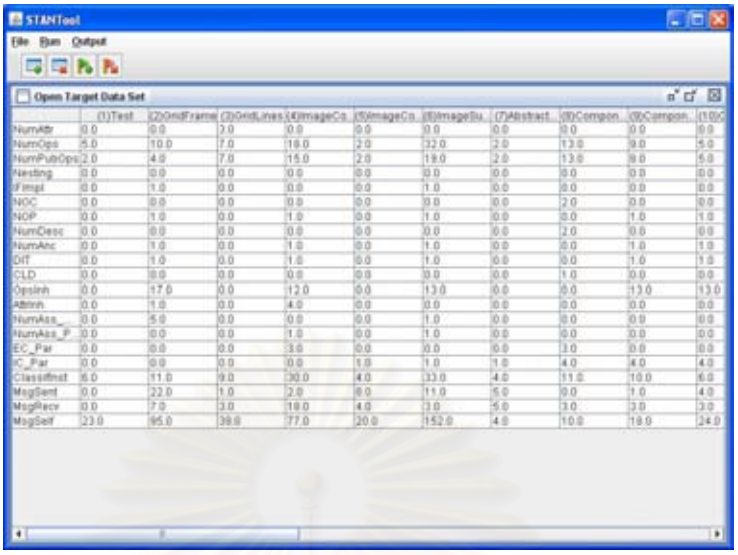
รูปที่ ง-8 หน้าต่างข้อมูลคลาสที่ผิดปกติของชุดข้อมูลต้นฉบับ

5. ผู้ใช้งานสามารถดูกลุ่มของตัววัดที่ได้รับเลือกเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัดดังกล่าว และคลาสที่ผิดปกติ โดยเลือกเมนู Output>Selected metric ดังแสดงในรูป ง-6 และข้อมูลของกลุ่มของตัววัดที่ได้รับเลือก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แมนเทลของกลุ่มตัววัด และคลาสที่ผิดปกติ แสดงได้ดังรูปที่ ง-5

6. ผู้ใช้งานสามารถกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการนำมาประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะได้ โดยเลือกเมนู File>Open target data set หรือปุ่มคีย์ลัด ดังแสดงในรูปที่ ง-6 จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Open ดังแสดงในรูปที่ ง-9 ให้เลือกไฟล์ชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่า เมื่อเลือกเสร็จแล้ว คลิกปุ่ม Open ชุดข้อมูลเป้าหมายจะแสดงในหน้าต่าง Open target data set ดังแสดงในรูปที่ ง-10

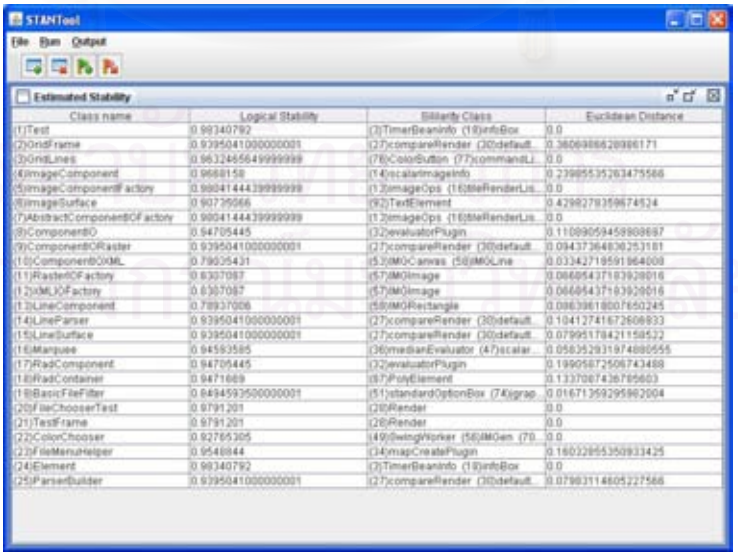


รูปที่ ง-9 หน้าต่างการเลือกชุดข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการประมาณค่า



รูปที่ ง-10 หน้าต่างข้อมูลของชุดข้อมูลเป้าหมาย

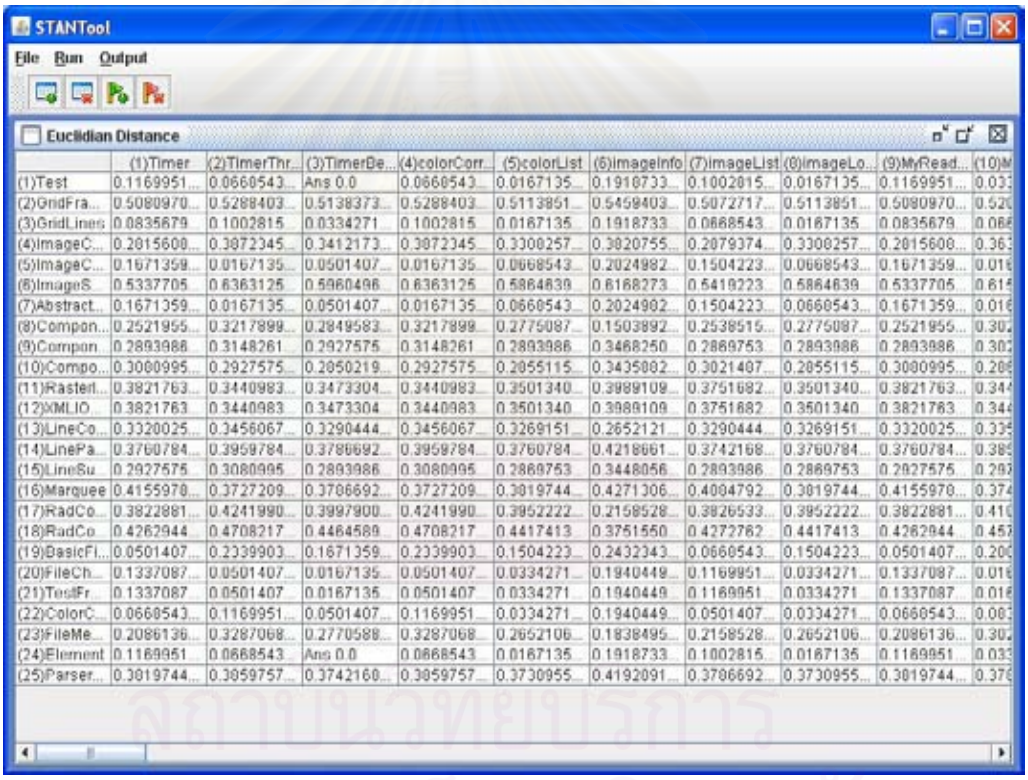
7. ผู้ใช้งานทำการประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่กำหนด เมื่อมีชุดข้อมูลต้นฉบับและชุดข้อมูลเป้าหมายเรียบร้อยแล้ว และทำการเลือกกลุ่มหนึ่งของตัววัดที่มีนัยสำคัญและตัดกรณีคลาสที่เป็นค่าผิดปกติเสร็จแล้ว การประมาณค่าของชุดข้อมูลเป้าหมายทำโดยเลือกเมนู Run>Stability estimation จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจจับกรณีคลาสที่คล้ายคลึงกันมากที่สุดโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นคำตอบของคลาสเป้าหมายที่กำลังประมาณค่า เมื่อทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะแสดง ค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสที่ได้จากการประมาณค่า ชื่อคลาสที่คล้ายคลึงกัน และค่าระยะทางแบบยุคลิด ดังแสดงในรูปที่ ง-11



รูปที่ ง-11 หน้าต่างค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาสเป้าหมายที่ได้จากการประมาณค่า

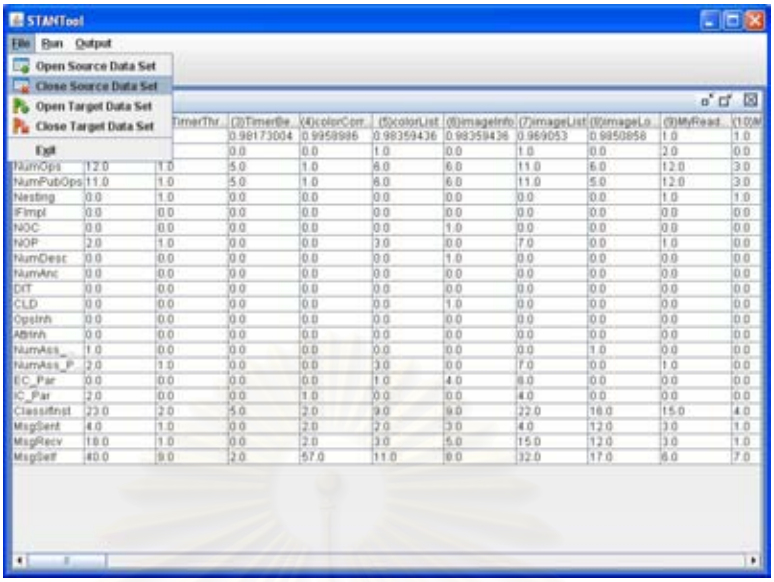
8. ผู้ใช้งานสามารถดูค่าความเสถียรเชิงตรรกะที่ได้รับการประมาณค่าของคลาสที่กำหนด คลาสต้นฉบับที่มีความคล้ายคลึง และค่าระยะทางแบบยุคลิด โดยเลือกเมนู Output>Estimated stability ดังแสดงในรูป ง-6 และค่าของคลาสที่กำหนด คลาสต้นฉบับที่มีความคล้ายคลึง และค่าระยะทางแบบยุคลิด ดังแสดงในรูป ง-11

9. ผู้ใช้งานสามารถดูค่าตารางระยะทางแบบยุคลิดของคลาสต้นฉบับและคลาสเป้าหมายได้ โดยเลือกเมนู Output>Euclidean distance ดังแสดงในรูป ง-6 และค่าตารางระยะทางแบบยุคลิดของคลาสต้นฉบับและคลาสเป้าหมาย และถ้าคลาสใดหรือกลุ่มของคลาสที่เป็นคลาสที่มีความคล้ายคลึงกับคลาสเป้าหมายมากที่สุด โปรแกรมจะแสดงคำว่า Ans หน้าค่าระยะทางที่คำนวณได้ของคลาสนั้นๆ แสดงในรูป ง-12



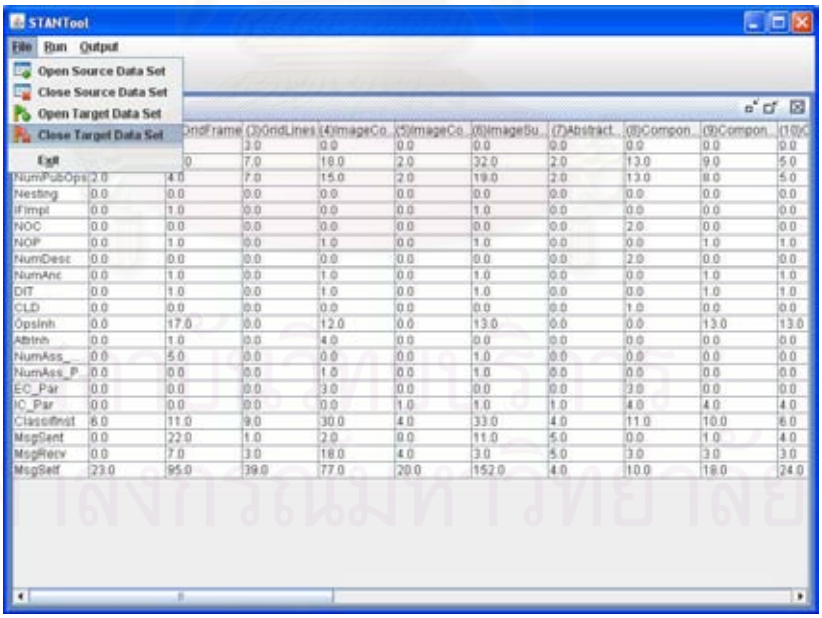
รูปที่ ง-12 หน้าต่างค่าระยะทางแบบยุคลิดระหว่างคลาสเป้าหมายกับคลาสต้นฉบับ

10. ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกชุดข้อมูลต้นฉบับเดิมเพื่อกำหนดชุดข้อมูลต้นฉบับใหม่ได้ โดยเลือกเมนู File>Close source data set หรือคลิกปุ่ม บนแถบเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ง-13



รูปที่ ง-13 หน้าต่างการปิดชุดข้อมูลต้นฉบับ

11. ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกชุดข้อมูลเป้าหมายเดิมเพื่อกำหนดชุดข้อมูลเป้าหมายใหม่ได้ โดยเลือกเมนู File>Close target data set หรือคลิกปุ่ม บนแถบเครื่องมือ ดังแสดงในรูป ง-14



รูปที่ ง-14 หน้าต่างการปิดชุดข้อมูลเป้าหมาย

ภาคผนวก จ

ผลลัพธ์จากการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-SE

ในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE โดยแบ่งเป็น 3 หัวข้อคือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก และผลลัพธ์จากการประมาณค่าเมื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบส

1. ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ จ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	Test	0.000	0.983408	0.986130	0.003
2	GridFrame	0.341	0.939504	0.817002	0.150
3	GridLines	0.000	0.963247	0.975839	0.013
4	ImageComponent	0.227	0.966816	0.915884	0.056
5	ImageComponentFactory	0.000	0.980414	0.983445	0.003
6	ImageSurface	0.406	0.907351	0.823714	0.102
7	AbstractComponentIOFactory	0.000	0.980414	0.981208	0.001
8	ComponentIO	0.105	0.947054	0.961074	0.015
9	ComponentIORaster	0.089	0.939504	0.924385	0.016
10	ComponentIOXML	0.032	0.790354	0.932439	0.152
11	RasterIOFactory	0.063	0.830709	0.980313	0.153
12	XMLIOFactory	0.063	0.830709	0.980313	0.153
13	LineComponent	0.082	0.789370	0.936465	0.157
14	LineParser	0.098	0.939504	0.962864	0.024
15	LineSurface	0.076	0.939504	0.930201	0.010
16	Marquee	0.055	0.945936	0.969128	0.024
17	RadComponent	0.188	0.947054	0.955705	0.009
18	RadContainer	0.126	0.947167	0.956152	0.009

ตารางที่ จ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
19	BasicFileFilter	0.016	0.849459	0.954362	0.110
20	FileChooserTest	0.000	0.979120	0.974944	0.004
21	TestFrame	0.000	0.979120	0.978971	0.000
22	ColorChooser	0.000	0.927653	0.971812	0.045
23	FileMenuHelper	0.152	0.954884	0.921253	0.037
24	Element	0.000	0.983408	0.982550	0.001
25	ParserBuilder	0.075	0.939504	0.959284	0.021

ตารางที่ จ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	brightnessTable	0.000	0.984100	0.989761	0.006
2	brightnessThread	0.021	0.979120	0.960324	0.020
3	helpFrame	0.000	0.984100	1.000000	0.016
4	helpFrame.linkListener	0.000	0.980414	0.986775	0.006
5	helpFrame_this_componentAdapter	0.000	0.980414	0.991468	0.011
6	imageLoadWorker	0.021	0.979120	0.962884	0.017
7	ImagePreview	0.000	0.979120	0.979949	0.001
8	jpegSaveWorker	0.021	0.979120	0.965017	0.015
9	licFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003
10	picPanel	0.000	0.963247	0.979522	0.017
11	Posteriser	0.000	0.980414	0.985922	0.006
12	posterOp	0.000	0.963247	0.948805	0.015
13	postFrame	0.161	0.840790	0.748294	0.124
14	jpegFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007

ตารางที่ จ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
15	tiffFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007
16	postFrame_AboutBox	0.000	0.983408	0.960751	0.024
17	postThread	0.021	0.979120	0.929181	0.054
18	previewThread	0.021	0.979120	0.963737	0.016
19	splashWindow	0.000	0.979120	0.985922	0.007
20	splashWindow_this_focusAdapter	0.000	0.993572	0.993601	0.000
21	SwingWorker	0.203	0.988441	0.976536	0.012
22	SwingWorker.ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
23	tiffSaveWorker	0.021	0.979120	0.965017	0.015
24	warnFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003

ตารางที่ จ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	blackOnWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
2	brightnessTable	0.000	0.983408	0.991393	0.008
3	brightnessThread	0.021	0.979120	0.974180	0.005
4	colourColourOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000
5	cutOutBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
6	cutOutColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
7	cutOutWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
8	cutToBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
9	cutToColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
10	cutToColoursOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000

ตารางที่ จ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
11	cutToOppOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
12	cutToSameOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
13	cutToWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
14	helpFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
15	linkListener	0.000	0.980414	1.000000	0.020
16	imageLoadWorker	0.021	0.979120	0.974413	0.005
17	ImagePreview	0.000	0.979120	0.989067	0.010
18	jpegSaveWorker	0.021	0.979120	0.979065	0.000
19	licFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
20	lithThread	0.021	0.979120	0.925564	0.058
21	mainframe	0.108	0.840790	0.868109	0.031
22	mainFrame_AboutBox	0.000	0.983408	0.978600	0.005
23	PhotoLith	0.000	0.980414	0.992324	0.012
24	photoLithOp	0.293	0.988441	0.988137	0.000
25	picPanel	0.000	0.973991	0.989998	0.016
26	previewThread	0.021	0.979120	0.980228	0.001
27	simplePosterisationOp	0.000	0.966816	0.966504	0.000
28	splashWindow	0.000	0.980414	0.994650	0.014
29	SwingWorker	0.203	0.988441	0.987206	0.001
30	ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
31	tiffSaveWorker	0.021	0.979120	0.979065	0.000
32	warnFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
33	whiteOnBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002

ตารางที่ จ-4 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	CalcMachineNumber	0.182	0.904908	0.909828	0.005
2	Calculator	0.306	0.904908	0.963526	0.061
3	CalculatorException	0.026	0.984472	0.964539	0.021
4	CalculatorTester	0.191	0.904908	0.931104	0.028
5	CalculatorTester.CalculatorTest	0.005	0.987842	1.000000	0.012
6	E	0.027	0.920973	0.946302	0.027
7	Entries	0.064	0.983540	0.942249	0.044
8	Entries.Entry	0.003	1.000000	1.000000	0.000
9	GuiCommandLine	0.077	0.875486	0.933131	0.062
10	jcalc	0.040	0.925532	0.953394	0.029
11	jcalc_applet	0.010	0.990994	0.977710	0.014
12	jcalc_math	0.105	0.920973	0.928065	0.008
13	jcalc_trig	0.110	0.890593	0.853090	0.044
14	operatorChecker	0.244	0.993789	0.943262	0.054
15	OperatorControlCenter	0.267	0.950621	0.943262	0.008
16	PI	0.112	0.904908	0.919960	0.016
17	ResultsList	0.107	0.909574	0.913880	0.005
18	ResultList_MouseListener	0.057	0.984472	0.953394	0.033
19	VariableTable	0.037	0.990994	0.948328	0.045
20	EmptyListException	0.000	0.992490	0.996960	0.004
21	ListNode	0.042	0.996273	0.991895	0.004
22	List	0.050	0.909574	0.986069	0.078
23	ListNode1	0.042	0.996273	0.991895	0.004
24	List1	0.050	0.909574	0.986069	0.078
25	StackInheritance	0.064	0.967391	0.994428	0.027
26	StackInheritance1	0.064	0.967391	0.994428	0.027
27	StringCalculator	0.305	0.904908	0.936170	0.033
28	StringCalculatorException	0.021	0.987842	0.995694	0.008

ตารางที่ จ-5 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	AboutForm	0.019	0.987842	0.980750	0.007
2	CommandInterpreter	0.072	0.987578	0.986829	0.001
3	ConvertCommand	0.059	0.909574	0.996960	0.088
4	DerivCommand	0.045	0.983540	0.950355	0.035
5	FontForm	0.044	0.977688	0.943262	0.036
6	FuncEvalCommand	0.031	0.982609	0.975684	0.007
7	FunctionParser	0.075	0.920973	0.955927	0.037
8	FunctionTokenizer	0.043	0.909574	0.964539	0.057
9	ParseHelper	0.030	0.996273	0.995441	0.001
10	SyntaxNode	0.091	0.890593	0.964539	0.077
11	SyntaxTree	0.058	0.990994	0.958460	0.034
12	GraphCommand	0.036	0.925532	0.970618	0.046
13	PlotFrame	0.049	0.944529	1.000000	0.055
14	GraphPanel	0.054	0.968845	0.945289	0.025
15	MainClass	0.075	0.990994	1.000000	0.009
16	MiscCommand	0.033	0.925532	0.964539	0.040
17	ScriptCommand	0.068	0.904908	0.979230	0.076
18	SetCommand	0.041	0.909574	0.979230	0.071
19	SolveCommand	0.030	0.983540	0.938703	0.048
20	VariableCommand	0.031	0.982609	0.952381	0.032

ตารางที่ จ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	About	0.030	0.996273	0.975644	0.021
2	CIAC	0.076	0.983540	0.942937	0.043
3	Constant	0.016	0.983540	0.963118	0.021
4	ConstantFactory	0.016	0.993478	0.967989	0.026
5	E	0.055	0.983540	0.977035	0.007
6	Pi	0.055	0.983540	0.977035	0.007
7	EvaluablePart	0.002	0.990217	0.981907	0.008
8	MalformedExpressionException	0.022	0.987842	0.988170	0.000
9	NoSuchConstantException	0.022	0.987842	0.988170	0.000
10	NoSuchFunctionException	0.022	0.987842	0.988170	0.000
11	NoSuchOperatorException	0.022	0.987842	0.988170	0.000
12	UndefinedVariable	0.022	0.987842	0.988170	0.000
13	UnknownExpressionPart	0.022	0.987842	0.988170	0.000
14	Expression1	0.201	0.904908	0.849687	0.065
15	ExpressionPart	0.000	0.970250	0.992345	0.022
16	Function	0.033	0.982609	0.965205	0.018
17	FunctionFactory	0.041	0.925532	0.904663	0.023
18	Acos	0.048	0.983540	0.956855	0.028
19	Acosec	0.049	0.983540	0.956855	0.028
20	Acotan	0.048	0.983540	0.956855	0.028
21	Asec	0.049	0.983540	0.956855	0.028
22	Asin	0.048	0.983540	0.956855	0.028
23	Atan	0.048	0.983540	0.956855	0.028
24	Cos	0.048	0.983540	0.956855	0.028
25	Cosec	0.049	0.983540	0.956855	0.028
26	Cotan	0.049	0.983540	0.956855	0.028
27	Exp	0.048	0.983540	0.956855	0.028

ตารางที่ จ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
28	Ln	0.048	0.983540	0.956855	0.028
29	Log10	0.048	0.983540	0.956855	0.028
30	Sec	0.049	0.983540	0.956855	0.028
31	Sin	0.048	0.983540	0.956855	0.028
32	Tan	0.048	0.983540	0.956855	0.028
33	Number	0.042	0.990994	0.971468	0.020
34	Operator	0.055	0.990994	0.962422	0.030
35	OperatorFactory	0.028	0.925532	0.943633	0.019
36	LeftParenthesis	0.078	0.983540	0.976340	0.007
37	OperatorDividedBy	0.050	0.983540	0.956159	0.029
38	OperatorMinus	0.050	0.983540	0.956159	0.029
39	OperatorPlus	0.050	0.983540	0.956159	0.029
40	OperatorPower	0.050	0.983540	0.956159	0.029
41	OperatorTimes	0.050	0.983540	0.956159	0.029
42	Parenthesis	0.050	0.983540	0.961030	0.023
43	RightParenthesis	0.074	0.983540	0.972860	0.011
44	Variable	0.061	0.983540	0.949896	0.035
45	CIACEdit	0.068	0.922921	0.923452	0.001
46	Historique	0.049	0.875486	0.959638	0.088
47	Main	0.034	0.987842	0.963118	0.026

2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้ระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ จ-7 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	Test	0.000	0.983408	0.986130	0.003
2	GridFrame	0.447	0.907351	0.817002	0.111
3	GridLines	0.000	0.963247	0.975839	0.013
4	ImageComponent	0.237	0.939504	0.915884	0.026
5	ImageComponentFactory	0.000	0.980414	0.983445	0.003
6	ImageSurface	0.460	0.907351	0.823714	0.102
7	AbstractComponentIOFactory	0.000	0.980414	0.981208	0.001
8	ComponentIO	0.132	0.947054	0.961074	0.015
9	ComponentIORaster	0.096	0.939504	0.924385	0.016
10	ComponentIOXML	0.032	0.790354	0.932439	0.152
11	RasterIOFactory	0.064	0.830709	0.980313	0.153
12	XMLIOFactory	0.064	0.830709	0.980313	0.153
13	LineComponent	0.084	0.789370	0.936465	0.157
14	LineParser	0.109	0.939504	0.962864	0.024
15	LineSurface	0.080	0.790354	0.930201	0.150
16	Marquee	0.069	0.945936	0.969128	0.024
17	RadComponent	0.250	0.988441	0.955705	0.034
18	RadContainer	0.128	0.947167	0.956152	0.009
19	BasicFileFilter	0.016	0.849459	0.954362	0.110
20	FileChooserTest	0.000	0.979120	0.974944	0.004
21	TestFrame	0.000	0.979120	0.978971	0.000
22	ColorChooser	0.000	0.927653	0.971812	0.045
23	FileMenuHelper	0.173	0.954884	0.921253	0.037
24	Element	0.000	0.983408	0.982550	0.001
25	ParserBuilder	0.084	0.945936	0.959284	0.014

ตารางที่ จ-8 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	brightnessTable	0.000	0.984100	0.989761	0.006
2	brightnessThread	0.026	0.979120	0.960324	0.020
3	helpFrame	0.000	0.984100	1.000000	0.016
4	helpFrame.linkListener	0.000	0.980414	0.986775	0.006
5	helpFrame_this_componentAdapter	0.000	0.980414	0.991468	0.011
6	imageLoadWorker	0.026	0.979120	0.962884	0.017
7	ImagePreview	0.000	0.979120	0.979949	0.001
8	jpegSaveWorker	0.026	0.979120	0.965017	0.015
9	licFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003
10	picPanel	0.000	0.963247	0.979522	0.017
11	Posteriser	0.000	0.980414	0.985922	0.006
12	posterOp	0.000	0.963247	0.948805	0.015
13	postFrame	0.163	0.840790	0.748294	0.124
14	jpegFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007
15	tiffFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007
16	postFrame_AboutBox	0.000	0.983408	0.960751	0.024
17	postThread	0.026	0.979120	0.929181	0.054
18	previewThread	0.026	0.979120	0.963737	0.016
19	splashWindow	0.000	0.979120	0.985922	0.007
20	splashWindow_this_focusAdapter	0.000	0.993572	0.993601	0.000
21	SwingWorker	0.261	0.954884	0.976536	0.022
22	SwingWorker.ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
23	tiffSaveWorker	0.026	0.979120	0.965017	0.015
24	warnFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003

ตารางที่ จ-9 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	blackOnWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
2	brightnessTable	0.000	0.983408	0.991393	0.008
3	brightnessThread	0.026	0.979120	0.974180	0.005
4	colourColourOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000
5	cutOutBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
6	cutOutColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
7	cutOutWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
8	cutToBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
9	cutToColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
10	cutToColoursOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000
11	cutToOppOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
12	cutToSameOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
13	cutToWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
14	helpFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
15	linkListener	0.000	0.980414	1.000000	0.020
16	imageLoadWorker	0.026	0.979120	0.974413	0.005
17	ImagePreview	0.000	0.979120	0.989067	0.010
18	jpegSaveWorker	0.026	0.979120	0.979065	0.000
19	licFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
20	lithThread	0.026	0.979120	0.925564	0.058
21	mainframe	0.109	0.840790	0.868109	0.031
22	mainFrame_AboutBox	0.000	0.983408	0.978600	0.005
23	PhotoLith	0.000	0.980414	0.992324	0.012
24	photoLithOp	0.374	0.954884	0.988137	0.034
25	picPanel	0.000	0.973991	0.989998	0.016
26	previewThread	0.026	0.979120	0.980228	0.001
27	simplePosterisationOp	0.000	0.966816	0.966504	0.000

ตารางที่ จ-9 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
28	splashWindow	0.000	0.980414	0.994650	0.014
29	SwingWorker	0.261	0.954884	0.987206	0.033
30	ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
31	tiffSaveWorker	0.026	0.979120	0.979065	0.000
32	warnFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
33	whiteOnBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002

ตารางที่ จ-10 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนักโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	CalcMachineNumber	0.174	0.904908	0.909828	0.005
2	Calculator	0.326	0.904908	0.963526	0.061
3	CalculatorException	0.029	0.984472	0.964539	0.021
4	CalculatorTester	0.216	0.904908	0.931104	0.028
5	CalculatorTester.CalculatorTest	0.006	0.987842	1.000000	0.012
6	E	0.027	0.920973	0.946302	0.027
7	Entries	0.070	0.983540	0.942249	0.044
8	Entries.Entry	0.003	1.000000	1.000000	0.000
9	GuiCommandLine	0.087	0.875486	0.933131	0.062
10	jcalc	0.041	0.925532	0.953394	0.029
11	jcalc_applet	0.012	0.990994	0.977710	0.014
12	jcalc_math	0.100	0.904908	0.928065	0.025
13	jcalc_trig	0.120	0.890593	0.853090	0.044
14	operatorChecker	0.287	0.993789	0.943262	0.054
15	OperatorControlCenter	0.309	0.950621	0.943262	0.008

ตารางที่ จ-10 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนักโปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
16	PI	0.113	0.904908	0.919960	0.016
17	ResultsList	0.099	0.909574	0.913880	0.005
18	ResultList_MouseListener	0.053	0.982609	0.953394	0.031
19	VariableTable	0.037	0.990994	0.948328	0.045
20	EmptyListException	0.000	0.992490	0.996960	0.004
21	ListNode	0.046	0.996273	0.991895	0.004
22	List	0.053	0.909574	0.986069	0.078
23	ListNode1	0.046	0.996273	0.991895	0.004
24	List1	0.053	0.909574	0.986069	0.078
25	StackInheritance	0.082	0.971429	0.994428	0.023
26	StackInheritance1	0.082	0.971429	0.994428	0.023
27	StringCalculator	0.339	0.890593	0.936170	0.049
28	StringCalculatorException	0.023	0.987842	0.995694	0.008

ตารางที่ จ-11 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	AboutForm	0.023	0.987842	0.980750	0.007
2	CommandInterpreter	0.077	0.990994	0.986829	0.004
3	ConvertCommand	0.068	0.909574	0.996960	0.088
4	DerivCommand	0.045	0.983540	0.950355	0.035
5	FontForm	0.049	0.977688	0.943262	0.036
6	FuncEvalCommand	0.033	0.982609	0.975684	0.007
7	FunctionParser	0.087	0.920973	0.955927	0.037
8	FunctionTokenizer	0.050	0.909574	0.964539	0.057

ตารางที่ จ-11 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
9	ParseHelper	0.031	0.996273	0.995441	0.001
10	SyntaxNode	0.111	0.890593	0.964539	0.077
11	SyntaxTree	0.067	0.990994	0.958460	0.034
12	GraphCommand	0.039	0.925532	0.970618	0.046
13	PlotFrame	0.062	0.944529	1.000000	0.055
14	GraphPanel	0.052	0.968845	0.945289	0.025
15	MainClass	0.093	0.909574	1.000000	0.090
16	MiscCommand	0.035	0.925532	0.964539	0.040
17	ScriptCommand	0.080	0.904908	0.979230	0.076
18	SetCommand	0.046	0.909574	0.979230	0.071
19	SolveCommand	0.034	0.983540	0.938703	0.048
20	VariableCommand	0.033	0.982609	0.952381	0.032

ตารางที่ จ-12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	About	0.034	0.996273	0.975644	0.021
2	CIAC	0.076	0.983540	0.942937	0.043
3	Constant	0.038	0.983540	0.963118	0.021
4	ConstantFactory	0.021	0.993478	0.967989	0.026
5	E	0.113	0.971429	0.977035	0.006
6	Pi	0.113	0.971429	0.977035	0.006
7	EvaluablePart	0.003	0.990217	0.981907	0.008
8	MalformedExpressionException	0.025	0.992490	0.988170	0.004
9	NoSuchConstantException	0.025	0.992490	0.988170	0.004

ตารางที่ จ-12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
10	NoSuchFunctionException	0.025	0.992490	0.988170	0.004
11	NoSuchOperatorException	0.025	0.992490	0.988170	0.004
12	UndefinedVariable	0.025	0.992490	0.988170	0.004
13	UnknownExpressionPart	0.025	0.992490	0.988170	0.004
14	Expression1	0.244	0.904908	0.849687	0.065
15	ExpressionPart	0.000	0.970250	0.992345	0.022
16	Function	0.056	0.989752	0.965205	0.025
17	FunctionFactory	0.046	0.925532	0.904663	0.023
18	Acos	0.094	0.983540	0.956855	0.028
19	Acosec	0.094	0.983540	0.956855	0.028
20	Acotan	0.094	0.983540	0.956855	0.028
21	Asec	0.094	0.983540	0.956855	0.028
22	Asin	0.094	0.983540	0.956855	0.028
23	Atan	0.094	0.983540	0.956855	0.028
24	Cos	0.094	0.983540	0.956855	0.028
25	Cosec	0.094	0.983540	0.956855	0.028
26	Cotan	0.094	0.983540	0.956855	0.028
27	Exp	0.094	0.983540	0.956855	0.028
28	Ln	0.094	0.983540	0.956855	0.028
29	Log10	0.094	0.983540	0.956855	0.028
30	Sec	0.094	0.983540	0.956855	0.028
31	Sin	0.094	0.983540	0.956855	0.028
32	Tan	0.094	0.983540	0.956855	0.028
33	Number	0.060	0.989752	0.971468	0.019
34	Operator	0.074	0.990994	0.962422	0.030
35	OperatorFactory	0.028	0.925532	0.943633	0.019
36	LeftParenthesis	0.116	0.967391	0.976340	0.009

ตารางที่ จ-12 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากระยะทางแบบยุคลิดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
37	OperatorDividedBy	0.095	0.983540	0.956159	0.029
38	OperatorMinus	0.095	0.983540	0.956159	0.029
39	OperatorPlus	0.095	0.983540	0.956159	0.029
40	OperatorPower	0.095	0.983540	0.956159	0.029
41	OperatorTimes	0.095	0.983540	0.956159	0.029
42	Parenthesis	0.095	0.983540	0.961030	0.023
43	RightParenthesis	0.094	0.971429	0.972860	0.001
44	Variable	0.099	0.983540	0.949896	0.035
45	CIACEdit	0.077	0.922921	0.923452	0.001
46	Historique	0.048	0.875486	0.959638	0.088
47	Main	0.037	0.987842	0.963118	0.026

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลลัพธ์จากการประมาณค่าเมื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลในเคสเบส

ตารางที่ จ-13 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	CalcMachineNumber	0.074	0.950621	0.909828	0.045
2	Calculator	0.060	0.950621	0.963526	0.013
3	CalculatorException	0.000	0.989130	0.964539	0.025
4	CalculatorTester	0.000	0.963083	0.931104	0.034
5	CalculatorTester.CalculatorTest	0.026	0.995652	1.000000	0.004
6	E	0.130	0.920973	0.946302	0.027
7	Entries	0.000	0.963083	0.942249	0.022
8	Entries.Entry	0.000	0.995652	1.000000	0.004
9	GuiCommandLine	0.000	0.983540	0.933131	0.054
10	jcalc	0.000	0.967218	0.953394	0.015
11	jcalc_applet	0.000	0.982635	0.977710	0.005
12	jcalc_math	0.000	0.950621	0.928065	0.024
13	jcalc_trig	0.074	0.950621	0.853090	0.114
14	operatorChecker	0.000	0.982635	0.943262	0.042
15	OperatorControlCenter	0.097	0.950621	0.943262	0.008
16	PI	0.026	0.920973	0.919960	0.001
17	ResultsList	0.024	0.950621	0.913880	0.040
18	ResultList_MouseListener	0.000	0.953988	0.953394	0.001
19	VariableTable	0.000	0.967218	0.948328	0.020
20	EmptyListException	0.000	0.982635	0.996960	0.014
21	ListNode	0.000	0.975841	0.991895	0.016
22	List	0.000	0.963083	0.986069	0.023
23	ListNode1	0.000	0.975841	0.991895	0.016
24	List1	0.000	0.963083	0.986069	0.023
25	StackInheritance	0.026	0.972860	0.994428	0.022

ตารางที่ จ-13 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
26	StackInheritance1	0.026	0.972860	0.994428	0.022
27	StringCalculator	0.074	0.950621	0.936170	0.015
28	StringCalculatorException	0.000	0.983248	0.995694	0.013

ตารางที่ จ-14 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	AboutForm	0.000	0.983248	0.980750	0.003
2	CommandInterpreter	0.000	0.963083	0.986829	0.024
3	ConvertCommand	0.026	0.920973	0.996960	0.076
4	DerivCommand	0.026	0.920973	0.950355	0.031
5	FontForm	0.000	0.983248	0.943262	0.042
6	FuncEvalCommand	0.104	0.920973	0.975684	0.056
7	FunctionParser	0.024	0.950621	0.955927	0.006
8	FunctionTokenizer	0.000	0.983540	0.964539	0.020
9	ParseHelper	0.000	0.989130	0.995441	0.006
10	SyntaxNode	0.107	0.950621	0.964539	0.014
11	SyntaxTree	0.000	0.953988	0.958460	0.005
12	GraphCommand	0.104	0.920973	0.970618	0.051
13	PlotFrame	0.000	0.983248	1.000000	0.017
14	GraphPanel	0.000	0.953988	0.945289	0.009
15	MainClass	0.000	0.975841	1.000000	0.024
16	MiscCommand	0.104	0.920973	0.964539	0.045
17	ScriptCommand	0.000	0.920973	0.979230	0.059

ตารางที่ จ-14 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-SE โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
18	SetCommand	0.026	0.920973	0.979230	0.059
19	SolveCommand	0.052	0.920973	0.938703	0.019
20	VariableCommand	0.104	0.920973	0.952381	0.033

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ผลลัพธ์จากการประเมินผลโมเดลของวิธี Analogy-X

ในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลโมเดลด้วยการอุปมาของวิธี Analogy-SE โดยมีผลลัพธ์จากการประมาณค่า มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ ฉ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	Test	0.000	0.975606	0.986130	0.011
2	GridFrame	0.173	0.939504	0.817002	0.150
3	GridLines	0.000	0.963247	0.975839	0.013
4	ImageComponent	0.328	0.947054	0.915884	0.034
5	ImageComponentFactory	0.000	0.980414	0.983445	0.003
6	ImageSurface	0.548	0.832885	0.823714	0.011
7	AbstractComponentIOFactory	0.000	0.980414	0.981208	0.001
8	ComponentIO	0.000	0.751969	0.961074	0.218
9	ComponentIORaster	0.151	0.939504	0.924385	0.016
10	ComponentIOXML	0.051	0.790026	0.932439	0.153
11	RasterIOFactory	0.000	0.980414	0.980313	0.000
12	XMLIOFactory	0.000	0.980414	0.980313	0.000
13	LineComponent	0.133	0.790026	0.936465	0.156
14	LineParser	0.173	0.939504	0.962864	0.024
15	LineSurface	0.126	0.790026	0.930201	0.151
16	Marquee	0.109	0.945936	0.969128	0.024
17	RadComponent	0.000	0.980052	0.955705	0.025
18	RadContainer	0.000	0.751969	0.956152	0.214
19	BasicFileFilter	0.025	0.849459	0.954362	0.110
20	FileChooserTest	0.000	0.979120	0.974944	0.004
21	TestFrame	0.000	0.979120	0.978971	0.000

ตารางที่ ฉ-1 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
22	ColorChooser	0.000	0.927653	0.971812	0.045
23	FileMenuHelper	0.000	0.898162	0.921253	0.025
24	Element	0.000	0.975606	0.982550	0.007
25	ParserBuilder	0.132	0.945936	0.959284	0.014

ตารางที่ ฉ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	brightnessTable	0.000	0.984100	0.989761	0.006
2	brightnessThread	0.042	0.979120	0.960324	0.020
3	helpFrame	0.000	0.984100	1.000000	0.016
4	helpFrame.linkListener	0.000	0.980414	0.986775	0.006
5	helpFrame_this_componentAdapter	0.000	0.980414	0.991468	0.011
6	imageLoadWorker	0.042	0.979120	0.962884	0.017
7	ImagePreview	0.000	0.979120	0.979949	0.001
8	jpegSaveWorker	0.042	0.979120	0.965017	0.015
9	licFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003
10	picPanel	0.000	0.963247	0.979522	0.017
11	Posteriser	0.000	0.980414	0.985922	0.006
12	posterOp	0.000	0.963247	0.948805	0.015
13	postFrame	0.257	0.832885	0.748294	0.113
14	jpegFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007
15	tiffFilter	0.000	0.984100	0.990614	0.007
16	postFrame_AboutBox	0.000	0.975606	0.960751	0.015
17	postThread	0.042	0.979120	0.929181	0.054

ตารางที่ ฉ-2 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
18	previewThread	0.042	0.979120	0.963737	0.016
19	splashWindow	0.000	0.979120	0.985922	0.007
20	splashWindow_this_focusAdapter	0.000	0.993572	0.993601	0.000
21	SwingWorker	0.000	0.927653	0.976536	0.050
22	SwingWorker.ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
23	tiffSaveWorker	0.042	0.979120	0.965017	0.015
24	warnFrame	0.000	0.984100	0.986775	0.003

ตารางที่ ฉ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	blackOnWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
2	brightnessTable	0.000	0.975606	0.991393	0.016
3	brightnessThread	0.042	0.979120	0.974180	0.005
4	colourColourOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000
5	cutOutBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
6	cutOutColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
7	cutOutWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
8	cutToBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
9	cutToColourOp	0.000	0.966816	0.967900	0.001
10	cutToColoursOp	0.000	0.966816	0.967202	0.000
11	cutToOppOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
12	cutToSameOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
13	cutToWhiteOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002
14	helpFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009

ตารางที่ ฉ-3 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการจัดการภาพ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
15	linkListener	0.000	0.980414	1.000000	0.020
16	imageLoadWorker	0.042	0.979120	0.974413	0.005
17	ImagePreview	0.000	0.979120	0.989067	0.010
18	jpegSaveWorker	0.042	0.979120	0.979065	0.000
19	licFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
20	lithThread	0.042	0.979120	0.925564	0.058
21	mainframe	0.172	0.832885	0.868109	0.041
22	mainFrame_AboutBox	0.000	0.975606	0.978600	0.003
23	PhotoLith	0.000	0.980414	0.992324	0.012
24	photoLithOp	0.000	0.925206	0.988137	0.064
25	picPanel	0.000	0.925206	0.989998	0.065
26	previewThread	0.042	0.979120	0.980228	0.001
27	simplePosterisationOp	0.000	0.966816	0.966504	0.000
28	splashWindow	0.000	0.980414	0.994650	0.014
29	SwingWorker	0.000	0.927653	0.987206	0.060
30	ThreadVar	0.000	0.984100	1.000000	0.016
31	tiffSaveWorker	0.042	0.979120	0.979065	0.000
32	warnFrame	0.000	0.984100	0.992789	0.009
33	whiteOnBlackOp	0.000	0.966816	0.968597	0.002

ตารางที่ ฉ-4 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	CalcMachineNumber	0.116	0.909938	0.909828	0.000
2	Calculator	0.611	0.913354	0.963526	0.052

ตารางที่ ฉ-4 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 1 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
3	CalculatorException	0.000	0.953934	0.964539	0.011
4	CalculatorTester	0.328	0.913354	0.931104	0.019
5	CalculatorTester.CalculatorTest	0.000	0.956211	1.000000	0.044
6	E	0.000	0.968845	0.946302	0.024
7	Entries	0.000	0.977019	0.942249	0.037
8	Entries.Entry	0.000	0.967857	1.000000	0.032
9	GuiCommandLine	0.008	0.890593	0.933131	0.046
10	jcalc	0.016	0.981317	0.953394	0.029
11	jcalc_applet	0.000	0.972205	0.977710	0.006
12	jcalc_math	0.016	0.987578	0.928065	0.064
13	jcalc_trig	0.039	0.906522	0.853090	0.063
14	operatorChecker	0.000	0.974691	0.943262	0.033
15	OperatorControlCenter	0.031	0.906522	0.943262	0.039
16	PI	0.039	0.906522	0.919960	0.015
17	ResultsList	0.000	0.890593	0.913880	0.025
18	ResultList_MouseListener	0.000	0.977797	0.953394	0.026
19	VariableTable	0.000	0.989573	0.948328	0.043
20	EmptyListException	0.000	0.991293	0.996960	0.006
21	ListNode	0.000	0.972205	0.991895	0.020
22	List	0.023	0.941925	0.986069	0.045
23	ListNode1	0.000	0.972205	0.991895	0.020
24	List1	0.023	0.941925	0.986069	0.045
25	StackInheritance	0.000	0.967857	0.994428	0.027
26	StackInheritance1	0.000	0.967857	0.994428	0.027
27	StringCalculator	0.434	0.913354	0.936170	0.024
28	StringCalculatorException	0.000	0.969135	0.995694	0.027

ตารางที่ ฉ-5 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 2 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 2

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	AboutForm	0.000	0.977019	0.980750	0.004
2	CommandInterpreter	0.000	0.990994	0.986829	0.004
3	ConvertCommand	0.000	0.875486	0.996960	0.122
4	DerivCommand	0.000	0.977019	0.950355	0.028
5	FontForm	0.008	0.944529	0.943262	0.001
6	FuncEvalCommand	0.000	0.956211	0.975684	0.020
7	FunctionParser	0.023	0.890593	0.955927	0.068
8	FunctionTokenizer	0.008	0.993789	0.964539	0.030
9	ParseHelper	0.000	0.949510	0.995441	0.046
10	SyntaxNode	0.039	0.906522	0.964539	0.060
11	SyntaxTree	0.000	0.909574	0.958460	0.051
12	GraphCommand	0.008	0.996273	0.970618	0.026
13	PlotFrame	0.008	0.950621	1.000000	0.049
14	GraphPanel	0.008	0.993789	0.945289	0.051
15	MainClass	0.008	0.941925	1.000000	0.058
16	MiscCommand	0.000	0.982298	0.964539	0.018
17	ScriptCommand	0.085	0.906522	0.979230	0.074
18	SetCommand	0.008	0.890593	0.979230	0.091
19	SolveCommand	0.000	0.950621	0.938703	0.013
20	VariableCommand	0.000	0.956211	0.952381	0.004

ตารางที่ ฉ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
1	About	0.000	0.950621	0.975644	0.026
2	CIAC	0.000	0.950621	0.942937	0.008
3	Constant	0.000	0.991293	0.963118	0.029
4	ConstantFactory	0.000	0.977797	0.967989	0.010
5	E	0.000	0.991293	0.977035	0.015
6	Pi	0.000	0.991293	0.977035	0.015
7	EvaluablePart	0.000	0.974691	0.981907	0.007
8	MalformedExpressionException	0.000	0.991293	0.988170	0.003
9	NoSuchConstantException	0.000	0.991293	0.988170	0.003
10	NoSuchFunctionException	0.000	0.991293	0.988170	0.003
11	NoSuchOperatorException	0.000	0.991293	0.988170	0.003
12	UndefinedVariable	0.000	0.991293	0.988170	0.003
13	UnknownExpressionPart	0.000	0.991293	0.988170	0.003
14	Expression1	0.394	0.913354	0.849687	0.075
15	ExpressionPart	0.000	0.974691	0.992345	0.018
16	Function	0.000	0.967857	0.965205	0.003
17	FunctionFactory	0.016	0.981317	0.904663	0.085
18	Acos	0.000	0.991293	0.956855	0.036
19	Acosec	0.000	0.969135	0.956855	0.013
20	Acotan	0.000	0.991293	0.956855	0.036
21	Asec	0.000	0.969135	0.956855	0.013
22	Asin	0.000	0.991293	0.956855	0.036
23	Atan	0.000	0.991293	0.956855	0.036
24	Cos	0.000	0.991293	0.956855	0.036
25	Cosec	0.000	0.969135	0.956855	0.013
26	Cotan	0.000	0.969135	0.956855	0.013
27	Exp	0.000	0.991293	0.956855	0.036

ตารางที่ ฉ-6 ผลลัพธ์การประมาณค่าความเสถียรเชิงตรรกะของคลาส โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดที่ 3 ของโมเดลด้วยการอุปมาที่สร้างจากวิธี Analogy-X โปรแกรมด้านการคำนวณ ชุดข้อมูลสอน ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Class name	Distance	Estimated ClassLogicalStability	True ClassLogicalStability	|MRE|
28	Ln	0.000	0.991293	0.956855	0.036
29	Log10	0.000	0.991293	0.956855	0.036
30	Sec	0.000	0.969135	0.956855	0.013
31	Sin	0.000	0.991293	0.956855	0.036
32	Tan	0.000	0.991293	0.956855	0.036
33	Number	0.000	0.969135	0.971468	0.002
34	Operator	0.000	0.967857	0.962422	0.006
35	OperatorFactory	0.008	0.937486	0.943633	0.007
36	LeftParenthesis	0.000	0.991293	0.976340	0.015
37	OperatorDividedBy	0.000	0.991293	0.956159	0.037
38	OperatorMinus	0.000	0.991293	0.956159	0.037
39	OperatorPlus	0.000	0.991293	0.956159	0.037
40	OperatorPower	0.000	0.991293	0.956159	0.037
41	OperatorTimes	0.000	0.991293	0.956159	0.037
42	Parenthesis	0.000	0.991293	0.961030	0.031
43	RightParenthesis	0.000	0.991293	0.972860	0.019
44	Variable	0.000	0.956211	0.949896	0.007
45	CIACEdit	0.000	0.987578	0.923452	0.069
46	Historique	0.039	0.909574	0.959638	0.052
47	Main	0.008	0.950621	0.963118	0.013

ภาคผนวก ช

ผลงานตีพิมพ์

Estimating Software Logical Stability Using Analogy from Class and Sequence Diagrams

Chalita Cheewaviriyanon and Pornsiri Muenchaisri
Center of Excellence in Software Engineering, Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
Email: chalita.c@student.chula.ac.th, pornsiri.mu@chula.ac.th

Abstract

In an object-oriented program, logical stability of a class indicates its resistance to interclass propagation of changes when other classes are modified. However, logical stability can be obtained only after the program is executed. Thus, logical stability estimation at the design phase is greatly useful since knowing the amount of class logical stability may enable a designer to decide whether restructuring the design model is needed or not. In this paper, we propose a methodology to estimate logical stability of a class by using analogy. Analogy method relies on the similarity between the source and the target features in a repository to obtain the solution of problem. The proposed methodology selects significant features using Mantel randomization test and brute-force algorithm. In addition, in order to eliminate abnormal classes of dataset, outliers are detected using sensitivity analysis. Then, class logical stability is estimated from the significant features and the suitable dataset. Some experiments using this methodology have shown promising results.

Key Words: Analogy-based estimation, logical stability, object-oriented designs, design metrics

1. Introduction

The ISO/IEC 9126 software quality standard [5] determines stability as one of the four quality attributes of maintenance. Stability in an object-oriented program is the resistance of software against effects from changes in software. There are two types of stability: logical and performance stability. Logical stability is concerned with the stability of software structure and performance stability is concerned with the stability of software behavior. In this paper, we emphasize the logical stability.

Fixing errors, adding or removing functions of software, or enhancing function's capability generates changes in components of software. Changes will affect the modified class and other related classes. Logical stability of a class indicates its resistance to interclass propagation of changes when other classes are modified. Logical stability prediction at the design phase is required because a designer can use it in order to decide whether restructuring the design model is needed or not.

Yau and Collofello [14] proposed the algorithm for computing logical stability in procedural programming. Elish and Rine [15] adapted the Yau and Collofello's algorithm to calculate the class logical stability in object-oriented programming. Rangsiyawath and Muenchaisri [1] proposed the model for estimating logical stability from UML design models using multiple regression. Analogy method solves a new problem by using the solution of the most similar problem in a repository. Schepped and Schofield [13] use Analogy method to estimating project effort by selecting project features using brute-force algorithm, which considers all possible permutation. Keung [6, 7] presents effort estimation method to provide stepwise feature selection method for selecting project features based upon Mantel correlation.

In this paper, we propose a methodology for estimating class logical stability using analogy. Twenty-one design metrics, which are derived from class and sequence diagrams, are source features to estimate class logical stability. The proposed methodology uses Mantel

randomization test and brute-force algorithm to select significant metrics and sensitivity analysis to detect outlier classes. With this methodology, class logical stability can be estimated in the early phase of the software development. Some experiments using this methodology are demonstrated with 84 classes of image processing applications. The results show that 87% of the estimated class logical stability will fall within 25% of the actual class logical stability.

This paper is organized as follows. Section 2 provides technical backgrounds. Section 3 presents the methodology for estimating class logical stability using analogy. Section 4 demonstrates the results from case study. Finally, section 5 concludes the paper and outlines the future works.

2. Background

In this section, the basic notion about a logical stability and an analogy-based estimation approach are summarized. This section is divided into 4 subsections: logical stability calculation, feature subset selection, sensitivity analysis and analogy-based estimation as follows.

2.1 Logical Stability Calculation

The software's logical stability is one of the software quality attributes that determine how changes in one class will affect other classes in software. If the class has high logical stability, it will receive less effect when other classes are modified.

The class logical stability is calculated using the equation proposed by Elish and Rine in [15] as follows:

$$CLS_i = 1 - CLRE_i \quad (1)$$

where CLS_i is Class Logical Stability of class i (i=1 to n) and $CLRE_i$ is Class Logical Ripple Effect of class i (i=1 to n). The class logical ripple effect can be calculated by the equation:

$$CLRE_i = \frac{NTE_i}{TNC} \quad (2)$$

where NTE_i is the Number of Times which class i (i=1 to n) received Effect from changes (add attribute, delete attribute, etc.) and TNC is Total Number of Changes.

2.2 Features Subset Selection

In this subsection, the notion about Mantel correlation and randomization test are summarized in order to select a group of suitable features for analogy-based estimation.

2.2.1 Mantel correlation. The basic principle of Mantel's method [9, 10, 11] is to measure the association between the corresponding elements of two distance matrices: a source distance matrix and a target distance matrix. The distance matrix is a matrix of n cases. Each element in distance matrix is calculated using simple Euclidean distance. In this case, the Mantel correlation coefficient is selected to investigate association between the two distance matrices, since the normal statistical tests for the Pearson correlation coefficient are inappropriate as they used only when the elements are independent.

2.2.2 Randomization test. The significance of the correlation [9, 10, 11] is determined by permutation procedure in which the original value of the test statistic is compared with the distribution of the statistic found by randomly re-ordering the elements in one of the distance matrices. Marriott [13] and Manly [11] note that 1,000 randomizations is a realistic minimum for estimating at a significance level of 0.05.

2.3 Sensitivity analysis – Outlier detection

A sensitivity analysis is a mechanism to detect outlier cases in the dataset using a sensitive analysis procedure. The Mantel leverage metric [6, 7] supports sensitivity analysis for analogy which is based on the same principle as the Jackknife method and the properties of the standard normal distribution. The principle of Mantel leverage metric is based on calculating the Mantel correlation of all cases excluding each case in run. This indicates the extent to which the Mantel correlation for the complete dataset is influenced by each individual case.

2.4 Analogy-based estimation

Estimation by analogy [2] is a form of case-based reasoning. Analogy method relies on the similarity to obtain the problem solution using the source and the target features in a repository. A new problem is solved by retrieving one or more previously experienced cases, reusing the case in one way or another, revising the solution based on reusing a previous case, and then retaining the new experience by incorporating it into the case base.

3. Methodology for Analogy-based class logical stability estimation

In this section, we propose a methodology for estimating class logical stability using analogy called Analogy-SE. The basic assumption of Analogy-SE underlying the use of data-intensive case-based reasoning is: "Classes that are similar with respect to class design metrics will be

similar with respect to class logical stability." This methodology uses historical data in a repository in order to estimate logical stability of a new class as shown in Figure 1. Class logical stability data calculated from Java source code and design metric data measured from class and sequence diagrams are collected and stored in a repository as shown in Figure 1(A). The logical stability of a new class can be estimated at the design phase using design metrics from class and sequence diagrams shown in Figure 1(B). The value of logical stability of the class (in a repository) of the most similar class features to the new class is used to estimate the value of logical stability of the new class as shown in Figure 1(C).

The Analogy-SE method consisted of 2 main steps: case-based repository creation and analogy-based class logical stability estimation are described as follows.

3.1 Case-based repository creation

To estimate the class logical stability using analogy, the class logical stability data and the 21 class design metrics data are collected and stored in a repository as shown in Figure 1(A). The value of class logical stability is calculated from source code and the value of 21 class design metrics are measured from class and sequence diagrams of Java application programs in the same domain. The case-based repository creation consists of two steps:

3.1.1 Calculating class logical stability. In our approach, the value of class logical stability is calculated by applying defined changes to each class in Java source code. Changes are classified into 2 levels: system level change and class level change. System level change is the change that can be applied to relation of a class such as add class, delete class, add association of class and delete generalization of class. Class level change is the change that can be applied within a class, and it can be divided into 2 categories: change at attribute and change at method. The examples of attribute's change are add attribute, delete attribute and change attribute scope. The examples of method's change are add method, delete method, change method scope and change method signature. Each change has different kind of effect. All types of changes and its area of effect are extracted from [8] and [12]. For example, considering class C, when adding parent relation of class C affects its class and subclass. Whereas deleting parent relation of class C affect its class, subclass and related class of class C. After applying changes to all classes in software, the number of times that each class received affect is divided by the total number of all changes. The class logical stability of class i (i=1 to n) is one minus that ratio.

3.1.2 Measuring class design metrics. In order to measure class design metrics, Java source code of software is transformed to class and sequence diagrams using MagicDraw UML version 9.5 [17]. The value of 21 design metrics is measured from class and sequence diagrams using SDMetrics version 2.0 [16] which is a tool that can measure many diagram metrics from a diagram that is in XML and XMI format. The description of class design metrics used in this research is shown in Table 1.

After finishing collecting dataset, a case in a repository is designed by representing each class. A case representation consists of problem description and solution as shown in Table 2. Problem description explains characteristic of a class composing of the 21 design metrics which are class features. Solution is the logical stability of a class, which is the resistance of class against effects from changes when other classes are modified.

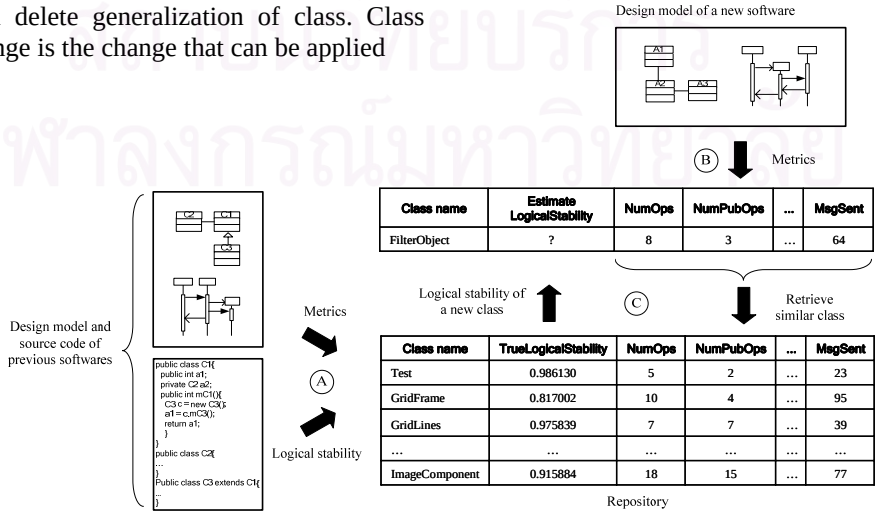


Figure 1. Class logical stability estimation using analogy at design phase

Table 1. Class design metrics description

Class metric	Description
NumAttr	The number of attributes in a class.
NumOps	The number of operations in a class.
NumPubOps	The number of public operations in a class.
Nesting	The nesting level of the class.
IFImpI	The number of interfaces a class implements.
NOC	The number of children of a class. (UML Generalization)
NOP	The number of parent of a class.
NumDesc	The number of descendents of a class. (UML Generalization)
NumAnc	The number of ancestors of a class.
DIT	The depth of a class in the inheritance hierarchy.
CLD	Class to leaf depth.
OpsInh	The number of inherited operations.
AttrInh	The number of inherited attributes.
NumAss_User	The number of association of a class in class diagram as user.
NumAss_Provider	The number of association of a class in class diagram as provider.
EC_Par	The number of times a class is externally used as parameter type.
IC_Par	The number of parameters in a class having another class or interface as their type.
ClassifInst	The number of classifier roles where a class is the base.
MsgSent	The number of messages sent.
MegRecv	The number of messages received.
MsgSelf	The number of messages sent to instances of the same class

Table 2. Case representation of a class

Class name	ClassLogical Stability	NumAttr	NumOps	...	MsgSelf
About	0.990140	0	1	…	1
Help	0.971241	5	2	…	29
…	…	…	…	…	…

3.2 Analogy-based class logical stability estimation

In Analogy-SE, the value of 21 design metrics is used to estimate the value of class logical stability as shown in Figure 1(B). By measuring the value of design metrics of a new class, the value of class logical stability is estimated using analogy from historical data in a repository as described in the previous subsection. Analogy-based class logical stability estimation is divided into three steps: selection of metric subset, abnormal class detection and logical stability estimation described as follows.

3.2.1 Selection of metric subset. In this step, a group of significant design metrics for estimating class logical stability is selected. The selection of metric subset consists of two steps:

1) Significant design metric selection. Selecting design metrics whose p-value is less than 0.05.

1.1) The distance matrix for each design metric and another distance matrix for logical stability are created, and then the Mantel correlation coefficient between distance matrix of the design metric and distance matrix of logical stability is derived and the randomization test is executed.

1.2) The design metric whose confidence interval is 95% or its p-value is less than 0.05 is selected according to the Mantel correlation.

2) Selection of a group of significant design metrics. Significant design metrics are used to recruit a group of suitable design metrics by using brute-force algorithm, which is an exhaustive search for all possible subsets of significant design metrics so as to obtain the optimum prediction for class logical stability.

2.1) The significant design metric which is highest Mantel correlation coefficient is selected as an answer.

2.2) Distance matrices for 2 significant design metrics of significant design metric combination are created, and then the Mantel correlation coefficient between distance matrix of design metrics and distance matrix of logical stability is derived. If the value of Mantel correlation coefficient of the group is highest and higher than the previous answer, the group will be the answer in these groups.

2.3) The previous procedure with more number of significant design metrics is repeated until all combination are executed. The number of significant design metrics is between 3 and n.

3.2.2 Abnormal class detection. The abnormal classes are detected by sensitivity analysis based on Mantel correlation from all of classes in a repository. Sensitivity analysis is mechanism to detect outlier class in the dataset using a sensitive analysis procedure. If an abnormal class is detected, then the abnormal class will be deleted and returned to the selection of metric subset step.

3.2.3 Logical stability estimation. Logical stability of the new class is estimated by using analogy. Analogy-based estimation compares the similarity between the new class and all the historical classes, in order to identify the class that has most similar class features to the new class. The similarity is measured using Euclidean distance measure as the proximity in n-dimensional space, where each dimension corresponds to a respective metric whose each metric is normalized in the same unit between the values of 0 to 1. The distance between two classes over the design metrics ($m_1,...,m_n$) can be expressed as:

$$Distance(c,c') = \sqrt{w_i \sum_{i=1}^{n} (m_i - m_i')^2} \qquad (3)$$

where c is a class being estimated; c' is one of the classes in the historical class repository; n is the number of significant design metrics; m_i is the value of design metric i of class c; m_i' is the value of design metric i of class c' and w_i is the Mantel correlation coefficient for its respective design metric i. Based on the above formula, a small distance indicates a high degree of similarity. The most similar class or classes in a repository can be then used as source analogues for the new class in logical stability estimation. Then, the logical stability of the most similar class or classes is reused for deriving the logical stability of the new class.

4. Case study

In this section, the Analogy-SE method is demonstrated with 84 classes of image processing applications. The results at each step of the methodology are shown as follows.

4.1 Case-based repository creation of the case study

In this subsection, the data is collected from image processing applications, which are Java open source software in the same domain. The 84 classes of image processing applications consist of 52 classes of JImageMosaic program, 7 classes of Image Processing program and 25 classes of RedImage program [18]. The value of class logical stability is measured from Java source code of software and the value of 21 class design metrics are measured from class and sequence diagrams. Some of the data, which are the value of class logical stability and the value of 21 class design metrics, are shown in Table 2.

4.2 Analogy-based class logical stability estimation of the case study

From the previous subsection, the dataset is collected for the class logical stability estimation at the design phase. With Analogy-SE method, logical stability of the new class can be estimated using a group of significant design metrics and suitable dataset as follows.

4.2.1 Selection of metric subset of the case study. Twenty-one design metrics are studied whether there are any design metrics that correlated with class logical stability. Then, a group of significant design metrics are selected in order to use its design metrics for logical stability estimation of the new class using analogy.

1) Significant design metric selection of the case study. After applying Mantel correlation from each design metric and logical stability to dataset, the final round of execution found that NumAttr, NumOps, NumPubOps, NumAnc, DIT, OpsInh, AttrInh, NumAss_User, IC_Par and ClassifInst distance matrix are significantly correlated with the logical stability distance matrix as shown in Table 3.

2) Selection of a group of significant design metric of the case study. Mantel correlation coefficient of combination of 1, 2, 3, 4, …, 10 significant design metrics are calculated. The maximum of Mantel correlation coefficient of each level of metrics combination is shown in Table 4. The group of 4 significant design metrics which consists of NumOps, OpsInh, AttrInh and IC_Par has the maximum value of Mantel correlation coefficient among other groups.

Table 3. Mantel correlation for each design metric

No.	Metric	Mantel-R	p-value
1	**NumAttr**	**0.242165**	**0.014**
2	**NumOps**	**0.412047**	**0**
3	**NumPubOps**	**0.285238**	**0**
4	Nesting	0.094323	0.051
5	IFImpl	-0.069792	0.2
6	NOC	0.044538	0.199
7	NOP	0.099009	0.115
8	NumDesc	-0.003235	0.602
9	**NumAnc**	**0.454159**	**0**
10	**DIT**	**0.454159**	**0**
11	CLD	0.072886	0.125
12	**OpsInh**	**0.591705**	**0**
13	**AttrInh**	**0.441090**	**0**
14	**NumAss_User**	**0.199726**	**0.014**
15	NumAss_Provider	0.066988	0.207
16	EC_Par	0.049482	0.253
17	**IC_Par**	**0.255537**	**0**
18	**ClassifInst**	**0.277281**	**0**
19	MsgSent	-0.120714	0.062
20	MsgRecv	0.045650	0.231
21	MsgSelf	0.147216	0.056

4.2.2 Abnormal class detection of the case study. In each round, we have to execute 2 steps as follow: 1) selection of metric subset 2) abnormal class detection. Table 5 shows abnormal classes of dataset in each round using sensitivity analysis. In round 1, class number 56 is shown as an abnormal class with |z| equals to 8.92. In round 2, class number 65 is an abnormal class with |z| equals to 4.50. In final round, class 57 is an abnormal class with |z| equals to 4.04. During these steps, outliers are detected using sensitivity analysis and at this level, the outliers are class number 19, 20, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 73, 75 and 84 which are then deleted from dataset to transform it into a suitable dataset in analogy-based estimation.

Table 4. Mantel correlation for brute-force algorithm

Metrics	Mantel-R
12	0.591705
2,12	0.747781
2,12,17	0.748923
2,12,13,17	**0.749704**
2,12,13,14,17	0.748808
2,9,12,13,14,17	0.747684
2,9,10,12,13,14,17	0.746549
1,2,9,10,12,13,14,17	0.743850
1,2,3,9,10,12,13,14,17	0.713504
1,2,3,9,10,12,13,14,17,18	0.626636

Table 5. Abnormal classes in each round using sensitivity analysis

Round No.	Class No.	R	LM	|z|
1	56	0.76324	-0.11	8.92
2	65	0.76888	-0.03	4.50
…	…	…	…	…
9	57	0.74714	0.03	4.04

4.2.3 Analogy-SE Evaluation. The testing data is composed of 15 classes of image processing applications, which consist of 5 classes of JPhotoTweek program and 10 classes of Imgen program [18]. From the previous step, selected design metrics are NumOps, OpsInh, AttrInh and IC_Par and there are 73 data in the suitable dataset. The significant design metrics and suitable dataset are used in analogy-based system for estimating class logical stability at design phase.

The proposed methodology is validated using MMRE and PRED(0.25). The result shows MMRE whose prediction values is 0.19 and PRED(0.25) whose the prediction values is 0.87. These mean that the mean magnitude of the relative error is 19% of the actual value and 87% of the estimated class logical stability will fall within 25% of the actual class logical stability, respectively. The prediction value in general case is acceptable where a PRED(0.25) is at least 0.75 [4].

5. Conclusion

This research is aimed to estimate the class logical stability of the software from class and sequence diagrams. Knowing the amount of class logical stability at the design phase may enable designer to decide whether restructuring the design model is needed or not. The Analogy-SE is the class logical stability estimation method using analogy. This method can estimate the class logical stability from 21 design metrics measured from class and sequence diagrams. With this method, significant metrics are selected using Mantel randomization test and brute-force algorithm and abnormal classes of dataset are eliminated using sensitive analysis. Therefore, the class logical stability is estimated with suitable dataset using analogy.

The Analogy-SE is demonstrated with 84 classes of image processing applications. The result shows that NumAttr, NumOps, NumPubOps, NumAnc, DIT, OpsInh, AttrInh, NumAss_User, IC_Par and ClassifInst class feature is significantly correlated with the class logical stability. The combinations of NumOps, OpsInh, AttrInh and IC_Par have the maximum of Mantel correlation coefficient. The PRED(0.25) of Analogy-SE is 0.87. Therefore, Analogy-SE is acceptable because the prediction value at level 0.25 have not less than 0.75.

In long term, a measure of class logical stability will consider the weight of each change, which may cause ripple effect to classes; while each change currently has the same weight. Moreover, we compare logical stability estimation using analogy with other estimation methods.

6. Acknowledgements

This work is co-funded by the Thailand Research Fund – Master Research Grants (MAG Window II) and THE 90th ANNIVERSARY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY FUND (Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund).

7. References

[1] S. Rangsiyawath, and P. Muenchaisri, “Estimating software logical stability from class diagram and sequence diagram,” International Joint Conference on Computer Science & Software Engineering, 2007.

[2] A. Aamodt, and E. Plaza, “Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches,” AI Communication, vol 7(1), pp. 39-59, March 1994.

[3] F.H.C. Marriott, “Barnard’s monte carlo tests: how many simulations?,” Applied Statistics, vol. 28, pp. 75-77, 1979.

[4] S. Cont, H. Dunsnore, and V. Shen, Software Engineering Metrics and Models, California: Benjamin/Cummings, 1986.

[5] ISO/IEC 9126:1991, Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use, International Organization for Standardization.

[6] J. W. Keung, Providing statistical inference to case-based software effort estimation, Doctoral thesis, School of Computing Science and Engineering University of New South Wales, 2007.

[7] J. W. Keung, and B. Kitchenham, “Optimising project feature weights for analogy-based software cost estimation using the Mantel correlation,” Proceedings of the 14th Asia-Pacific Software Engineering Conference, 2007.

[8] L. Li, and J. Offutt, “Algorithmic analysis of the impact of changes to object-oriented software,” Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, 1996.

[9] N. Mantel, “The detection of disease clustering and a generalized regression approach,” Cancer Research, vol. 27, pp. 209-220, February, 1967.

[10] B. Manly, Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology, 2nd ed., Chapman & Hall/CRC, 1997.

[11] B. Manly, Multivariate Statistical Methods – A Primer, Second Edition ed, Chapman & Hall/CRC, 1998.

[12] D. Kung, J. Gao, P. Hsia, F. Wen, Y. Toyoshima, and C. Chen, “Change impact identification in object oriented software maintenance,” Proceedings of the International Conference on Software Maintenance, 1994.

[13] M. Shapped, and C. Schofield, “Estimating software project effort using analogies. IEEE Transaction on Software Engineering,” vol 23(11), pp. 738-743, November 1997.

[14] S. S. Yau, and J. S. Collofello, “Some stability measures for software maintenance,” IEEE Transactions on Software Engineering, vol 6(6), 545-552, November/December 1980.

[15] M. O. Elsih, and D. Rine, “Investigation of metrics for object-oriented design logical stability,” Proceeding of the Seventh European Conference on Software Maintenance and Reengineering, 2003.

[16] SDMetircs home page, online at: http://www.sdmetrics.com.

[17] MagicDraw UML, available from: http://www.magicdraw.com

[18] Open source software, online at: https://sourceforge.net

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชลิตา ชีววิริยะนนท์ เกิดวันที่ 14 พฤศจิกายน 2525 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) เกียรตินิยมอันดับสอง ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2548 จากนั้นเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย