การประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของชุดคำสั่ง ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงความต้องการ

นางสาว ภัทราพร ฟูเกียรติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATING LEARNABILITY AND UNDERSTANDABILITY OF SOURCE CODE COMPONENTS DEVELOPED USING DESIGN PATTERNS ACCORDING TO REQUIREMENTS CHANGE

Miss Pattaraporn Fukiat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Software Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
โดย	นางสาว ภัทราพร ฟูเกียรติ
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริ้วไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ หมื่นไชยศรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. เฉลิมศักดิ์ เลิศวงศ์เสถียร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภัทราพร ฟูเกียรติ : การประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงความต้องการ. (EVALUATING LEARNABILITY AND UNDERSTANDABILITY OF SOURCE CODE COMPONENTS DEVELOPED USING DESIGN PATTERNS ACCORDING TO REQUIREMENTS CHANGE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. นครทิพย์ พร้อมพูล, 147 หน้า.

เป้าหมายของการพัฒนาซอฟต์แวร์คือ ต้องการได้ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพ ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ คุณภาพการใช้งานเป็นหนึ่งในหกลักษณะเชิงคุณภาพที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO / IEC 9126 ซึ่งเป็นที่ยอมรับในหมู่วิศวกรซอฟต์แวร์ว่าควรจะกำหนดเป็นความต้องการเชิงคุณภาพในหลายๆ แอปพลิเคชันโดเมน เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อการดำเนินงานของผู้ใช้

ปัจจุบันแบบรูปการออกแบบซอฟต์แวร์ได้รับความนิยมนำมาใช้สนับสนุนการออกแบบซอฟต์แวร์ ถึงแม้ว่าแต่ละแบบรูปจะได้ระบุสถานการณ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ แต่ไม่ได้ระบุว่าจะมีผลอย่างไรต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ นอกจากนี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบางส่วนในชุดของโปรแกรม ก็เป็นการยากที่จะระบุว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนั้น จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์อย่างไร

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของการใช้งานจากมุมมองผู้เชี่ยวชาญ ของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ ซึ่งเน้นการวิเคราะห์คุณภาพของการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการเรียนรู้และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ และการประเมินผลกระทบของคุณภาพจากการเปลี่ยนแปลง วิธีการที่นำเสนอนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพด้านอื่นๆของซอฟต์แวร์

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต ภัทราพร ฟูเกียรติ

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก นครทิพย์ พร้อมพูล

ปีการศึกษา 2553

5270437721: MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS : DESIGN PATTERNS / QUALITY ATTRIBUTES / USABILITY / LEARNABILITY / UNDERSTANDABILITY / DESIGN PATTERN DETECTION / SOFTWARE CHANGE

PATTARAPORN FUKIAT : EVALUATING LEARNABILITY AND UNDERSTANDABILITY OF SOURCE CODE COMPONENTS DEVELOPED USING DESIGN PATTERNS ACCORDING TO REQUIREMENTS CHANGE. ADVISOR : ASST. PROF. NAKORNTHIP PROMPOON, 147 pp.

The goal of software development is to earn the quality software that meets user requirements under various constraints. Usability is one of the six quality characteristics defined in ISO/IEC 9126 standard that widely accepted among software engineers. It should be included as quality requirements in different application domains since it directly affect the user operation.

Nowadays, software design patterns are always applied to facilitate the software design. Although, each one identifies the appropriate scenario may be used, it does not indicate the quality effect. In addition, once there is a partial change in a set of program. It is hardly to know how such change will impact the software quality.

This research presents an approach to analyze the usability quality attribute from expert viewpoint of software components implemented by using design patterns. The approach focuses on the analysis of usability composed of learnability and understandability attribute of system source code and also the evaluation of the effects to the quality from the changes. Our approach may be applied to analyze and evaluate other software quality characteristics.

Department : Computer Engineering Student's Signature Pattaraporn Fukiat

Field of Study : Software Engineering Advisor's Signature Nakornthip Prompoon

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตาและความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ตลอดจนความเอาใจใส่และความเชื่อมั่นที่อาจารย์มีให้ผู้วิจัย ซึ่งเป็นกำลังใจและเป็นแรงส่งเสริมให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนางานวิจัยที่มีคุณภาพและมีคุณค่า

ขอกราบขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี และดร.เฉลิมศักดิ์ เลิศวงศ์เสถียร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำสำหรับโครงร่างวิทยานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้อง ทุกคนที่คอยห่วงใยและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.3 ขั้นตอนการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1.1 แบบรูปการออกแบบ 6
2.1.2 การตรวจหาแบบรูปการออกแบบ 6
2.1.3 คุณลักษณะเชิงคุณภาพ 8
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงทางซอฟต์แวร์ 11
2.1.5 เอกซ์เอ็มแอล (XML) 12
2.1.6 การแจกแจงแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli Distribution) [12] 12
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.2.1 An Empirical Study of Design Patterns and Software Quality [13] 13

หน้า

2.2.2 An Investigation into the Notion of Non-Functional Requirements[2].....15

2.2.3 Design Pattern Detection Using Similarity Scoring [8] 17

บทที่ 3 การออกแบบวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ 20

3.1 การศึกษาวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ.....21

3.2 การออกแบบวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ 26

3.2.1 การตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 27

3.2.2 การอ่านและประมวลผลเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 28

3.2.3 การคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ 29

บทที่ 4 การออกแบบ และพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ 33

4.1 การออกแบบหน้าที่การทำงานของเครื่องมือ 33

4.1.1 การนำเข้าและแยกประเภทคลาสจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอล.....35

4.1.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ 35

4.2 การวิเคราะห์ความต้องการของเครื่องมือ.....36

4.2.1 ความต้องการเชิงหน้าที่ (Functional Requirements) 37

4.2.2 ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่ (Non-Functional Requirements).....39

4.3 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือ 40

4.3.1 แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) 41

4.3.2 แผนภาพคลาส (Class Diagram) 42

4.3.3 แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) 44

4.4 การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ของเครื่องมือ 45

4.5 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ 47

หน้า

4.5.1 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์.....47
4.5.2 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือด้านซอฟต์แวร์.....47
4.6 การทดสอบเครื่องมือ.....48
4.6.1 สภาพแวดล้อมการทดสอบ.....48
4.6.2 สรุปผลการทดสอบ.....48
บทที่ 5 กรณีศึกษาและประเมินผลของเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ.....50
5.1 กรณีศึกษาสำหรับทดสอบและประเมินผลเครื่องมือ.....50
5.1.1 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw.....50
5.1.2 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit.....52
5.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้กรณีศึกษา.....53
5.2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษา JHotDraw.....53
5.2.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษา JUnit.....54
5.3 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ.....56
5.3.1 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ JHotDraw.....56
5.3.2 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ JUnit.....59
บทที่ 6 บทสรุปการวิจัยแนวทางการวิจัยต่อ.....63
6.1 สรุปผลการวิจัย.....63
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....64
6.3 แนวคิดในการพัฒนาต่อ.....64
รายการอ้างอิง.....65
ภาคผนวก.....67
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ.....68

หน้า

ภาคผนวก ข รายละเอียดแบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์ 69
ภาคผนวก ค ความต้องการเชิงหน้าที่ของเครื่องมือ 72
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือ 86
ภาคผนวก จ กรณีทดสอบ.....94
ภาคผนวก ฉ เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ.....109
ภาคผนวก ช ข้อมูลกรณีศึกษา 112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะเชิงคุณภาพและคุณลักษณะย่อย.....10
ตารางที่ 2.2 การประเมินผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ(1)..14
ตารางที่ 2.3 การประเมินผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ(2). 15
ตารางที่ 2.4 ผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ.....19
ตารางที่ 3.1 ผลของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ และค่าตัวแปรสุ่มของคลาส 30
ตารางที่ 4.1 คำอธิบายแผนภาพคลาสของเครื่องมือ.....42
ตารางที่ 4.2 คำอธิบายโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ของเครื่องมือ.....45
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ 49
ตารางที่ 5.1 แบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 51
ตารางที่ 5.2 แบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 52
ตารางที่ 5.3 จำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ 53
ตารางที่ 5.4 ผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3 และ 6.0.....53
ตารางที่ 5.5 ผลการคำนวณสถิติทดสอบของ JHotDraw 5.3 และ 6.0.....54
ตารางที่ 5.6 จำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ 55
ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2 และ 4.9.2.....55
ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณสถิติทดสอบของ ของ JUnit 4.8.2 และ 4.9.2 55

หน้า

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3 57
ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 6.0 58
ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบผลการคำนวณสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JHotDraw 5.3 และ 6.0 59
ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2 60
ตารางที่ 5.13 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.9.2 61
ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบผลการคำนวณสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JUnit 4.8.2 และ 4.9.2 62
ตารางที่ ค. 1 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0101 72
ตารางที่ ค. 2 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0102 72
ตารางที่ ค. 3 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0103 73
ตารางที่ ค. 4 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0104 73
ตารางที่ ค. 5 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0105 74
ตารางที่ ค. 6 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0106 74
ตารางที่ ค. 7 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0107 75
ตารางที่ ค. 8 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0201 75
ตารางที่ ค. 9 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0202 76
ตารางที่ ค. 10 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0203 76
ตารางที่ ค. 11 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0204 77
ตารางที่ ค. 12 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0205 77

หน้า

ตารางที่ ค. 13 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0206 78
ตารางที่ ค. 14 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0207 78
ตารางที่ ค. 15 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0208 79
ตารางที่ ค. 16 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0209 79
ตารางที่ ค. 17 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0210 80
ตารางที่ ค. 18 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0211 80
ตารางที่ ค. 19 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0212 81
ตารางที่ ค. 20 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0213 82
ตารางที่ ค. 21 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0214 83
ตารางที่ ค. 22 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0215 83
ตารางที่ ค. 23 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0216 84
ตารางที่ ค. 24 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0217 84
ตารางที่ ค. 25 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0218 85
ตารางที่ จ. 1 กรณีทดสอบ รหัส T0101 94
ตารางที่ จ. 2 กรณีทดสอบ รหัส T0103 97
ตารางที่ จ. 3 กรณีทดสอบ รหัส T0105 99
ตารางที่ จ. 4 กรณีทดสอบ รหัส T0210 101
ตารางที่ จ. 5 กรณีทดสอบ รหัส T0211 103
ตารางที่ จ. 6 กรณีทดสอบ รหัส T0215 105
ตารางที่ จ. 7 กรณีทดสอบ รหัส T0216 107
ตารางที่ ช. 1 โครงสร้างคลาสของ JHotDraw 5.3 113
ตารางที่ ช. 2 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3 116
ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0 120
ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 124

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ ช. 5 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JHotDraw 6.0 130
ตารางที่ ช. 6 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ลดลงของ JHotDraw 5.3 132
ตารางที่ ช. 7 โครงสร้างคลาส JUnit 4.8.2 133
ตารางที่ ช. 8 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.8.2 136
ตารางที่ ช. 9 โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2 139
ตารางที่ ช. 10 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2 142
ตารางที่ ช. 11 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JUnit 4.9.2 145
ตารางที่ ช. 12 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ลดลงของ JUnit 4.8.2 146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภาพคลาสจำลองการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ [8] 7
รูปที่ 2.2 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้กราฟ [8].....7
รูปที่ 2.3 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้เมทริกซ์ [8].....8
รูปที่ 2.4 แบบจำลองคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์คุณภาพภายในและคุณภาพภายนอก [1] 9
รูปที่ 2.5 ผลการสำรวจประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น [9] 11
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักและชนิดของระบบ [2].....16
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของแอปพลิเคชันโดเมนกับความต้องการ.....17
รูปที่ 2.8 แผนภาพคลาสแบบรูปการออกแบบเดกคอเรเตอร์ [8].....18
รูปที่ 2.9 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบกราฟและเมทริกซ์ [8].....18
รูปที่ 3.1 แผนภาพกิจกรรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน.....20
รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมการศึกษาวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ.....21
รูปที่ 3.3 การออกแบบขั้นตอนการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ 26
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 27
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการอ่านและประมวลผลเอกซ์เอ็มแอล 28
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบ.....28
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ.....29
รูปที่ 3.8 เขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐาน 32
รูปที่ 4.1 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ.....34
รูปที่ 4.2 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของเครื่องมือ.....41
รูปที่ 4.3 แผนภาพคลาสและความสัมพันธ์ของแต่ละคลาส 42
รูปที่ 4.4 แผนภาพลำดับการทำงานของเครื่องมือ 44
รูปที่ 4.5 โครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้เครื่องมือ 45
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือ.....46

หน้า

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลที่ได้จากการคำนวณของเครื่องมือ 46
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานของเครื่องมือ.....47
รูปที่ 5.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3.....56
รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 6.0.....57
รูปที่ 5.3 ค่าสถิติทดสอบและผลการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากเครื่องมือของ.....58
รูปที่ 5.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2 60
รูปที่ 5.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.9.2 60
รูปที่ 5.6 ค่าสถิติทดสอบและผลการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากเครื่องมือของ.....61
รูปที่ ง. 1 แผนภาพกิจกรรมแสดงภาพรวมของการใช้เครื่องมือ 86
รูปที่ ง. 2 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือ 87
รูปที่ ง. 3 ตัวอย่างการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล.....88
รูปที่ ง. 4 ตัวอย่างผลการแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบ.....89
รูปที่ ง. 5 ตัวอย่างผลการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ 89
รูปที่ ง. 6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเรียนรู้.....90
รูปที่ ง. 7 ตัวอย่างการประเมินความสามารถในการเรียนรู้.....91
รูปที่ ง. 8 ระดับนัยสำคัญสำหรับใช้ในการประเมิน.....91
รูปที่ ง. 9 ตัวอย่างผลการประเมินความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
ของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น.....92
รูปที่ ง. 10 หน้าจอให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความต้องการเพื่อบันทึกผล 93
รูปที่ ง. 11 ข้อความเตือนเมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว.....93
รูปที่ จ. 1 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0101 95
รูปที่ จ. 2 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีผิดพลาดของรหัส T0101.....95
รูปที่ จ. 3 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0101 96
รูปที่ จ. 4 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0101.....96

หน้า

รูปที่ จ. 5 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0103 98
รูปที่ จ. 6 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0103 98
รูปที่ จ. 7 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0103.....98
รูปที่ จ. 8 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0105 100
รูปที่ จ. 9 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0105 100
รูปที่ จ. 10 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0105.....100
รูปที่ จ. 11 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0210 102
รูปที่ จ. 12 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0210 102
รูปที่ จ. 13 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0210.....102
รูปที่ จ. 14 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0211 104
รูปที่ จ. 15 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0211 104
รูปที่ จ. 16 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0211 104
รูปที่ จ. 17 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0215 106
รูปที่ จ. 18 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0215 106
รูปที่ จ. 19 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0215.....106
รูปที่ จ. 20 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0216 108
รูปที่ จ. 21 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0216 108
รูปที่ จ. 22 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0216.....108
รูปที่ ฉ. 1 เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ.....109
รูปที่ ฉ. 2 เลือกรายการสำหรับเปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ.....110
รูปที่ ฉ. 3 ผลที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 110
รูปที่ ฉ. 4 เลือกรายการสำหรับนำออกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของผลการตรวจหา 111
รูปที่ ฉ. 5 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลของผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ.....111
รูปที่ ช. 1 ตัวอย่างเครื่องมือ JHotDraw 112

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ สร้างและบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ทางด้านซอฟต์แวร์เป็นจำนวนมาก ทำให้มีการแข่งขันกันในธุรกิจทางด้านซอฟต์แวร์ค่อนข้างสูง แต่ละบริษัทต้องมีการวางแผนกลยุทธ์ต่างๆ ในการแสดงถึงศักยภาพของบริษัทตนเองเพื่อให้ลูกค้าเกิดความเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่ลูกค้าได้รับนั้นจะมีคุณภาพอยู่ในระดับที่ลูกค้าต้องการ

สิ่งหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการนำเสนอต่อลูกค้าเพื่อแสดงถึงศักยภาพของบริษัทคือคุณภาพของการพัฒนาซอฟต์แวร์ การได้มาซึ่งคุณภาพของซอฟต์แวร์นั้นประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น เงินทุน ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนา ความสามารถของผู้พัฒนาและกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เป็นต้น โดยแบบจำลองคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน ไอเอสโอ/ไออีซี 9126 (ISO/IEC 9126) [1] ได้กำหนดคุณสมบัติเชิงคุณภาพต่างๆ ไว้ 6 คุณลักษณะ (รายละเอียดตามหัวข้อที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง) แต่คุณลักษณะเชิงคุณภาพที่มีความสำคัญคือคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน (Usability) โดยมีแอทริบิวต์ (Attribute) ที่ให้ความสนใจได้แก่ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ความสามารถของซอฟต์แวร์ที่สามารถทำให้ผู้ใช้เรียนรู้การใช้งานของแอปพลิเคชัน และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจ (Understandability) คือ ความสามารถของซอฟต์แวร์ที่สามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ไม่ว่าซอฟต์แวร์จะมีความเหมาะสมหรือไม่ และผู้ใช้สามารถใช้งานที่มีความเฉพาะเจาะจงและเงื่อนไขต่างๆ ของการใช้งานได้ ซึ่งคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน เป็นความต้องการที่ได้รับการพิจารณาให้มีอยู่ในทุกระบบ และเกือบทุกแอปพลิเคชันโดเมน [2] แต่นอกจากนี้ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญได้แก่

การออกแบบวิธีการในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ซึ่งในปัจจุบันการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้หลักแนวคิดเชิงวัตถุในการออกแบบ(Object Oriented Design - OOD) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าหลักแนวคิดเชิงวัตถุจะช่วยสนับสนุนให้ผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่ได้จากการพัฒนานั้นมีคุณภาพ แต่ถ้าผู้พัฒนาซอฟต์แวร์นั้นไม่มีประสบการณ์หรือขาดความเข้าใจถึงการออกแบบโดยใช้

หลักแนวคิดเชิงวัตถุจริง ก็อาจทำให้ซอฟต์แวร์นั้นไม่มีคุณภาพและมีวิธีการเขียนโปรแกรมที่ไม่ต่างอะไรกับการเขียนโปรแกรมแบบตามลำดับ(Structured Programming) ด้วยเหตุนี้การพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้หลักแนวคิดเชิงวัตถุในการออกแบบจึงควรมีแบบรูปการออกแบบ(Design Patterns) ที่ชัดเจน เข้าใจง่ายและเป็นสากลซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนาประสบผลสำเร็จได้ง่ายกว่าการพัฒนาที่ขาดรูปแบบที่ชัดเจน

แบบรูปการออกแบบที่ถูกออกแบบโดยแก๊งออฟโฟร์ (Gang Of Four - GOF) [3] [4] เป็นแบบรูปที่ได้รับการยอมรับในกลุ่มวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Software Engineering) ว่ามีความเหมาะสมต่อการพัฒนาระบบ ซึ่งหากมีการใช้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าผู้พัฒนาจะเป็นผู้ที่มีประสบการณ์มากหรือน้อยก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์แบบเดียวกัน ซึ่งจะเป็นการรักษามาตรฐานของซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นและทำให้ผู้พัฒนามีความเข้าใจหลักการพัฒนาที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

การนำแบบรูปการออกแบบมาช่วยในการสนับสนุนการออกแบบการพัฒนาซอฟต์แวร์จะมีการจำลองถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่มักจะเกิดขึ้นในทางธุรกิจจริงและจะมีการบอกถึงแบบรูปที่ควรจะเลือกใช้ในแต่ละเหตุการณ์ แต่ไม่ได้มีการบอกว่าแบบรูปที่ผู้พัฒนาเลือกใช้นั้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ในด้านใดบ้าง

ดังนั้นการออกแบบการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้แบบรูปการออกแบบจึงมีปัญหาเกิดขึ้นดังนี้

1) ผู้พัฒนาไม่สามารถบอกได้ว่าแบบรูปการออกแบบที่เลือกใช้มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์อย่างไรบ้าง เพื่อนำมาประเมินคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่ออกแบบด้วยแบบรูปการออกแบบได้

2) หากมีการเปลี่ยนแปลงก็ไม่สามารถทราบได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้น จะส่งผลกระทบอย่างไรต่อคุณภาพของแบบรูปการออกแบบ เพื่อนำไปเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการและสร้างเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของการใช้งานจากมุมมองผู้เชี่ยวชาญ ของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ ซึ่งเน้นการวิเคราะห์คุณภาพของการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการเรียนรู้

และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ และการประเมินผลกระทบของคุณภาพจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการทางซอฟต์แวร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อนำเสนอวิธีการและสร้างเครื่องมือ สำหรับการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ในคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน โดยมีแอทริบิวต์ที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2) เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทางซอฟต์แวร์ต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยแอทริบิวต์ที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งซอฟต์แวร์ที่ดีมีคุณภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะชุดคำสั่งส่วนที่มีการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบเท่านั้น

2) แบบรูปการออกแบบที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ 11 แบบรูปการออกแบบที่สามารถทำการตรวจหาด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ ดังนี้ สเตท สแทรททิจี คอมโพสิต เดกคอเรเตอร์ อ็อบเซิร์ฟเวอร์ โปรโตไทป์ พรอคซี แฟคทอรีเมธอด ซิงเกอร์ตัน เทมเพลทเมธอด และวิซิทเตอร์

3) ชุดคำสั่งที่ต้องการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ จะต้องทำการแปลงชุดคำสั่งให้เป็นดอทคลาส (.class) ก่อนนำเข้าเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

4) คุณลักษณะเชิงคุณภาพที่นำมาพิจารณาได้แก่ คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน โดยมีแอทริบิวต์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

5) ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพดังกล่าวกับชุดคำสั่งอย่างน้อย 2 ชุดคำสั่ง

6) สามารถอ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ [5] เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้

7) สามารถทำการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านการใช้งาน ของชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นด้วยแบบรูปการออกแบบได้

8) สามารถทำการประเมินผลกระทบคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งานซึ่งประกอบด้วยแอทริบิวต์ที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบได้

9) การเปลี่ยนแปลงของชุดคำสั่ง ต้องเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงแก้ไขชุดคำสั่งที่ครอบคลุมในระดับคลาส

10) การประเมินผลกระทบด้านคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สามารถประเมินได้ในระดับคลาสที่มีส่วนของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ระบุไว้ในข้อ 2) เท่านั้น

1.3 ขั้นตอนการวิจัย

1) ศึกษาผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

2) ศึกษาคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่จำเป็นต้องมีของซอฟต์แวร์แต่ละประเภท

3) ศึกษาเครื่องมือเพื่อใช้ในการตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่มีในชุดคำสั่ง

4) ศึกษาความเป็นไปได้ของการทำงานวิจัย

5) กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน

6) ออกแบบโครงสร้างการดำเนินงาน

7) ออกแบบการทำงานของเครื่องมือ สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อ คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

8) พัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของแบบรูปการออกแบบ ที่มีต่อคุณลักษณะด้าน คุณภาพ

9) วิเคราะห์ผลกระทบของแบบรูปการออกแบบ ที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่มีส่วนประกอบของการ พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามโครงสร้างการดำเนินงาน ด้วยเครื่องมือที่พัฒนา

10) รวบรวมผลการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งของระบบเกิดขึ้น

11) ทำการเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่ง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงและ หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของชุดคำสั่งของระบบ

12) วิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ เมื่อชุดคำสั่งของระบบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นด้วยเครื่องมือที่พัฒนา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13) รวบรวมผลการวิเคราะห์ เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของระบบ

14) เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง และหลังเกิดการเปลี่ยนแปลงของชุดคำสั่งของระบบ

15) สรุปผลที่ได้จากการดำเนินงาน

16) จัดทำวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้วิธีการและเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน ในแอทริบิวต์ที่เกี่ยวข้องคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2) สามารถทราบผลกระทบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ

3) เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีในส่วนของการพัฒนาที่ประกอบด้วยแบบรูปการออกแบบเพื่อการบำรุงรักษาและเปลี่ยนแปลงในอนาคต

4) เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์คุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพด้านอื่นๆ ของซอฟต์แวร์ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แบบรูปการออกแบบ

แบบรูปการออกแบบคือแบบแผนหรือแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการออกแบบคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ แบบแผนหรือแนวทางเหล่านี้ไม่ใช่รูปแบบตายตัวที่จะถูกนำไปใช้โดยตรง แต่เป็นการอธิบายแนวทางหรือ โครงสร้างที่จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ในทางการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ แบบรูปการออกแบบจะแสดงความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างคลาสหรือความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุต่างๆ

แบบรูปการออกแบบช่วยทำให้กระบวนการพัฒนาโปรแกรมเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น เพราะเป็นตัวอย่างที่ผ่านการพิสูจน์ทดสอบมาแล้ว ทั้งยังสามารถทำให้การทำความเข้าใจชุดคำสั่ง (Source Code) เป็นไปได้ง่ายขึ้นในทีมที่คุ้นเคยกับแบบรูปการออกแบบ

แบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์เป็นชุดของแบบรูปการออกแบบที่ได้รับการยอมรับอย่างสูงในปัจจุบัน โดยในแบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์ จะประกอบไปด้วยแบบรูปการออกแบบที่มีคุณลักษณะและคุณประโยชน์ที่แตกต่างกันทั้งสิ้น 23 แบบรูปการออกแบบตามภาคผนวก ข ซึ่งสามารถจัดได้เป็น 3 หมวด [3] [4] ตามวัตถุประสงค์การใช้งานดังนี้

1. แบบรูปการออกแบบการสร้างวัตถุ(Creational Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในการสร้างกลุ่มวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมลักษณะ จำนวนและวิธีการสร้างวัตถุได้

2. แบบรูปการออกแบบโครงสร้าง(Structural Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในการออกแบบโครงสร้างเชิงวัตถุที่ต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบโครงสร้าง

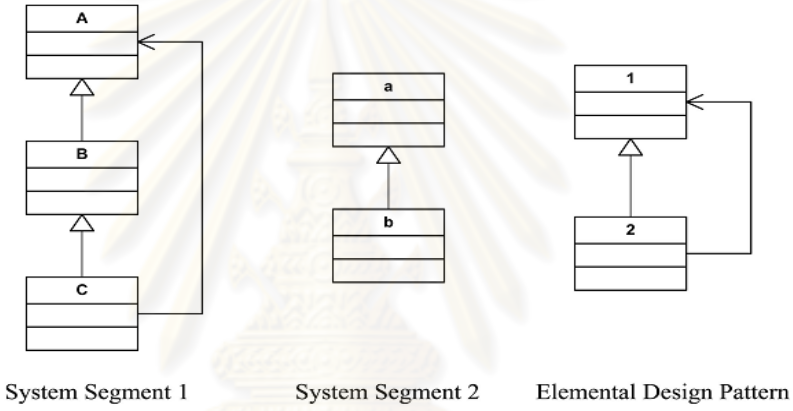
3. แบบรูปการออกแบบพฤติกรรม(Behavioral Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในเรื่องพฤติกรรมการทำงานระหว่างวัตถุและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

2.1.2 การตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

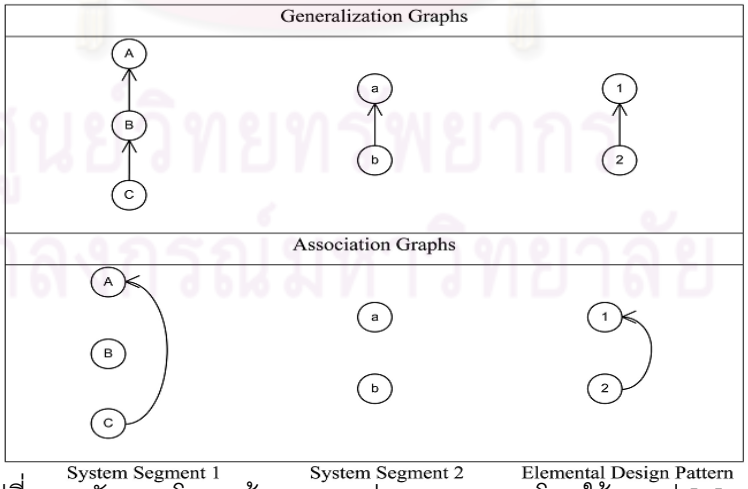
การตรวจหาแบบรูปการออกแบบเป็นการตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่ในชุดคำสั่งเพื่อหาแบบรูปการออกแบบที่ต้องการ ซึ่งหน้าที่หลักของความสามารถในการเรียนรู้ของซอฟต์แวร์คือความเข้าใจในการออกแบบและสถาปัตยกรรมที่ใช้ โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ การ

ตรวจหาแบบรูปการออกแบบนั้นควรได้รับการสนับสนุนโดยเครื่องมือที่ดำเนินการการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ [6] เพื่อให้การตรวจหาและวิเคราะห์เป็นไปด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งการตรวจหาแบบรูปการออกแบบนี้จะมีส่วนช่วยในขั้นตอนการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ด้วย [7]

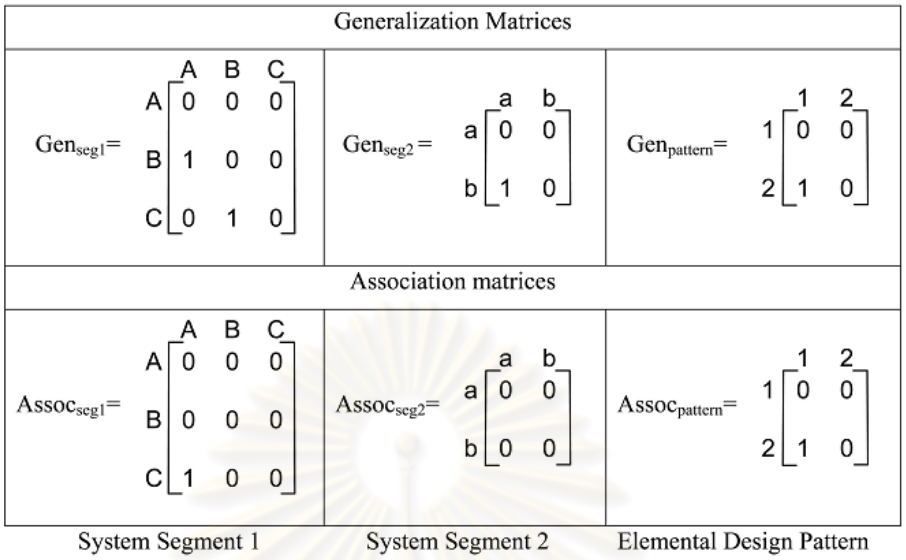
แนวคิดที่สำคัญในการสร้างแบบจำลองการตรวจหาแบบรูปการออกแบบคือ แผนภาพคลาส (Class Diagram) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสร้างตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้กราฟ และเมทริกซ์ (Matrix) ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนของแผนภาพคลาสดังกล่าวสามารถนำมาสร้างเป็นตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้กราฟและเมทริกซ์ได้ [8] ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3



รูปที่ 2.1 แผนภาพคลาสจำลองการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ [8]



รูปที่ 2.2 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้กราฟ [8]



รูปที่ 2.3 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้เมทริกซ์ [8]

ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบกราฟและเมทริกซ์นี้ ได้นำความสัมพันธ์จากแผนภาพคลาสมาใช้เพื่อหาความสัมพันธ์และสร้างเป็นตัวแทนกราฟและเมทริกซ์ขึ้น พิจารณาจากความสัมพันธ์ของคลาสในรูปแบบต่างๆ และใส่เครื่องหมายลูกศรเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสที่เกิดขึ้นในตัวแทนของกราฟ และใส่หมายเลข 1 เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสที่เกิดขึ้นในตัวแทนของเมทริกซ์ และใส่หมายเลข 0 เมื่อไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคลาสเกิดขึ้นในตัวแทนของเมทริกซ์

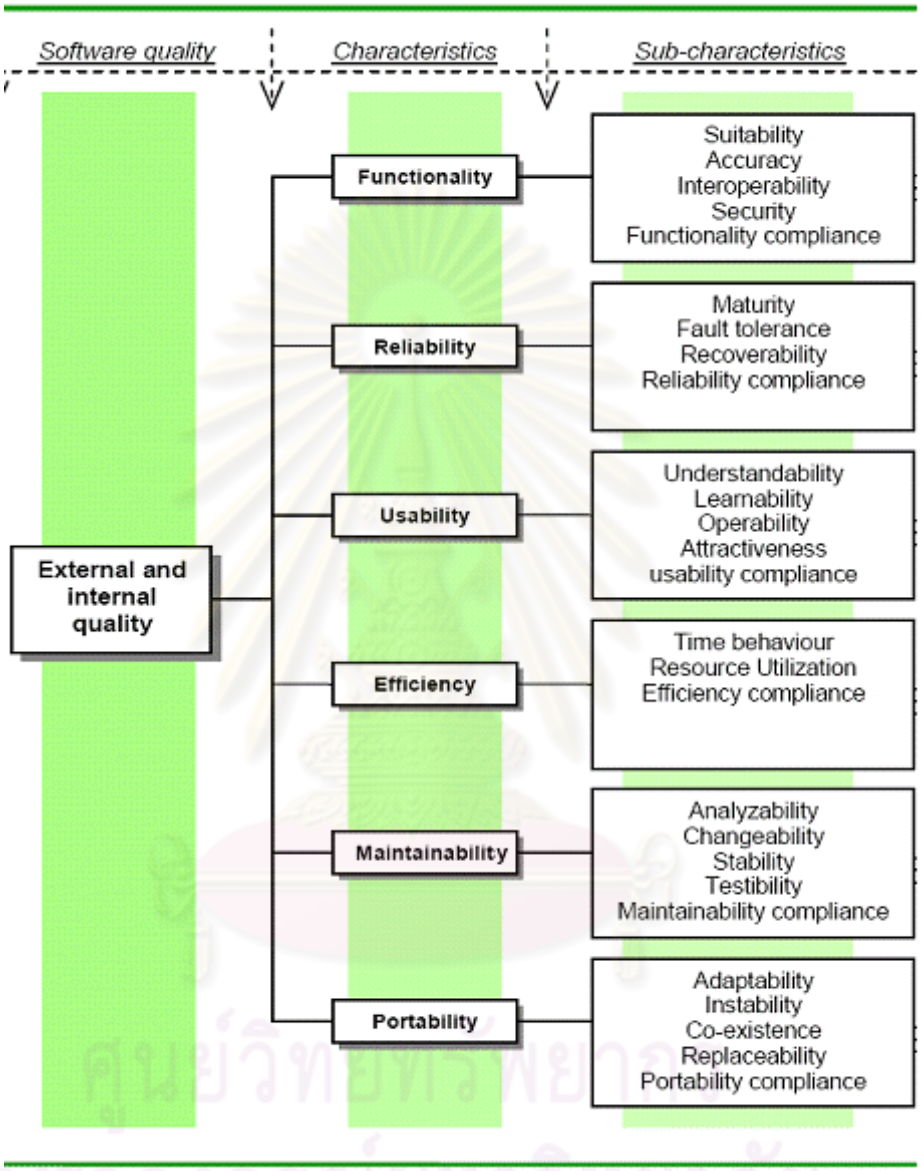
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกเครื่องมือการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ [5] ซึ่งใช้วิธีการดังกล่าว มาใช้ในการตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่ในชุดคำสั่งที่ต้องการ ซึ่งครอบคลุมการตรวจหาแบบรูปการออกแบบดังต่อไปนี้ สเตท สแทรททิจี คอมโพสิต เดกคอเรเตอร์ อ็อบเซิร์ฟเวอร์ โปรโตไทป์ พรอคซี แฟคทอรีเมธอด ซิงเกอร์ตัน เทมเพลทเมธอด และวิซิทเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะด้านคุณภาพต่อไป

2.1.3 **คุณลักษณะเชิงคุณภาพ**

แบบจำลองคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ตามองค์กรกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศซึ่งกำหนดมาตรฐานทั่วไปทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ยกเว้นทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) (International Organization for Standardization – ISO) และองค์กรระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (International Electrotechnical Commission – IEC) ไอเอสโอ/ไออีซี 9126 (ISO/IEC 9126) [1] ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. คุณภาพภายในและคุณภาพภายนอก (Internal Quality And External Quality) ประกอบด้วย 6 คุณลักษณะสำหรับคุณภาพภายในและภายนอก ดังรูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.1

2. คุณภาพในการใช้ (Quality In Use) ประกอบด้วย 4 คุณลักษณะ ซึ่งเป็นการรวมผลที่ได้จากผู้ใช้จาก 6 คุณลักษณะเชิงคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.4 แบบจำลองคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์คุณภาพภายในและคุณภาพภายนอก [1]

มาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ ไอเอสโอ/ไออีซี 9126 ได้กำหนดคุณสมบัติเชิงคุณภาพไว้ดังนี้

1. หน้าที่หลักของระบบ (Functionality) หมายถึง หน้าที่หลักของซอฟต์แวร์ โดยต้องมีหน้าที่หลักตรงกับความต้องการของลูกค้า เช่น ซอฟต์แวร์ต้องประมวลผลออกมาถูกต้อง มีความปลอดภัย เป็นต้น

2. ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หมายถึง สภาพพร้อมใช้งานที่ระบบยังคงทำงานอยู่ได้แม้ว่าจะมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นที่ใดที่หนึ่งก็ตาม ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุ

3. ความสามารถในการใช้งาน (Usability) คือ ความสามารถของซอฟต์แวร์ในการเรียนรู้เข้าใจการใช้งาน และดึงดูดผู้ใช้ เมื่อมีการใช้งานภายใต้เงื่อนไขที่ระบุ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเรียนรู้อะไรเป็นพิเศษ โดยมีแอทริบิวต์ที่สนใจได้แก่

- ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ (Learnability) คือ ความสามารถของซอฟต์แวร์ที่สามารถทำให้ผู้ใช้เรียนรู้การใช้งานของแอปพลิเคชัน

- ระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ (Understandability) คือ ความสามารถของซอฟต์แวร์ที่สามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจ ไม่ว่าซอฟต์แวร์จะมีความเหมาะสมหรือไม่ และผู้ใช้สามารถใช้งานที่มีความเฉพาะเจาะจงและเงื่อนไขต่างๆของการใช้งานได้

4. ประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ การใช้ทรัพยากรในการดำเนินการใดๆ ก็ตามโดยมีสิ่งมุ่งหวังถึงผลสำเร็จ และผลสำเร็จนั้นได้มาโดยการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด และการดำเนินการเป็นไปอย่างประหยัด ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลา ทรัพยากร แรงงาน รวมทั้งสิ่งต่างๆ ที่ต้องใช้ในการดำเนินการนั้นๆ ให้เป็นผลสำเร็จ และถูกต้อง

5. การบำรุงรักษา (Maintainability) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากในซอฟต์แวร์ที่ใช้ในวงการธุรกิจ เช่นเมื่อมีความจำเป็นต้องปรับปรุงซอฟต์แวร์ ก็สามารถวิเคราะห์การทำงานของซอฟต์แวร์นั้น แล้วนำไปปรับปรุงทดสอบได้โดยง่าย

6. การโอนย้ายระบบ (Portability) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญเมื่อจำเป็นต้องโอนย้ายระบบตามเทคโนโลยีใหม่ ซอฟต์แวร์ที่ดี ควรโอนย้ายระบบง่ายโดยไม่ต้องเขียนซอฟต์แวร์ใหม่

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะเชิงคุณภาพและคุณลักษณะย่อย

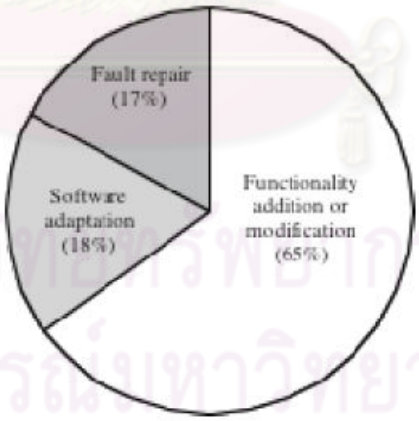
คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**คุณลักษณะย่อย**
1. หน้าที่หลักของระบบ	ตรงความต้องการ ความถูกต้อง ความต่อเนื่อง ตรงตามมาตรฐาน ความปลอดภัย
2. ความน่าเชื่อถือ	ความสมบูรณ์ ระดับปัญหาที่ยอมรับได้ การฟื้นฟู
3. ความสามารถในการใช้งาน	ความสามารถในการเข้าใจ การเรียนรู้
4. ประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรม ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร
5. การบำรุงรักษา	การวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลง การทดสอบ เสถียรภาพ
6. การโอนย้ายระบบ	ความเข้ากับสิ่งแวดล้อม งานโอนย้ายระบบ ความสอดคล้องกับมาตรฐาน

โดยผู้วิจัยได้เลือกคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน โดยมีแอทริ-บิวต์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ในการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านการใช้งานของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงทางซอฟต์แวร์

การเปลี่ยนแปลงทางซอฟต์แวร์ [9] สามารถเกิดขึ้นได้กับระบบทุกขนาด โดยเกิดเมื่อมีความต้องการใหม่ปรากฏขึ้น หรือต้องการที่จะเปลี่ยนความต้องการที่มีอยู่เดิมให้เป็นความต้องการใหม่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์จึงเป็นส่วนที่สำคัญมาก เนื่องจากความสำเร็จขององค์กรในปัจจุบันขึ้นอยู่กับระบบของซอฟต์แวร์ที่มีการลงทุนด้วยจำนวนเงินที่มากมาย

การบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ คือกระบวนการโดยทั่วไปของการเปลี่ยนแปลงระบบที่อาจเกิดขึ้นหลังการส่งมอบ โดยได้มีการสำรวจแล้วค้นพบว่าประมาณ 65% ของการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความต้องการใหม่ อีก 18% เป็นการเปลี่ยนแปลงระบบเพื่อให้เข้ากับการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมใหม่ และอีก 17% เป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของระบบ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ผลการสำรวจประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น [9]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความต้องการใหม่ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ในระดับคลาสมาใช้สำหรับการหาผลกระทบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของแบบรูปการออกแบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

2.1.5 เอกซ์เอ็มแอล (XML)

เอกซ์เอ็มแอล [8] เป็นรูปแบบที่อธิบายถึงรายละเอียดโครงสร้างของข้อมูลเป็นภาษาหรือชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบที่แตกต่างกัน [10] ได้โดยใช้ภาษาเอกซ์เอ็มแอลเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดไว้โดย W3C หรือ World Wide Web Consortium [11] ซึ่งเป็นองค์กรระดับนานาชาติที่ทำหน้าที่พัฒนามาตรฐานสำหรับใช้งานบนเวิลด์ไวด์เว็บ ดังนั้นเอกซ์เอ็มแอลจึงเป็นรูปแบบที่อธิบายถึงรายละเอียดของโครงสร้าง และแบบของข้อมูลโดยอาจเป็นภาษาหรือชุดคำสั่งเกี่ยวกับข้อมูล ที่จะทำให้ศักยภาพการพัฒนาโครงสร้างในส่วนของข้อมูลจากหลากหลายแอปพลิเคชันมีการจัดการ หรือเรียกใช้ข้อมูลด้วยมาตรฐานเดียวกัน

ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้เลือกใช้เอกซ์เอ็มแอลป็นเอกสารนำเข้าเพื่อจำแนกและระบุชนิดของแบบรูปการออกแบบที่มีในชุดคำสั่ง ซึ่งได้เอกสารเอกซ์เอ็มแอลจากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ

2.1.6 การแจกแจงแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli Distribution) [12]

หมายถึงการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่ผลของการทดลองที่เป็นไปได้ของการทดลองแต่ละครั้งมีค่าสังเกตจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เกิดเหตุการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เรียกว่าเกิดผลสำเร็จ (Success)
2. ไม่เกิดเหตุการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เรียกว่าไม่เกิดผลสำเร็จ (Failure)

การทดลองแต่ละครั้ง จะมีผลลัพธ์เกิดขึ้น 2 อย่าง คือ เกิดผลสำเร็จ และ ไม่เกิดผลสำเร็จ

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลสำเร็จ = p

ความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดผลสำเร็จ = 1 - p

และให้ X แทนตัวแปรสุ่มโดยเป็นจำนวนครั้งที่ได้ผลสำเร็จในการทดลองครั้งหนึ่งๆดังนั้นค่า X จะมีได้เพียง 2 ค่า คือ 0 หรือ 1

$$X = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าผลการทดลองเกิดผลสำเร็จ} \\ 0 & \text{ถ้าผลการทดลองไม่เกิดผลสำเร็จ} \end{cases}$$

ดังนั้นฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ X คือ

$$P(x;p) = P(X = x) = p(x) = p^x(1-p)^{1-x}; x = 0,1 \quad 0 \le p \le 1$$

ถ้า X=1 จะได้ $P(X = 1) = p(1) = p^1(1-p)^{1-1} = p$

ถ้า X=0 จะได้ $P(X=0)=p(0)=p^0(1-p)^{1-0}=1-p$

ดังนั้น $P(X=1)=p$ และ $P(X=0)=1-p$ โดยที่ $p+(1-p)=1$

พารามิเตอร์ (Parameter) คือ ค่าที่แสดงหรือบ่งบอกถึงลักษณะที่สำคัญของประชากรหรือตัวแปร เมื่อเป็นตัวแปรแบบเบอร์นูลลี ลักษณะที่สำคัญคือ โอกาสที่จะได้สิ่งที่สนใจ p ว่าค่ามีค่ามากหรือน้อยอย่างไร

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีแล้ว

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มแบบเบอร์นูลี $E(X)=\mu=p$

ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มแบบเบอร์นูลี $V(X)=\sigma^2=pq$ โดยที่ $q=(1-p)$

ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกการแจกแจงของตัวแปรเชิงสุ่มแบบเบอร์นูลลี มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลที่ได้จากงานวิจัยซึ่งได้กล่าวอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4 แนวคิดและวิธีดำเนินงาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 An Empirical Study of Design Patterns and Software Quality [13]

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Quality attributes) ในการพัฒนาและบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ โดยการทำแบบสอบถามซึ่งถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่มีประสบการณ์เป็นระยะเวลานานในการใช้แบบรูปการออกแบบในการพัฒนาและบำรุงรักษาซอฟต์แวร์จำนวน 20 คน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้งาน ซึ่งการพัฒนาและบำรุงรักษาซอฟต์แวร์เป็นกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติโดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ดังนั้นการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจึงมีความสำคัญ ผลของงานวิจัยดังกล่าวเป็นตัวแทนของประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ในผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ [14] โดยใช้กลุ่มของคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับแบบรูปการออกแบบดังต่อไปนี้

คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ (Design)

- ระดับความสามารถในการขยายการออกแบบระบบ (Expandability)
- ระดับความสามารถในการทำความเข้าใจระบบ (Simplicity)
- ระดับความสามารถในการนำชิ้นส่วนการออกแบบไปใช้ในการออกแบบระบบอื่นๆ (Reusability)

คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา (Implementation)

- ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ (Learnability)
- ระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ (Understandability)
- ระดับความสามารถในการพัฒนาฟังก์ชันงานที่เป็นอิสระต่อกัน (Modularity)

คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องขณะที่ระบบทำงาน (Runtime)

- ระดับความสามารถของฟังก์ชันที่ถูกเรียกใช้ได้อย่างกว้างขวางในขณะที่ระบบทำงาน (Generality)
- ระดับความสามารถของฟังก์ชันงานที่เป็นอิสระต่อกันในขณะที่ระบบทำงาน (Modularity at runtime)
- ระดับความสามารถของระบบที่สามารถจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่และการคำนวณในขณะที่ระบบทำงาน (Scalability)
- ระดับความสามารถของระบบที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องภายใต้เงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่ผิดปกติ (Robustness)

โดยการประเมินผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพเป็นดังตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 การประเมินผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (1) [13]

Design Patterns	Expendability(%)		Simplicity(%)		Generality(%)		Modularity(%)		Mod. at runtime(%)	
	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)
A.Factory	+	0.00	+	30.36	+	1.76	+	0.37	−	30.36
Builder	+	0.15	+	30.36	+	30.36	+	0.15	−	30.36
F.Method	+	1.76	+	30.36	+	30.36	+	5.92	−	30.36
Prototype	+	30.36	+	30.36	+	1.76	−	15.09	+	30.36
Singleton	−	0.15	+	0.15	−	5.92	−	0.37	−	0.37
Adapter	+	30.36	−	30.36	+	15.09	+	1.76	+	30.36
Bridge	+	0.37	−	0.37	+	5.92	+	1.76	+	50.00
Composite	+	0.00	+	5.92	+	1.76	+	5.92	+	30.36
Decorator	+	0.15	−	5.92	+	0.15	+	5.92	+	5.92
Facade	+	30.36	+	0.37	+	50.00	+	50.00	−	15.09
Flyweight	−	1.76	−	0.00	−	0.15	−	5.92	−	0.15
Proxy	−	30.36	+	15.09	+	15.09	+	1.76	−	15.09
Ch.Of.Resp	+	0.15	+	5.92	+	0.37	+	5.92	+	30.36
Command	+	5.92	−	30.36	+	15.09	+	15.09	−	30.36
Interpreter	+	5.92	+	50.00	+	15.09	+	30.36	−	30.36
Iterator	+	0.15	+	5.92	+	5.92	+	30.36	+	50.00
Mediator	+	30.36	−	5.92	−	30.36	+	50.00	−	5.92
Memento	−	5.92	+	50.00	−	30.36	−	0.15	−	0.15
Observer	+	0.15	+	15.09	+	1.76	+	1.76	+	5.92
State	+	5.92	+	15.09	+	15.09	+	15.09	+	30.36
Strategy	+	1.76	+	5.92	+	5.92	+	0.37	+	1.76
T.Method	+	0.37	+	5.92	+	1.76	−	5.92	−	5.92
Visitor	+	5.92	−	0.15	+	1.76	+	1.76	+	30.36
	19 + / 4 −		16 + / 7 −		19 + / 4−		18 + / 5 −		11 + / 12 −	

ตารางที่ 2.3 การประเมินผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (2) [13]

Design Patterns	Learnability(%)		Understandability(%)		Reusability(%)		Scalability(%)		Robustness(%)	
	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)	E	R(%)
A.Factory	−	15.09	−	15.09	+	50.00	−	1.76	−	0.00
Builder	+	30.36	+	0.37	−	15.09	−	0.00	−	0.00
F.Method	+	50.00	−	30.36	+	15.09	−	5.92	−	0.00
Prototype	−	30.36	+	30.36	+	30.36	−	5.92	−	0.15
Singleton	+	0.37	+	0.15	−	0.37	−	15.09	−	0.37
Adapter	+	5.92	−	30.36	+	5.92	−	0.00	−	0.00
Bridge	−	5.92	+	50.00	−	30.36	−	0.15	−	0.15
Composite	+	1.76	+	5.92	+	15.09	−	30.36	−	0.15
Decorator	−	30.36	−	30.36	−	5.92	−	0.37	−	0.00
Facade	+	5.92	+	1.76	−	5.92	−	1.76	−	1.76
Flyweight	−	0.00	−	0.00	−	15.09	+	1.76	−	1.76
Proxy	−	30.36	−	5.92	+	50.00	−	5.92	−	0.15
Ch.Of.Resp	+	15.09	−	5.92	+	30.36	−	0.15	−	1.76
Command	−	15.09	−	5.92	−	5.92	−	1.76	−	5.92
Interpreter	+	5.92	+	5.92	+	30.36	−	5.92	−	0.15
Iterator	+	50.00	+	50.00	+	5.92	−	0.37	−	30.36
Mediator	+	30.36	+	30.36	−	1.76	−	1.76	−	0.15
Memento	−	30.36	−	30.36	−	15.09	−	0.00	−	0.15
Observer	+	50.00	−	30.36	+	50.00	−	0.37	−	0.15
State	+	30.36	+	30.36	−	1.76	−	0.37	−	0.15
Strategy	+	1.76	+	15.09	−	30.36	−	1.76	−	5.92
T.Method	+	30.36	−	15.09	+	30.36	−	1.76	−	0.37
Visitor	−	0.37	−	1.76	−	1.76	−	1.76	−	0.00
	14 + / 9 −		11 + / 12 −		11 + / 12−		1 + / 22 −		0 + / 23 −	

โดยสัญลักษณ์ + หมายถึงผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพในแง่ดี และสัญลักษณ์ – หมายถึงผลกระทบของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพในทางตรงกันข้ามหรือเป็นกลาง และ R% หมายถึงร้อยละของความเสี่ยงที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสมมติฐานหลักคือ แบบรูปการออกแบบให้ผลที่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้ผลรวมของความหนาแน่นตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำผลการทดลองดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของการใช้งานซึ่งได้จากมุมมองผู้เชี่ยวชาญ ของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ ซึ่งเน้นการวิเคราะห์คุณภาพของการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการเรียนรู้และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2.2.2 An Investigation into the Notion of Non-Functional Requirements[2]

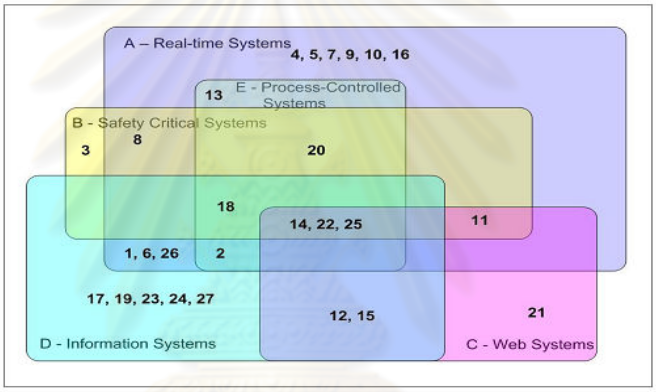
ถึงแม้ว่าความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ(Non-Functional Requirements - NFRs) จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ช่วยสนับสนุนความสำเร็จของการพัฒนาซอฟต์แวร์ แต่จากการศึกษาในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ในสังคมของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ไม่ได้มีความเห็นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน งานวิจัยดังกล่าวจึงแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ภาพรวมของงานวิจัยที่มีอยู่ซึ่งแบ่งความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบออกเป็น 3 มุมมอง

1. คำจำกัดความและคำศัพท์เฉพาะของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ (Definition and terminology)

2. ชนิดของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ (Types)

3. ความสัมพันธ์ของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบในชนิดของระบบและแอปพลิเคชันโดเมน (Application domains)

มีการอธิบายทัศนคติ 2 แบบของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ โดยมีการแสดงถึงความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบในระบบ 5 อันดับแรกที่มีการพิจารณามากที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยฉบับนี้ยังมีการเสนอประเภทของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ โดยแบ่งตามประเภทของระบบและแอปพลิเคชันโดเมน



Legend:

1 Accuracy	10 Installability	19 Reusability
2 Availability	11 Integrity	20 Safety
3 Communicativeness	12 Interoperability	21 Scalability
4 Compatibility	13 Maintainability	22 Security
5 Completeness	14 Performance	23 Standardizability
6 Confidentiality	15 Privacy	24 Traceability
7 Conformance	16 Portability	25 Usability
8 Dependability	17 Provability	26 Verifiability
9 Extensibility	18 Reliability	27 Viability

รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักและชนิดของระบบ [2]

โดยความสัมพันธ์ของความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบและชนิดของระบบเป็นดังรูปภาพที่ 2.6 ซึ่งจากการพิจารณาระบบ 5 ชนิด ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ 3 ชนิด ได้แก่ สมรรถนะ (Performance) ความปลอดภัย (Security) และความสามารถในการใช้งาน (Usability) เป็นความต้องการที่ได้รับการพิจารณาให้อยู่ในทุกระบบ และความสัมพันธ์ของแอปพลิเคชันโดเมนกับความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบเป็นดังรูปภาพที่ 2.7

Application Domain	Relevant NFRs
Banking and Finance	accuracy, confidentiality, performance, security, usability
Education	interoperability, performance, reliability, scalability, security, usability
Energy Resources	availability, performance, reliability, safety, usability
Government and Military	accuracy, confidentiality, performance, privacy, provability, reusability, security, standardizability, usability, verifiability, viability
Insurance	accuracy, confidentiality, integrity, interoperability, security, usability
Medical/Health Care	communicativeness, confidentiality, integrity, performance, privacy, reliability, safety, security, traceability, usability
Telecommuni-cation Services	compatibility, conformance, dependability, installability, maintainability, performance, portability, reliability, usability
Transportation	accuracy, availability, compatibility, completeness, confidentiality, dependability, integrity, performance, safety, security, verifiability

รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของแอปพลิเคชันโดเมนกับความต้องการส่วนที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ [2]

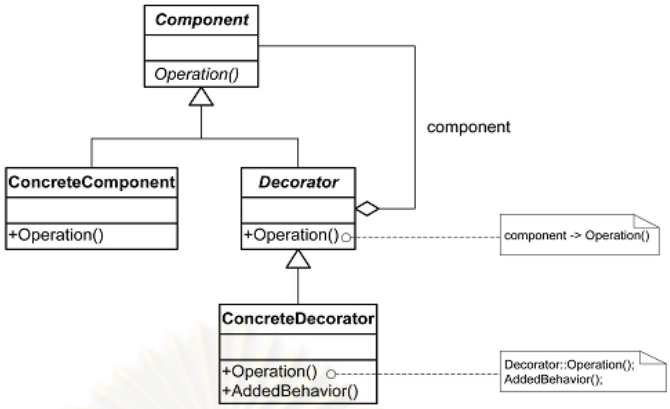
ในการศึกษา 8 แอปพลิเคชันโดเมน ผลการพิจารณาแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะและความสามารถในการใช้งานถูกนำมาพิจารณาเกือบทั้งหมดในแอปพลิเคชันโดเมน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกความสามารถในการใช้งานซึ่งเป็นความต้องการที่ได้รับการพิจารณาให้อยู่ในทุกระบบ และเกือบทุกแอปพลิเคชันโดเมน มาใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านการใช้งานของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ

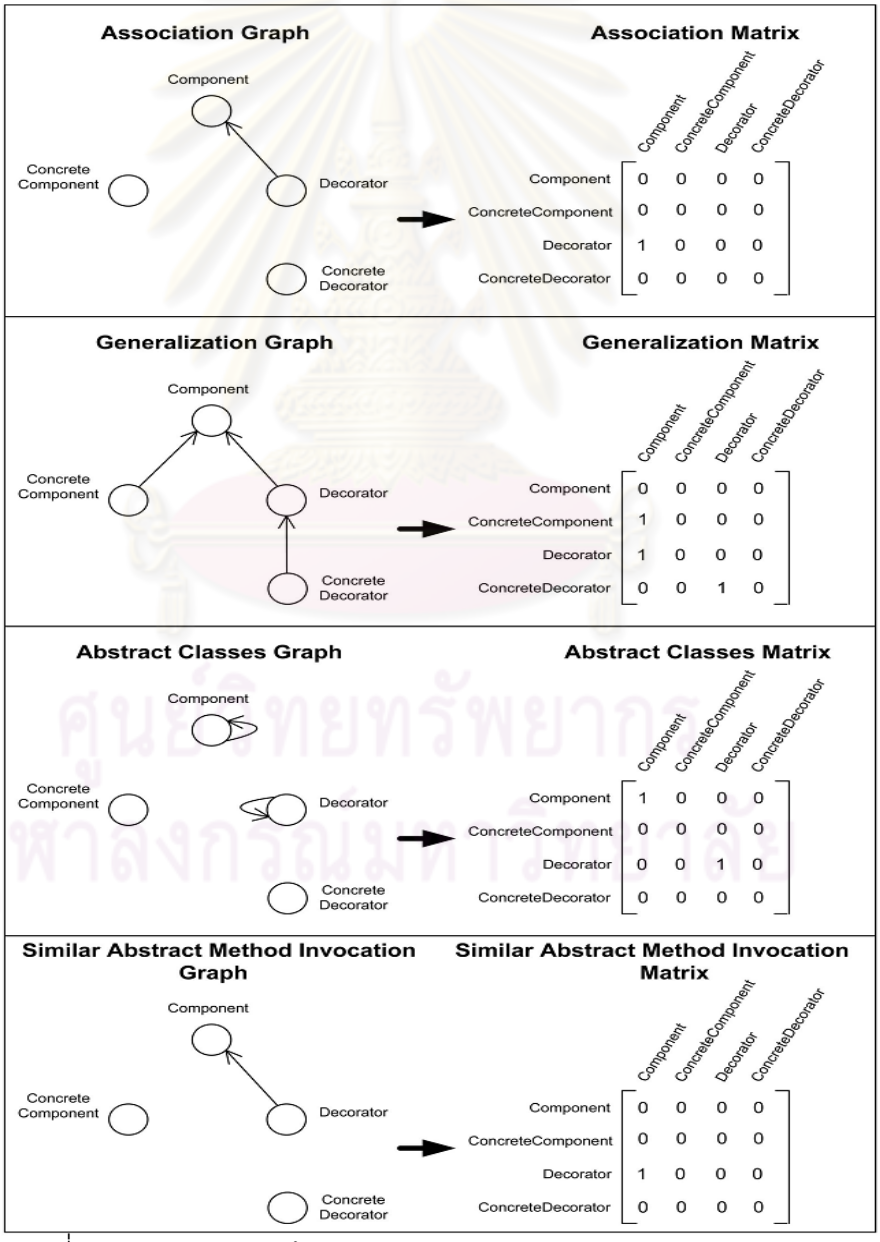
2.2.3 Design Pattern Detection Using Similarity Scoring [8]

งานวิจัยได้นำเสนอวิธีการตรวจหาแบบรูปการออกแบบซึ่งสามารถทำได้โดยอธิบายในขอบเขตของกราฟ โดยใช้คะแนนความเหมือน ซึ่งได้ทำการประเมินวิธีการกับ JHotDraw, JRefactory และ JUnit ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นด้วยแบบรูปการออกแบบ และเป็นชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง (Open Source) ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือภาษาจาวาแบบอัตโนมัติขึ้น และได้เลือกแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างคลาสในหลักแนวคิดเชิงวัตถุในการออกแบบโดยใช้เมทริกซ์ ซึ่งมีแนวคิดที่สำคัญคือแผนภาพคลาส ที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสร้างเมทริกซ์ ตัวอย่างแผนภาพคลาสของแบบรูปการออกแบบเดกคอเรเตอร์ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนของแผนภาพคลาสดังกล่าวสามารถสร้างเป็นตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบโดยใช้กราฟและเมทริกซ์ได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 แผนภาพคลาสแบบรูปการออกแบบเดกคอเรเตอร์ [8]



รูปที่ 2.9 ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบกราฟและเมทริกซ์ [8]

ตัวแทนโครงสร้างแบบรูปการออกแบบกราฟและเมทริกซ์นี้ได้นำความสัมพันธ์จากแผนภาพคลาสมาใช้เพื่อหาความสัมพันธ์และสร้างเป็นตัวแทนกราฟและเมทริกซ์ขึ้น ซึ่งพิจารณาจากความสัมพันธ์ของคลาสในรูปแบบต่างๆ ซึ่งได้อธิบายไว้ตามหัวข้อที่ 2.1.2 การตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

การประเมินผลได้นำเสนอวิธีการประเมินกับ 3 โครงการดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นซึ่งได้ผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบดังตารางที่ 2.4

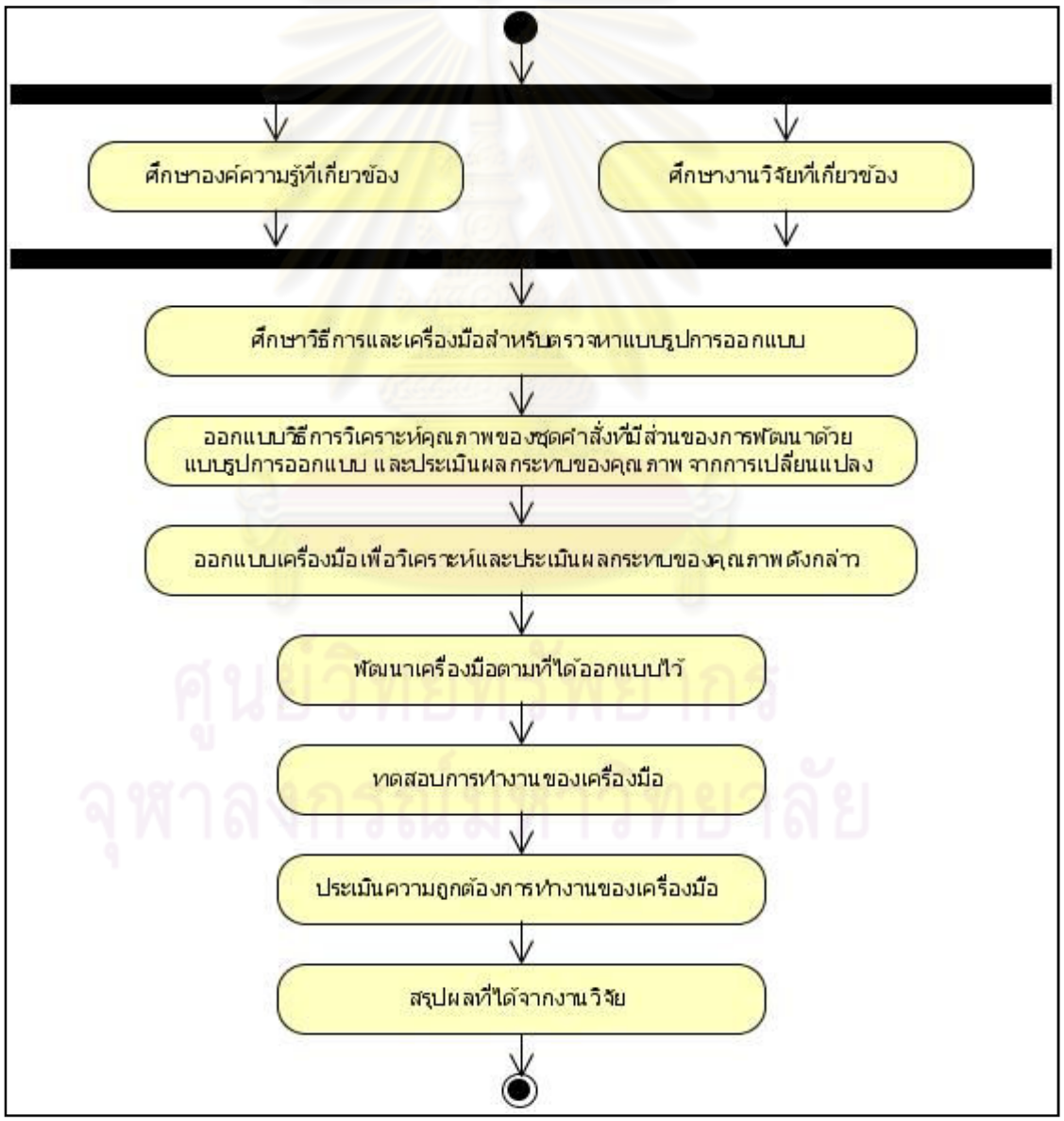
ตารางที่ 2.4 ผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ [8]

	JHotDraw v5.1			JRefactory v2.6.24			JUnit v3.7		
Design Patterns	***TP***	***FN***	***Recall***	***TP***	***FN***	***Recall***	***TP***	***FN***	***Recall***
Adapter/Command*	18	0	100%	7	0	100%	1	0	100%
Composite	1	0	100%	0	0	100%	1	0	100%
Decorator	3	0	100%	1	0	100%	1	0	100%
Factory Method	2	1	66.7%	1	3	25%	0	0	100%
Observer	5	0	100%	0	0	100%	4	0	100%
Prototype	1	0	100%	0	0	100%	0	0	100%
Singleton	2	0	100%	12	0	100%	0	0	100%
State/Strategy	22	1	95.6%	11	1	91.6%	3	0	100%
Template Method	5	0	100%	17	0	100%	1	0	100%
Visitor	1	0	100%	2	0	100%	0	0	100%

จากตารางที่ 2.4 ผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบของแต่ละโครงการได้ผลการนับค่าต่างๆดังนี้ ค่าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงและสามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าว (True Positives-TP) ค่าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าว (False Negatives-FN) เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ (Recall) ได้จาก ค่าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงและสามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าว หารกับค่าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงและสามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าวรวมกับค่าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าว (TP/(TP + FN)) ดังนั้นถ้าแบบรูปการออกแบบที่มีอยู่จริงแต่ไม่สามารถตรวจหาได้ด้วยวิธีดังกล่าวเป็นศูนย์ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการตรวจหาแบบรูปการออกแบบเท่ากับ 100%

บทที่ 3
การออกแบบวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ ของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและออกแบบวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแผนภาพกิจกรรมรูปที่ 3.1

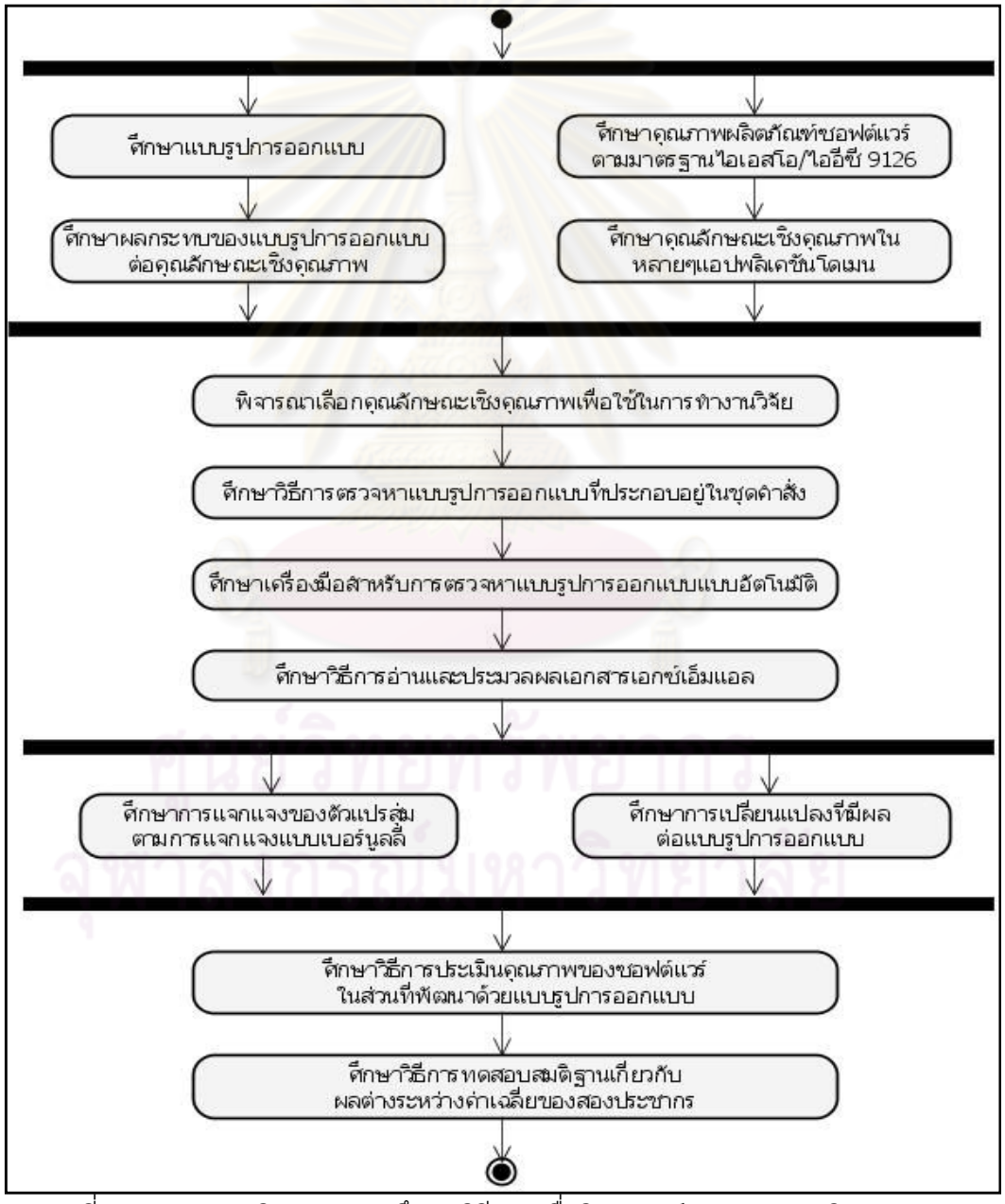


รูปที่ 3.1 แผนภาพกิจกรรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการศึกษาและออกแบบวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

เป็นการศึกษาวิธีการสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบซึ่งประกอบด้วยการศึกษาองค์ความรู้ที่สำคัญดังรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมการศึกษาวิธีการเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

1) ศึกษาแบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์ ซึ่งประกอบไปด้วยแบบรูปการออกแบบที่มีคุณลักษณะและคุณประโยชน์ที่แตกต่างกันทั้งสิ้น 23 แบบรูปการออกแบบ โดยแต่ละแบบรูปการออกแบบจะมีการระบุสถานการณ์ที่เหมาะสมในการนำแบบรูปการออกแบบไปใช้งาน แต่ยังไม่ได้มีการระบุถึงผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์

2) ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน ไอเอสโอ/ไออีซี 9126 ซึ่งประกอบด้วยคุณภาพภายในและคุณภาพภายนอก 6 คุณลักษณะด้วยกันดังนี้

1. หน้าที่หลักของระบบ แอทริบิวต์ย่อย ตรงความต้องการ ความถูกต้อง ความต่อเนื่อง ตรงตามมาตรฐาน ความปลอดภัย
2. ความน่าเชื่อถือ แอทริบิวต์ย่อย ความสมบูรณ์ ระดับปัญหาที่ยอมรับได้ การฟื้นฟู
3. ความสามารถในการใช้งาน แอทริบิวต์ย่อย ความสามารถในการเข้าใจ การเรียนรู้
4. ประสิทธิภาพ แอทริบิวต์ย่อย ประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรม ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร
5. การบำรุงรักษา แอทริบิวต์ย่อย การวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลง การทดสอบ เสถียรภาพ
6. การโอนย้ายระบบ แอทริบิวต์ย่อย ความเข้ากับสิ่งแวดล้อม งานโอนย้ายระบบ ความสอดคล้องกับมาตรฐาน

3) ศึกษาคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่ควรจะกำหนดเป็นความต้องการให้อยู่ในหลายๆแอป - พลิเคชันโดเมน (ดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่ 2.2.2) ซึ่งได้แก่ ความสามารถในการใช้งาน และสมรรถนะ

4) ศึกษาผลกระทบของแบบรูปการออกแบบ ที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งทำให้สามารถทราบได้ว่าแบบรูปการออกแบบนั้นส่งผลกระทบอย่างไรต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ (ดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่ 2.2.1)

5) พิจารณาเลือกคุณลักษณะเชิงคุณภาพ เพื่อใช้ในการทำงานวิจัย ซึ่งวิเคราะห์ได้จากคุณภาพผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ตามมาตรฐานไอเอสโอ/ไออีซี 9126และคุณภาพที่ได้รับการพิจารณาให้ประกอบอยู่ในหลายๆแอปพลิเคชันโดเมน ทั้งยังเป็นคุณภาพที่สามารถทราบได้ว่าแบบรูปการออกแบบนั้นส่งผลกระทบอย่างไรต่อคุณภาพดังกล่าว ดังนั้นคุณภาพที่เลือกใช้ในงานวิจัยได้แก่

คุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

6) ศึกษาวิธีการตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่งเพื่อแยกและระบุชนิดของแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่งนั้น (ดังที่กล่าวไว้ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่ 2.1.2)

7) ศึกษาเครื่องมือสำหรับการตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ [5] เพื่อช่วยให้การตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่งเป็นไปอย่างถูกต้องรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

8) ศึกษาวิธีการอ่านและประมวลผลเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ประกอบอยู่ภายในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบไปใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์ได้

9) ศึกษาการแจกแจงของตัวแปรสุ่มตามการการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบดังนี้

ให้ p คือความน่าจะเป็นที่คลาสมีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ

ให้ N คือจำนวนคลาสทั้งหมดที่ประกอบด้วยแบบรูปการออกแบบที่สนใจ

ให้ NL คือจำนวนคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

ให้ NU คือจำนวนคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

ให้ μ_L คือค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

ให้ μ_U คือค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

ให้ σ_L^2 คือค่าความแปรปรวนของข้อมูลต่อการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

ให้ σ_U^2 คือค่าความแปรปรวนของข้อมูลต่อการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

ดังนั้นสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบได้ดังนี้

$$p = \frac{\sum_{x=1}^{N} NL}{N}$$

ค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ $\mu_L = p$

ความน่าจะเป็นที่คลาสไม่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ = $(1-p)$

ค่าความแปรปรวนของข้อมูล $\sigma_L^2 = pq$ โดยที่ $q = (1-p)$

และสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้ดังนี้

$$p = \frac{\sum_{x=1}^{N} NU}{N}$$

ค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ $\mu_U = p$

ความน่าจะเป็นที่คลาสไม่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ = $(1-p)$

ค่าความแปรปรวนของข้อมูล $\sigma_U^2 = pq$ โดยที่ $q = (1-p)$

10) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความต้องการที่มีผลต่อแบบรูปการออกแบบ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ โดยการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อแบบรูปการออกแบบนั้นประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างคลาสและการเพิ่มลดคลาส

11) ศึกษาวิธีการประเมินคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

12) ศึกษาวิธีการทดสอบสมติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร เพื่อประเมินคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบทั้งก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงความต้องการได้ดังนี้

การวิเคราะห์สมมติฐานว่าง และสมมติฐานแย้ง

ผู้วิจัยได้เลือกใช้การทดสอบสมติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร ซึ่งเป็นการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจของ 2 ประชากร โดยกำหนดให้

μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ ก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ หลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ดังนั้นสมมติฐานว่าง(Null Hypothesis) H_0: $\mu_1 \geq \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) H_1: $\mu_1 < \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพมากกว่าก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

โดยที่ H_0: $\mu_1 - \mu_2 \geq d_0$ และ H1: $\mu_1 - \mu_2 < d_0$ [12] ซึ่งสามารถทราบค่า d_0 ได้จาก

สมมติฐานว่าง H_0: $\mu_1 \geq \mu_2$ จะได้ว่า H_0: $\mu_1 - \mu_2 \geq 0$

สมมติฐานแย้ง H_1: $\mu_1 < \mu_2$ จะได้ว่าH1: $\mu_1 - \mu_2 < 0$

ดังนั้น d_0 จึงมีค่าเท่ากับ 0

สถิติทดสอบคือ $Z = \dfrac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{(\sigma_1^2/n_1) + (\sigma_2^2/n_2)}}$

$$Z = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2)}{\sqrt{(\sigma_1^2/n_1) + (\sigma_2^2/n_2)}} \qquad ; \text{เมื่อ } d_0 = 0$$

ดังนั้นสามารถประเมินคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้ดังนี้

ให้ $\overline{X}_L$ คือ ค่าเฉลี่ยผลของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ $\overline{X}_L^{'}$ คือ ค่าเฉลี่ยผลของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ σ_L^2 คือ ความแปรปรวนของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ $\sigma_L^{'2}$ คือ ความแปรปรวนของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ n คือ จำนวนคลาสทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง และพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่สนใจก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ $n^{'}$ คือ จำนวนคลาสทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง และพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่สนใจหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

จะได้สถิติทดสอบคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบดังนี้

$$Z = \frac{(\overline{X}_L - \overline{X}_L^{'})}{\sqrt{(\sigma_L^2/n) + (\sigma_L^{'2}/n^{'})}}$$

ให้ $\overline{X}_U$ คือ ค่าเฉลี่ยผลของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ $\overline{X}_U^{'}$ คือ ค่าเฉลี่ยผลของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ให้ σ_U^2 คือ ความแปรปรวนของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

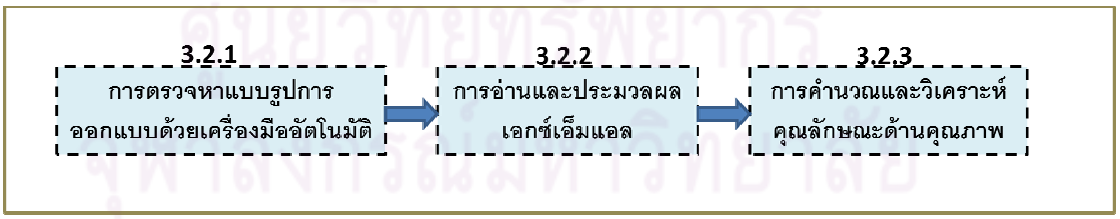
ให้ $\sigma_U^{'2}$ คือ ความแปรปรวนของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อระดับการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

จะได้สถิติทดสอบคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบดังนี้

$$Z = \frac{(\overline{X}_L - \overline{X}_L^{'})}{\sqrt{(\sigma_U^2/n) + (\sigma_U^{'2}/n^{'})}}$$

3.2 การออกแบบวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

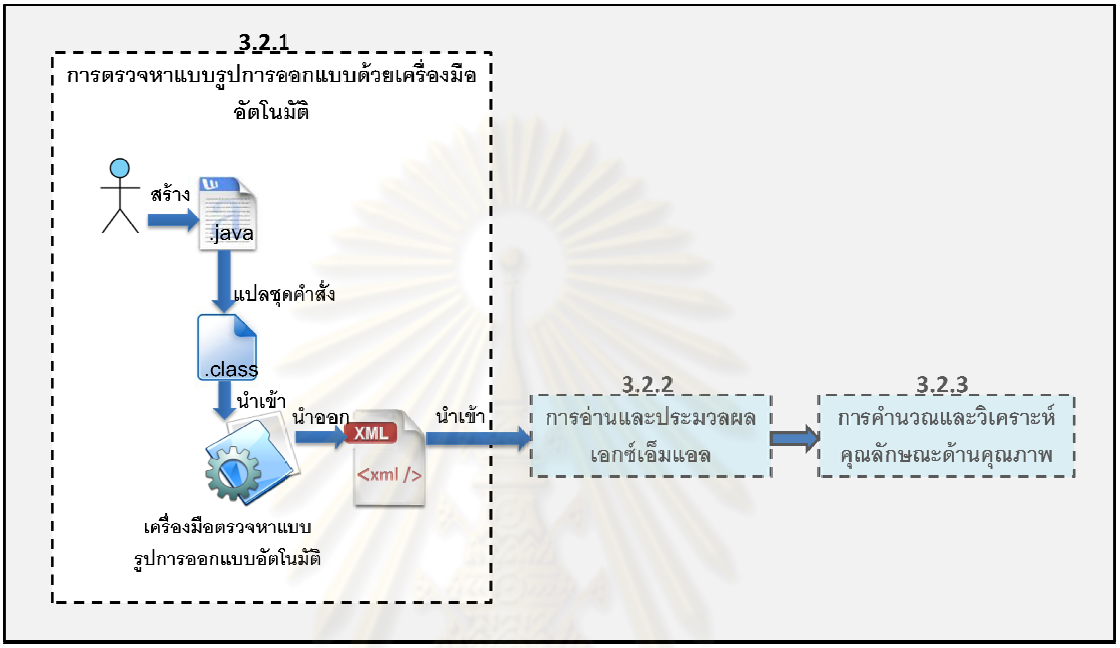
เป็นการออกแบบวิธีการสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การออกแบบขั้นตอนการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

3.2.1 การตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ

เป็นส่วนการตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง โดยใช้เครื่องมือแบบอัตโนมัติ [5] ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 3.4 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ

1) พัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาจาวา ซึ่งมีส่วนของการพัฒนาที่ประกอบด้วยแบบรูปการออกแบบ

2) แปลชุดคำสั่งที่ต้องการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าวให้อยู่ในรูป ดอทคลาส (.Class) เพื่อนำเข้าเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ

3) นำชุดคำสั่งที่อยู่ในรูปดอทคลาส เข้าสู่เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบอัตโนมัติเพื่อตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง ซึ่งแบบรูปการออกแบบที่ต้องการตรวจ หาได้แก่ สเตท สแทรททิจี คอมโพสิต เดกคอเรเตอร์ อ็อบเซิร์ฟเวอร์ โปรโตไทป์ พรอคซี แฟคทอรีเมธอด ซิงเกอร์ตัน เทมเพลทเมธอด และวิซิทเตอร์

4) นำออกข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบอัตโนมัติ ในรูปเอกสารเอกซ์เอ็มแอล [10] [11] ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <system>
  <pattern name="Factory Method">
   - <instance>
      <role name="Creator" element="Creator" />
      <role name="FactoryMethod()" element="Creator::factoryMethod():Product" />
     </instance>
   </pattern>
  - <pattern name="Singleton">
   - <instance>
      <role name="Singleton" element="ClassicSingleton" />
      <role name="uniqueInstance" element="private static ClassicSingleton instance" />
     </instance>
   </pattern>
```

ชื่อแบบรูปการออกแบบ

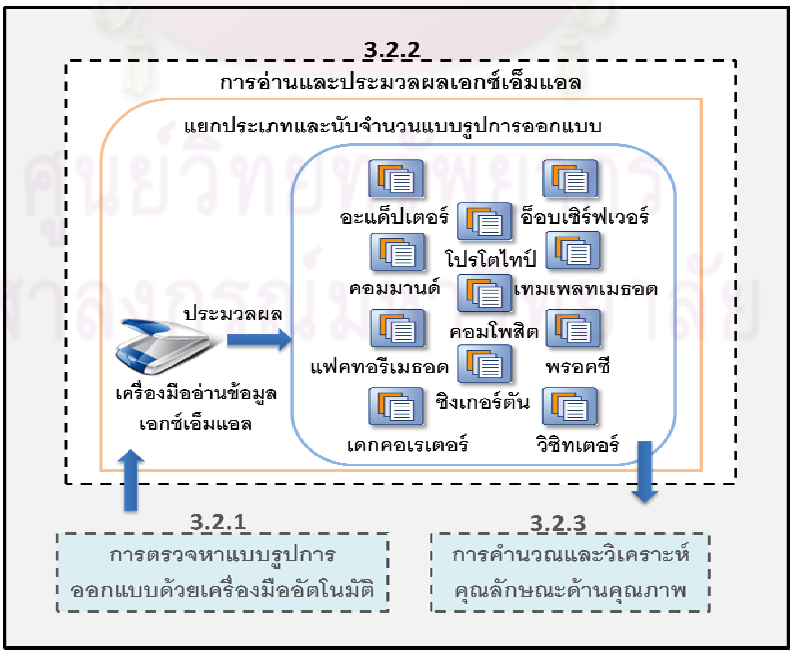
ข้อมูลคลาสของแบบรูปการออกแบบ

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

เอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3.5 ประกอบด้วยชื่อของแบบรูปการออกแบบ และข้อมูลคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งซึ่งถูกพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบดังกล่าว

3.2.2 การอ่านและประมวลผลเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

เป็นส่วนการนำเข้า อ่าน และนำข้อมูลภายในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติมาประมวลผล ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 3.6 และมีรายละเอียดดังนี้



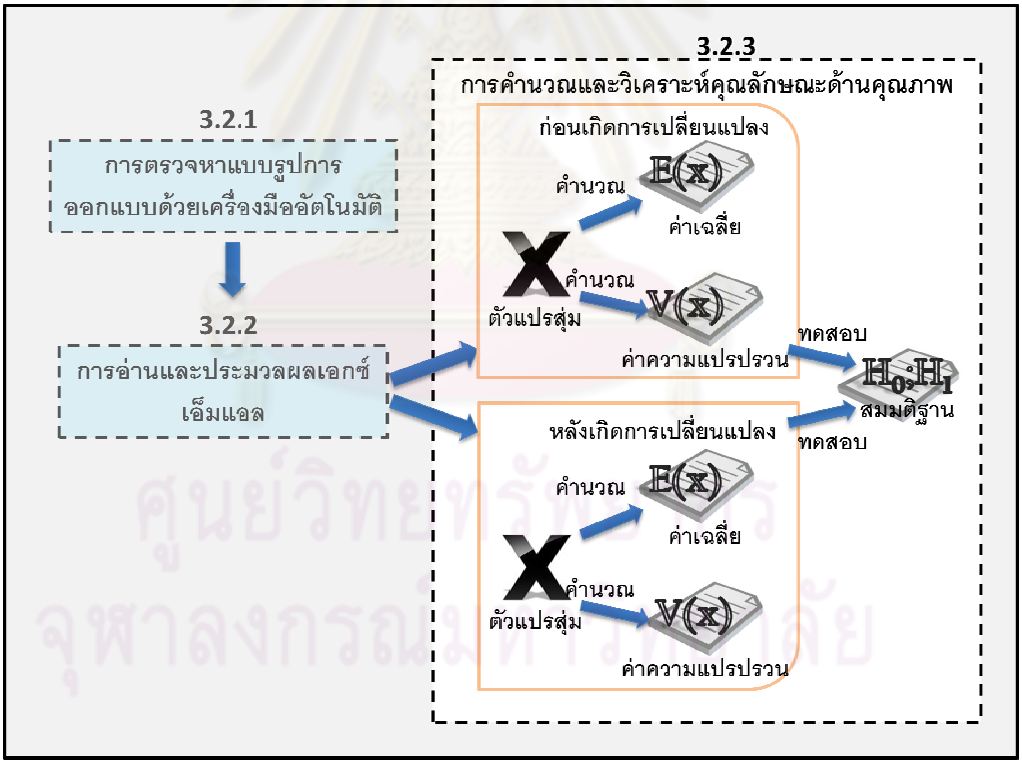
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการอ่านและประมวลผลเอกซ์เอ็มแอล

1) นำเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติเข้าสู่เครื่องมืออ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

2) เครื่องมืออ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอลประมวลผลเอกสารเอกซ์เอ็มแอลดังกล่าว เพื่อนับจำนวนคลาส และระบุชนิดของแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง

3.2.3 การคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

เป็นส่วนการคำนวณและวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าว ของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ซึ่งเป็นไปตามการวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้วิธีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี [12] สามารถจำแนกการวิเคราะห์ได้เป็น 2รูปแบบดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

3.2.3.1 ก่อนมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

เป็นการดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆเกิดขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) เครื่องมือกำหนดค่าตัวแปรสุ่มของคลาส ที่ให้ผลในแง่ดีและไม่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าว โดยใช้การแจกแจงแบบเบอร์นูลลีดังนี้

ให้คลาสที่มีการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ที่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจเป็น 1 และไม่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ เป็น 0 โดยอ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 2.2 และ 2.3

- ความน่าจะเป็นที่คลาสมีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพ = p
- ความน่าจะเป็นที่คลาสไม่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพ = 1 – p

และให้ X แทนตัวแปรสุ่มของคลาสที่มีการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบโดย

$$X = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าคลาสมีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ} \\ 0 \text{ ถ้าคลาสไม่มีผลในแง่ดีต่อลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ} \end{cases}$$

ผลของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ และค่าตัวแปรสุ่มของคลาสที่กำหนดได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ และค่าตัวแปรสุ่มของคลาส

Design Patterns	Learnability(%)		Understandability(%)	
	ผลต่อคุณภาพ	ค่าของตัวแปรสุ่ม (X)	ผลต่อคุณภาพ	ค่าของตัวแปรสุ่ม (X)
A.Factory	-	0	-	0
Builder	+	1	+	1
F.Method	+	1	-	0
Prototype	-	0	+	1
Singleton	+	1	+	1
Adapter	+	1	-	0
Bridge	-	0	+	1
Composite	+	1	+	1
Decorator	-	0	-	0
Façade	+	1	+	1
Flyweight	-	0	-	0
Proxy	-	0	-	0
Ch.Of.Resp	+	1	-	0
Command	-	0	-	0
Interpreter	+	1	+	1
Iterator	+	1	+	1

ตารางที่ 3.1 ผลของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ และค่าตัวแปรสุ่มของคลาส (ต่อ)

Design Patterns	Learnability(%)		Understandability(%)	
	ผลต่อคุณภาพ	ค่าของตัวแปรสุ่ม (X)	ผลต่อคุณภาพ	ค่าของตัวแปรสุ่ม (X)
Mediator	+	1	+	1
Memento	-	0	-	0
Observer	+	1	-	0
State	+	1	+	1
Strategy	+	1	+	1
T.Method	+	1	-	0
Visitor	-	0	-	0
	14 + / 9 -		11 + / 12 -	

2) เครื่องมือคำนวณค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆ ได้จากค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม $E(X) = \mu = p$

3) เครื่องมือคำนวณค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆ ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม $V(X) = \sigma^2 = pq$ โดยที่ $q = (1 - p)$

4) เครื่องมือนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลหาอัตราส่วนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพต่อคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่สนใจทั้งหมดในรูปแบบร้อยละ

3.2.3.2 **หลังมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น**

เป็นการดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบหลังมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆเกิดขึ้นที่ชุดคำสั่ง เพื่อหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ทำการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.2.1 เพื่อตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่งหลังมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆเกิดขึ้น

2) ทำการอ่านและประมวลผลเอกซ์เอ็มแอลดังหัวข้อที่ 3.2.2 เพื่อนำเข้า อ่าน และนำข้อมูลภายในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติมาประมวลผลหลังมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆเกิดขึ้น

3) ทำการคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพเช่นเดียวกับการคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพก่อนมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นดังหัวข้อที่ 3.2.3.1 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพหลังมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการใดๆเกิดขึ้น

4) ทดสอบสมมติฐานจากค่าที่วิเคราะห์ได้ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้สามารถทราบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าว

โดยการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าว เป็นดังนี้

ให้ μ_1 และ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของคลาสที่มีผลในแง่ดีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าวก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามลำดับ

ดังนั้นสามารถตั้งสมติฐานได้ดังนี้

สมมติฐานว่าง (Null Hypothesis)

H_0: $\mu_1 \geq \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าว น้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

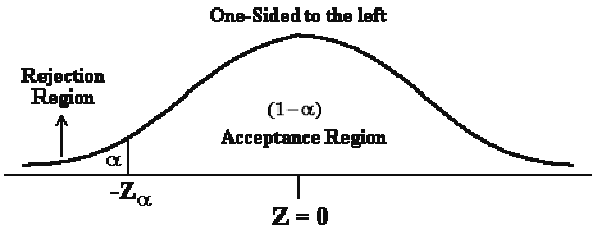
สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis)

H_1: $\mu_1 < \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพดังกล่าวมากกว่าก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

สถิติทดสอบคือ $$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{(\sigma_1^2/n_1) + (\sigma_2^2/n_2)}}$$

ในการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองกับกลุ่มเล็กๆ ควรใช้ระดับนัยสำคัญเป็น 0.01 หรือ 0.001 ส่วนในการวิจัยภาคสนามหรือเชิงสำรวจ (Field Studies and Surveys) นิยมใช้เป็น 0.05 [15] ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกระดับนัยสำคัญที่ 0.01 สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ถ้ากำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จะได้ $1-\alpha = 0.99$ และจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z < -Z_{1-\alpha}$ โดยที่ $Z_{0.99} = 2.326$ ดังรูปที่ 3.8



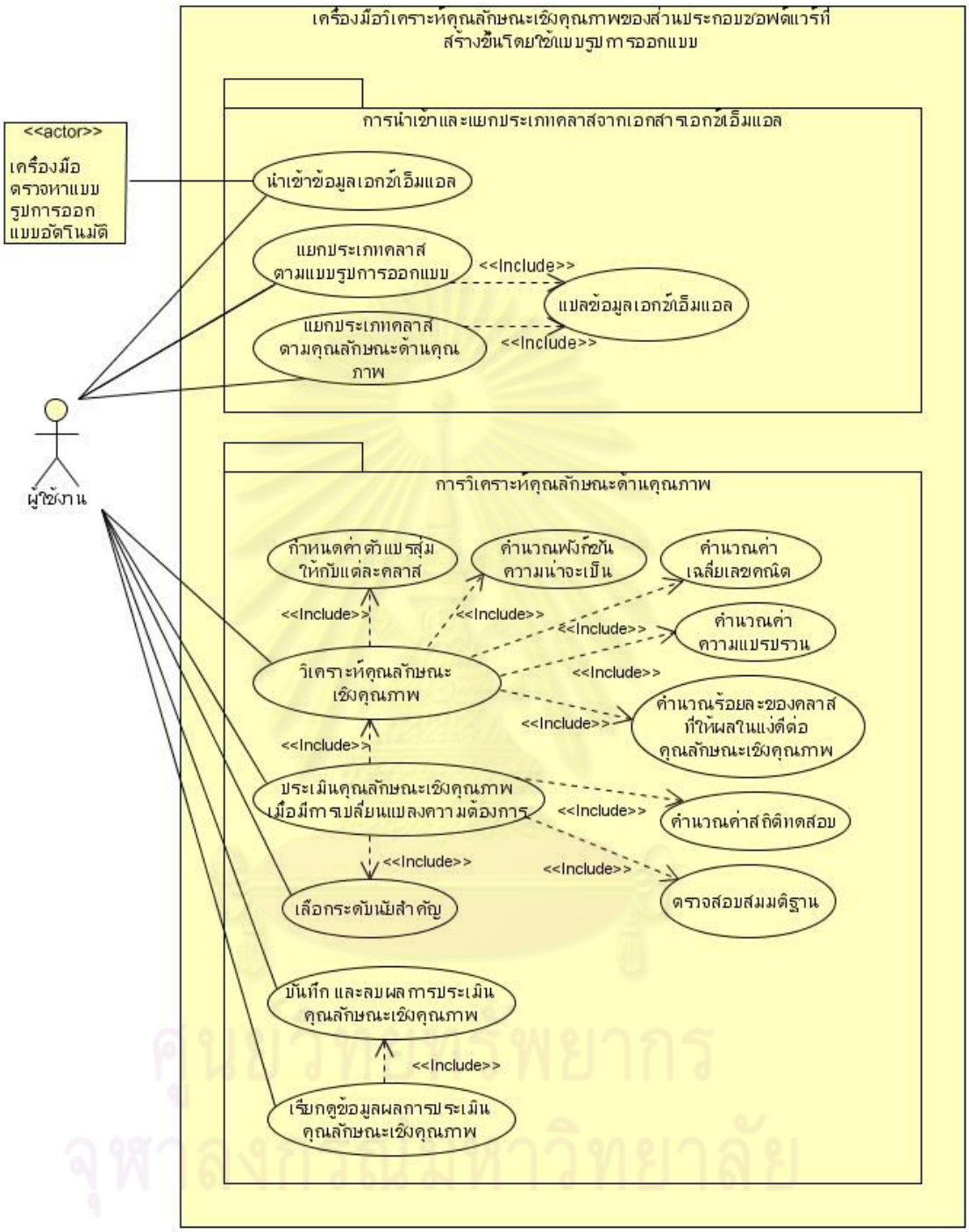
รูปที่ 3.8 เขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐาน

บทที่ 4
การออกแบบ และพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ

เมื่อได้วิเคราะห์และออกแบบกระบวนการสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบหน้าที่การทำงานของเครื่องมือ ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ทดสอบการทำงานของเครื่องมือ และสภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นตามที่ได้นำเสนอไว้

4.1 การออกแบบหน้าที่การทำงานของเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบนั้น เป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการดำเนินการและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ทั้งยังอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ โดยหน้าที่การทำงานของเครื่องมือ สามารถนำเสนอได้ด้วยแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ซึ่งเป็นแผนภาพที่อธิบายการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้ระบบ (Actors) กับฟังก์ชันงานต่างๆ ที่ปรากฏในระบบ ดังนั้นในการพัฒนาเครื่องมือนี้ สามารถนำเสนอฟังก์ชันงานต่างๆ และการติดต่อระหว่างฟังก์ชันงาน หรือฟังก์ชันงานกับผู้ใช้ ดังรูปที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

จากแผนภาพยูสเคสสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานของเครื่องมือได้เป็น 2 ส่วนคือ

1) การนำเข้าและแยกประเภทคลาสจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

2) การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านคุณภาพ

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การนำเข้าและแยกประเภทคลาสจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

1) การนำเข้าข้อมูลเอกซ์เอ็มแอล

สำหรับให้ผู้ใช้ทำการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ (รายละเอียดการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติแสดงในภาคผนวก ฉ) เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ

2) แยกประเภทคลาส ตามแบบรูปการออกแบบ

สำหรับแยกประเภทคลาส และแสดงคลาสต่างๆที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง ตามประเภทของแบบรูปการออกแบบ ซึ่งได้จากการแปลเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ

3) แยกประเภทคลาส ตามคุณลักษณะด้านคุณภาพ

สำหรับแยกประเภทคลาส และแสดงคลาสต่างๆที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง และพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ซึ่งสามารถแยกประเภทคลาสได้จากการแปลเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ

4.1.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

1) วิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ

สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ซึ่งจะให้ผลของการวิเคราะห์ในรูปแบบร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ โดยจะต้องมีการกำหนดค่าตัวแปรสุ่มให้กับแต่ละคลาส คำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความแปรปรวน

2) เลือกระดับนัยสำคัญ

สำหรับให้ผู้ใช้เลือกระดับนัยสำคัญที่จะนำไปใช้ในการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ หลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น โดยผู้ใช้สามารถเลือกระดับนัยสำคัญได้ดังนี้

- ระดับนัยสำคัญที่ 0.1
- ระดับนัยสำคัญที่ 0.05
- ระดับนัยสำคัญที่ 0.025
- ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

3) ประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ

สำหรับประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่งสามารถประเมินได้จาก การคำนวณค่าสถิติทดสอบ ระดับนัยสำคัญที่ผู้ใช้เลือก และการตรวจสอบสมมติฐาน

4) บันทึก และลบผลการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

เป็นส่วนการบันทึกและลบผลที่ได้จากการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

5) เรียกดูข้อมูลผลการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

เป็นส่วนเรียกดูข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยบันทึกไว้

4.2 การวิเคราะห์ความต้องการของเครื่องมือ

เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของเครื่องมือสำหรับหาคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

จากการรวบรวมความต้องการของระบบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ และสรุปความต้องการของเครื่องมือที่จะพัฒนา โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความต้องการเชิงหน้าที่ และความต้องการที่ไม่ใช่ความต้องการเชิงหน้าที่ดังนี้ (รายละเอียดความต้องการเชิงหน้าที่ของเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ค)

4.2.1 **ความต้องการเชิงหน้าที่** (Functional Requirements)

ความต้องการเชิงหน้าที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1 **ส่วนการนำเข้าและแยกประเภทคลาสจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอล**

เป็นส่วนการนำเข้า อ่าน และนำข้อมูลภายในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปแบบแบบอัตโนมัติมาประมวลผล เพื่อนับจำนวนคลาส และระบุชนิดของแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง ซึ่งสามารถแบ่งความต้องการเชิงหน้าที่ได้ดังนี้

1.1 เครื่องมือสามารถนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลได้

1.2 เครื่องมือสามารถอ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และประมวลผลเพื่อหาจำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

1.3 เครื่องมือสามารถแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบที่ได้ระบุอยู่ในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลได้

1.4 เครื่องมือสามารถแสดงรายชื่อคลาสตามการแยกประเภทของแบบรูปการออกแบบได้

1.5 เครื่องมือสามารถแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้

1.6 เครื่องมือสามารถแสดงรายชื่อคลาสตามการแยกประเภทของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้

1.7 เครื่องมือสามารถบันทึก เอกสารเอกซ์เอ็มแอลของชุดคำสั่งที่นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพได้

2 **ส่วนการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ**

เป็นส่วนวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งความต้องการเชิงหน้าที่ได้ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือสามารถกำหนดค่าตัวแปรสุ่มของคลาสที่ให้ผลในแง่ดี และไม่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่สนใจให้กับแต่ละคลาสได้

2.2 เครื่องมือสามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

2.3 เครื่องมือสามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2.4 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

2.5 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2.6 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ

2.7 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2.8 เครื่องมือสามารถคำนวณอัตราส่วนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบได้ในรูปแบบร้อยละ

2.9 เครื่องมือสามารถคำนวณผลลัพธ์ของอัตราส่วนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้ในรูปแบบร้อยละ

2.10 เครื่องมือสามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบได้

2.11 เครื่องมือสามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้

2.12 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นได้

2.13 เครื่องมือสามารถคำนวณค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นได้

2.14 เครื่องมือสามารถให้ผู้ใช้เลือกระดับนัยสำคัญตามที่ได้กำหนดไว้ได้

2.15 เครื่องมือสามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นได้

2.16 เครื่องมือสามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นได้

2.17 เครื่องมือสามารถบันทึก และลบข้อมูลการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพได้

2.18 เครื่องมือสามารถแสดงข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยบันทึกไว้แล้วได้

จากความต้องการเชิงหน้าที่ข้างต้น เพื่อให้เข้าใจถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำตารางสรุปความต้องการเชิงหน้าที่ในรูปแบบตารางเพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ สะดวกต่อการแก้ไข และการอ้างอิง ซึ่งประกอบด้วยส่วนอธิบายหน้าที่การทำงาน ข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก และผู้มีสิทธิ์ใช้งาน โดยรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค

4.2.2 **ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่** (Non-Functional Requirements)

ความต้องการที่ไม่ใช่ความต้องการเชิงหน้าที่ เป็นสิ่งที่ไม่ใช่หน้าที่ของระบบโดยตรง ซึ่งมีการรวบรวมข้อจำกัดหรือมาตรฐานเชิงคุณภาพของระบบซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้ได้เครื่องมือที่ตรงตามความต้องการทั้งด้านผลิตภัณฑ์ และปัจจัยภายนอกอื่นๆ

ความต้องการที่ไม่ใช่ความต้องการเชิงหน้าที่มีรายละเอียดดังนี้

1) ความต้องการด้านการใช้งาน (Usability Requirements)

- เครื่องมือได้รับการออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน สามารถเรียนรู้ได้ง่าย และมีหน้าจอส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

2) ความต้องการด้านการเคลื่อนย้าย (Portability Requirements)

- เครื่องมือรองรับการเคลื่อนย้ายนำระบบไปใช้ในสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น นำระบบไปใช้ในระบบปฏิบัติการต่างรุ่นกัน

3) ความต้องการด้านการพัฒนาระบบ (Implementation Requirements)

- เครื่องมือได้รับการวิเคราะห์และออกแบบ โดยใช้ภาษายูเอ็มแอลใน
- เครื่องมือได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา

4) ความต้องการนำระบบไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน (Interoperability Requirements)

- ระบบทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น ทำงานได้กับระบบปฏิบัติการวินโดว์ตั้งแต่รุ่น 2000 เป็นต้น

5) ความต้องการด้านการส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Delivery Requirements)

- เอกสารอธิบายการวิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา และแสดงกระบวนการทำงานของระบบต้องมีความถูกต้องตรงกับขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นกับระบบจริง

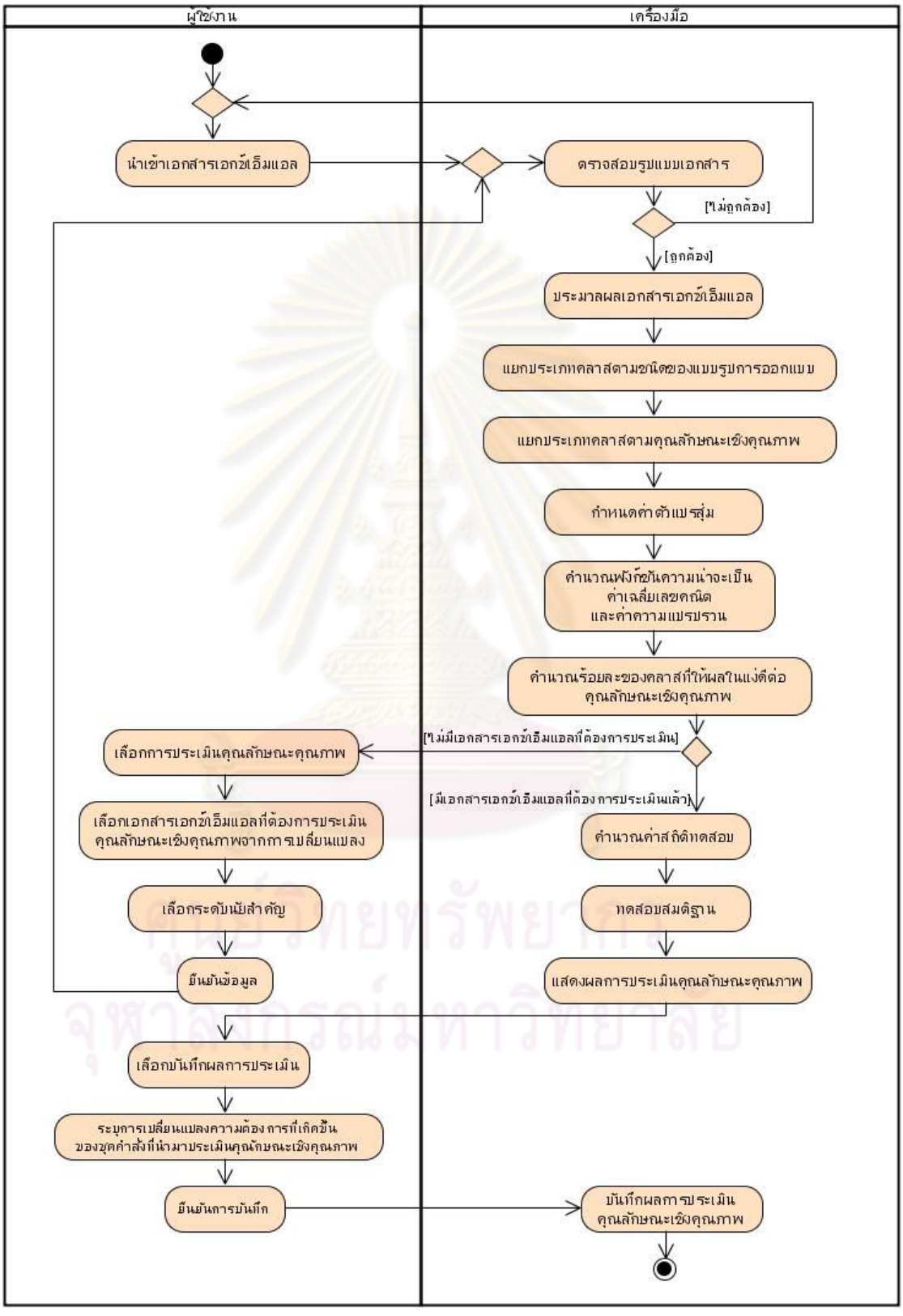
6) การบำรุงรักษาได้ของระบบ (Maintainability)

- การพัฒนาเครื่องมือควรใช้หลักการและทรัพยากรที่เป็นโอเพนซอร์ซ (Open Source) ซึ่งเปิดเผยหลักการหรือแหล่งที่มาของเทคโนโลยีนั้นให้บุคคลภายนอกได้ใช้ ภายใต้เงื่อนไขบางประการที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ทำการแก้ไข ดัดแปลงและเผยแพร่โปรแกรมต้นฉบับ (Source code)

4.3 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือ

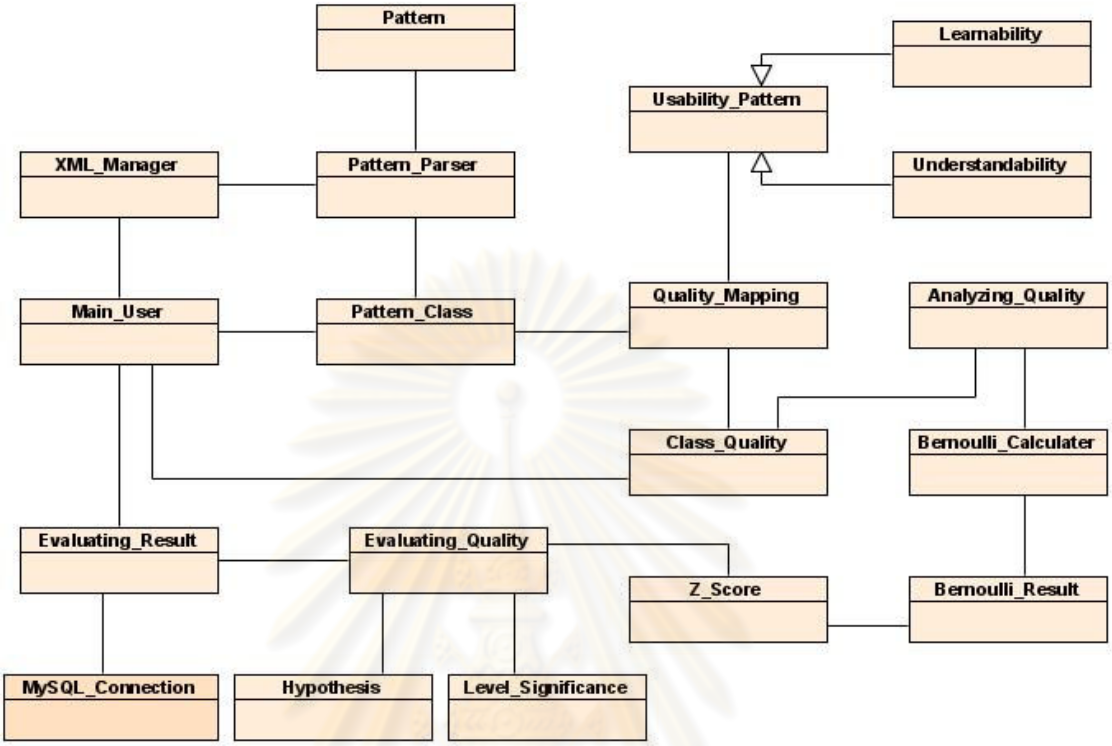
ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือในการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่มีการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้นโดยใช้แผนภาพกิจกรรมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานระหว่างผู้ใช้และเครื่องมือ แผนภาพคลาสเพื่อแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละวัตถุของเครื่องมือ และแผนภาพลำดับเพื่อแสดงลำดับลำดับเหตุการณ์ปฏิสัมพันธ์ของคลาสต่างๆ ดังรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

4.3.1 **แผนภาพกิจกรรม** (Activity Diagram)



รูปที่ 4.2 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของเครื่องมือ

4.3.2 **แผนภาพคลาส** (Class Diagram)



รูปที่ 4.3 แผนภาพคลาสและความสัมพันธ์ของแต่ละคลาส

การออกแบบคลาสและความสัมพันธ์ของแต่ละคลาสมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

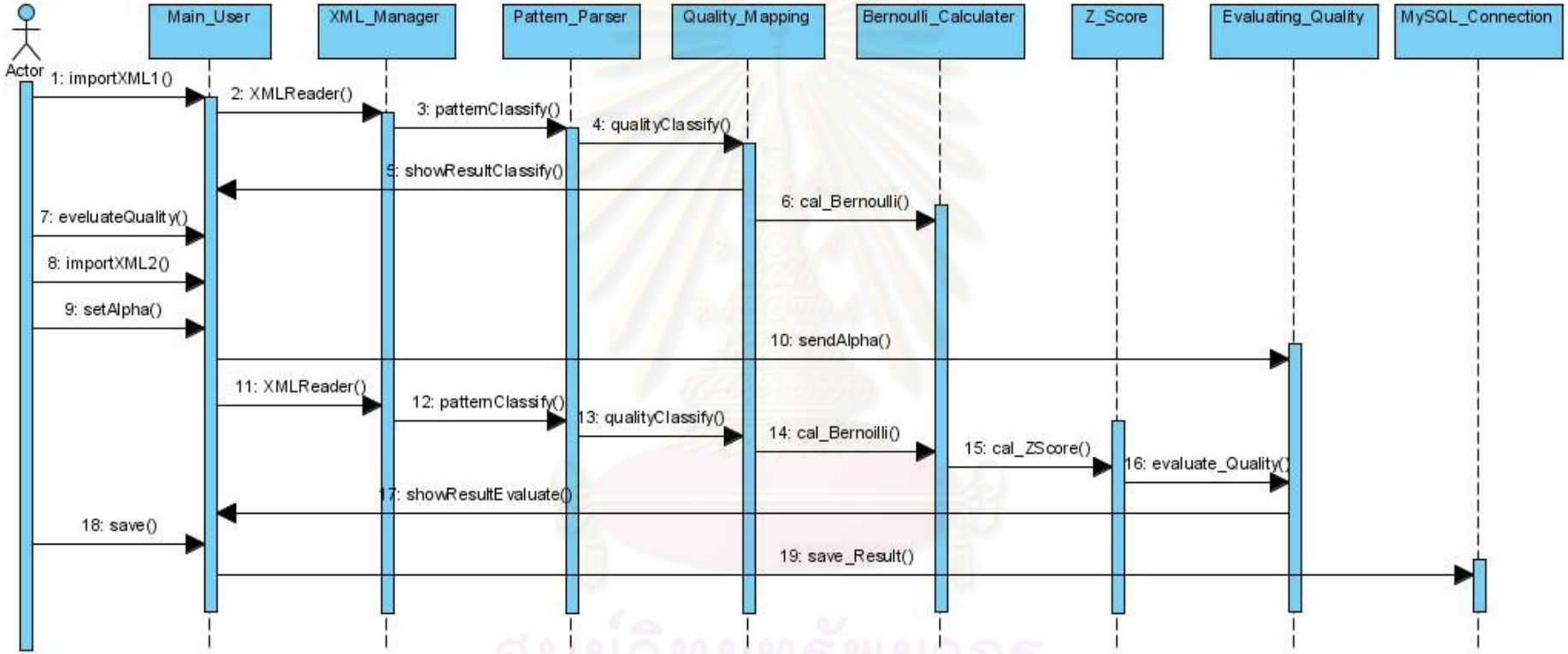
ตารางที่ 4.1 คำอธิบายแผนภาพคลาสของเครื่องมือ

ชื่อคลาส	**คำอธิบาย**
Main_User	ส่วนต่อประสานหลักในการแสดงข้อมูล และแสดงผลต่างๆที่ได้จากการทำงานตามที่ผู้ใช้งานต้องการ
XML_Manager	ส่วนการอ่านและจัดการเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ
Pattern_Parser	ส่วนการแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบที่ได้จากการอ่านและจัดการเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
Pattern	ส่วนของแบบรูปการออกแบบที่ได้กำหนดไว้
Pattern_Class	คลาสที่ได้จากการแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ
Quality_Mapping	ส่วนการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายแผนภาพคลาสของเครื่องมือ (ต่อ)

ชื่อคลาส	คำอธิบาย
Usability_Pattern	ส่วนที่ระบุถึงแบบรูปการออกแบบที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
Learnability	ส่วนของการระบุถึงแบบรูปการออกแบบที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
Understandability	ส่วนของการระบุถึงแบบรูปการออกแบบที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
Class_Quality	คลาสที่ได้ตามการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
Analyzing_Quality	ส่วนการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ
Bernoulli_Calculater	ส่วนการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ
Bernoulli_Result	ส่วนผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี
Z_Score	ส่วนการคำนวณค่าสถิติทดสอบเพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
Evaluating_Quality	ส่วนประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
Level_Significance	ระดับนัยสำคัญที่ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
Hypothesis	ส่วนการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่าง และสมมติฐานแย้งสำหรับการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
Evaluating_Result	ส่วนผลการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ
MySQL_Connection	ส่วนการติดต่อเพื่อจัดเก็บและค้นคืนข้อมูลจากฐานข้อมูล

4.3.3 แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram)



รูปที่ 4.4 แผนภาพลำดับการทำงานของเครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ของเครื่องมือ

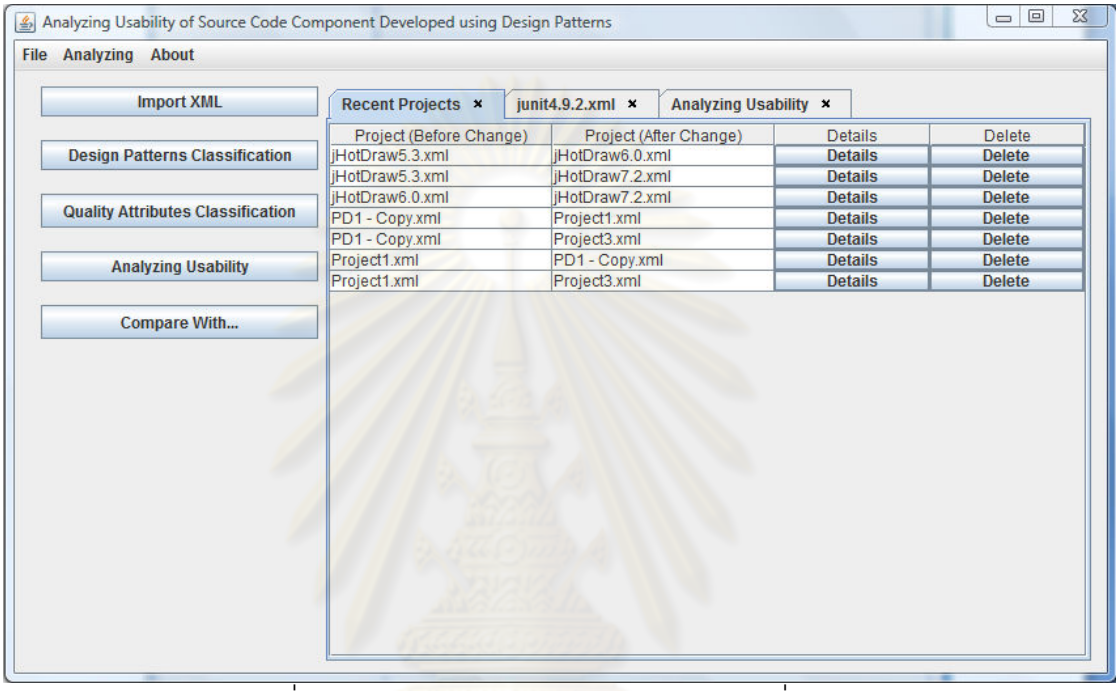
ส่วนต่อประสานผู้ใช้ของเครื่องมือ ถูกพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับลำดับการทำงานของเครื่องมือข้างต้น ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้เครื่องมือได้ดังรูปที่ 4.5 และคำอธิบายดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.5 โครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้เครื่องมือ

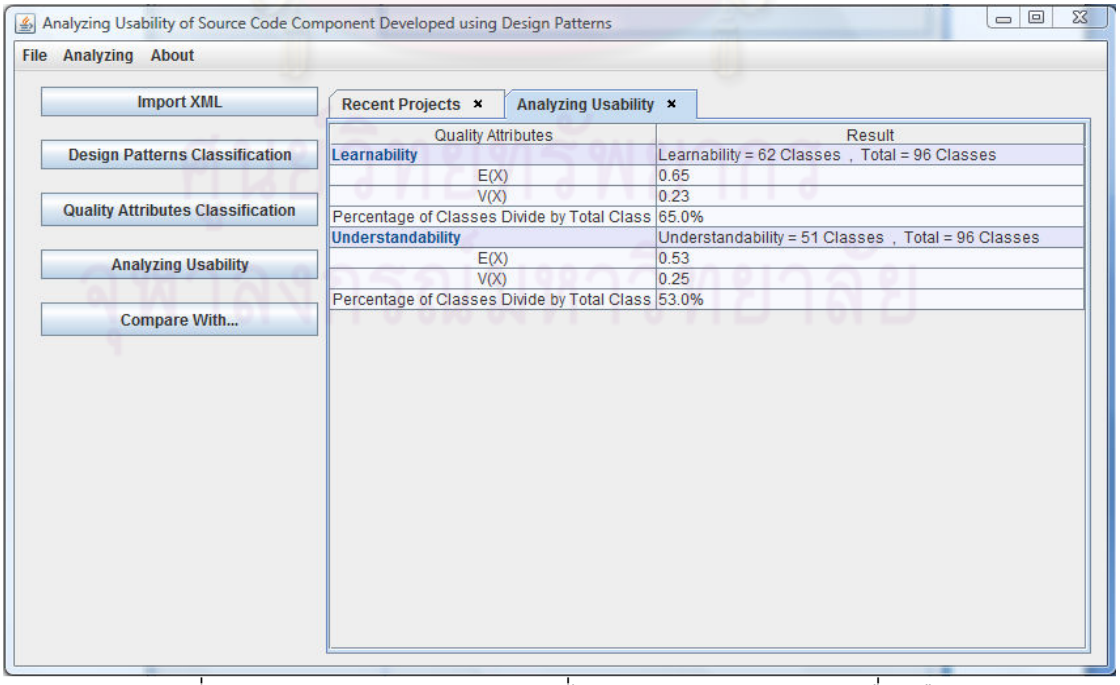
ตารางที่ 4.2 คำอธิบายโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ของเครื่องมือ

ส่วนต่อประสานผู้ใช้	คำอธิบาย
หน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือ	เป็นหน้าจอหลักสำหรับแสดงผลตามรายการที่ผู้ใช้เลือก
Recent Project	แสดงรายการการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยประเมินและบันทึกไว้
Import XML	แสดงเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสำหรับนำเข้าเครื่องมือเพื่อประมวลผล
Design Patterns Classification	แสดงผลการแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบ
Quality Attributes Classification	แสดงการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
Analyzing Usability	แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบจากการคำนวณโดยใช้การแจกแจงแบบเบอร์นูลลี
Compare With...	แสดงผลการประเมินคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ ซึ่งประกอบด้วยผลการคำนวณสถิติทดสอบ และการทดสอบสมติฐาน

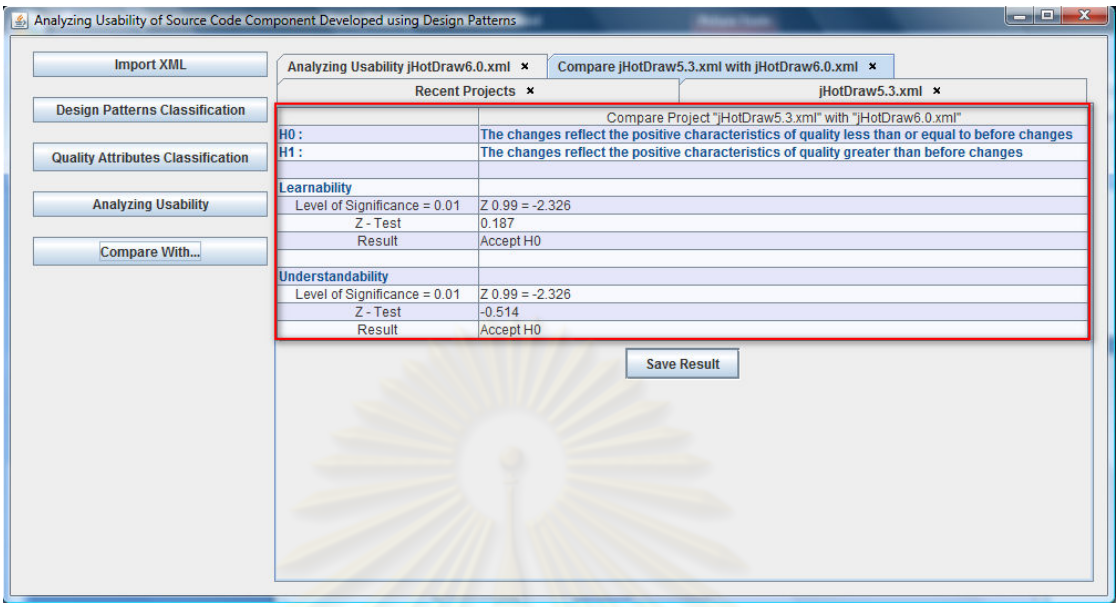
ในบทนี้ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่สำคัญได้แก่ หน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือดังรูปที่ 4.6 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีดังรูปที่ 4.7 และหน้าจอแสดงผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานของเครื่องมือดังรูปที่ 4.8 (รายละเอียดส่วนต่อประสานต่างๆ แสดงดังภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือ



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลที่ได้จากการคำนวณของเครื่องมือ



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานของเครื่องมือ

4.5 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ

สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)

- หน่วยประมวลผล Intel Core2 Duo Processor P8400 ความเร็ว 2.26 กิกะเฮิรตซ์ (GHz)
- หน่วยความจำหลัก DDR2 ขนาด 2048 เมกกะไบต์ (MB)
- จานบันทึกแบบแข็ง (Hard Disk) ความจุ 250 กิกะไบต์ (GB)

4.5.2 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือด้านซอฟต์แวร์

1) ระบบปฏิบัติการวินโดส์วิสตาอัลติเมท (Microsoft Windows Vista Ultimate)
2) ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ได้แก่ มายเอสคิวแอล เวอร์ชัน 5.0.16 (MySQL v5.0.16)
3) โปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ได้แก่ พรีเมียมซอฟต์ นาวิแคท เวอร์ชัน 6.0.7 (PremiumSoft Navicat Enterprise v6.0.7)
4) เครื่องมือเขียนโปรแกรม ได้แก่ เน็ทบีน ไอดีอี เวอร์ชัน 6.5 (NetBeans IDE6.5)

5) เครื่องมือสำหรับออกแบบและจัดทำเอกสารของการพัฒนาระบบ ได้แก่ ไมโครซอฟท์ออฟฟิต (Microsoft Office) และวิสซวล พาราดามสำหรับยูเอ็มแอล เวอร์ชัน 7.0 (Visual Paradigm for UML 7.0 Enterprise Edition)

4.6 การทดสอบเครื่องมือ

การทดสอบเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบส่วนของฟังก์ชันในระหว่างการพัฒนาเครื่องมือ และทดสอบการทำงานของเครื่องมือโดยรวมภายหลังจากพัฒนาเครื่องมือทั้งหมดเสร็จสมบูรณ์แล้ว โดยนำชุดคำสั่งที่ใช้เป็นกรณีศึกษามาใช้ในการทดสอบเครื่องมือ อย่างไรก็ตามการนำเสนอการทดสอบเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำเสนอเพียงบางส่วนที่มีความสำคัญต่อเครื่องมือเท่านั้น ซึ่งการทดสอบมีคุณลักษณะ และรายละเอียดการทดสอบดังนี้

4.6.1 สภาพแวดล้อมการทดสอบ

ผู้วิจัยได้กำหนดสภาพแวดล้อมของการทดสอบแบบหน่วยย่อย และการทดสอบแบบบูรณาการโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเป็นเครื่องที่ทำการทดสอบ และมีผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบ

4.6.2 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่าเครื่องมือทุกส่วนผ่านการทดสอบหน่วยย่อย และการทดสอบแบบบูรณาการ โดยสามารถสรุปผลของตัวอย่างกรณีทดสอบได้ดัง ตารางที่ 4.3 (สำหรับรายละเอียดของตัวอย่างกรณีทดสอบแสดงในภาคผนวก จ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

รหัสกรณีทดสอบ	ชื่อกรณีทดสอบ	ฟังก์ชันที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	
T0101	ทดสอบฟังก์ชันนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ	FR0101	√		ตารางที่ จ.1
T0103	ทดสอบฟังก์ชันแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ	FR0103	√		ตารางที่ จ.2
T0105	ทดสอบฟังก์ชันแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ	FR0105	√		ตารางที่ จ.3
T0210	ทดสอบฟังก์ชันแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง	FR0210	√		ตารางที่ จ.4
T0211	ทดสอบฟังก์ชันแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง	FR0211	√		ตารางที่ จ.5
T0215	ทดสอบฟังก์ชันประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	FR0215	√		ตารางที่ จ.6
T0216	ทดสอบฟังก์ชันประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	FR0216	√		ตารางที่ จ.7

บทที่ 5
กรณีศึกษา และประเมินผลของเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ

ในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ได้จากเครื่องมือโดยใช้กรณีศึกษา (ข้อมูลกรณีศึกษาแสดงในภาคผนวก ช) และประเมินความถูกต้องของเครื่องมือโดยใช้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างผลลัพธ์ทั้งสอง และเพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพนั้นสามารถช่วยให้การวิเคราะห์คุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบนั้นเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

5.1 กรณีศึกษาสำหรับทดสอบและประเมินผลเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ใช้กรณีศึกษาสำหรับทดสอบและประเมินผลเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบดังนี้

5.1.1 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw

JHotDraw คือ เครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนผู้พัฒนาโปรแกรมภาษาจาวาที่มีขอบข่ายงาน (Framework) ในด้านการออกแบบและพัฒนากราฟฟิค โดยขอบข่ายงานนี้ได้ใช้แบบรูปการออกแบบในการออกแบบเครื่องมือ และถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา ผู้พัฒนาต้นฉบับของ JHotDraw ได้แก่ Erich Gamma และ Thomas Eggenschwiler [16]

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบโดยใช้ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 เป็นชุดคำสั่งที่ต้องการประเมินผลกระทบก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามลำดับซึ่ง JHotDraw 6.0 มีสิ่งที่ปรับเปลี่ยนใหม่ดังนี้

1) ใช้โครงสร้างของแพคเกจ (Package) ใหม่ org.jhotdraw แทนที่แพคเกจเดิมคือ CH.ifa.draw เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนลักษณะสำคัญที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2) เพิ่มเติมการสนับสนุนการยกเลิก (Undo) ทำซ้ำ (Redo)

3) ปรับปรุงการสนับสนุนความสามารถในการแสดงเอกสาร (Multi Document Interface – MDI)

4) เพิ่มเติมลักษณะต่างๆเช่น พื้นที่ข้อความ (Text Area) สนับสนุนภาษาที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารเอชทีเอ็มแอล (HTML)

5) เพิ่มเติมการขยาย และการดูในมุมมองขนาดเล็ก

6) แก้ไขข้อบกพร่องจาก JHotDraw 5.3

จากการเปลี่ยนแปลงความต้องการดังกล่าวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนคลาสของแบบรูปการออกแบบที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 ดังตารางที่ 5.1 โดยสัญลักษณ์ N แทนจำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ สัญลักษณ์ L และ U แทนจำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบตามลำดับโดยอ้างอิงผลจากตารางที่ 3.1 ซึ่งสามารถแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	**จำนวนคลาส** JHotDraw 5.3			**จำนวนคลาส** JHotDraw 6.0		
	N	L	U	N	L	U
visitor	0	0	0	2	0	0
Template Method	7	7	0	7	7	0
State-Strategy	59	59	59	86	86	86
Observer	12	12	0	16	16	0
Decorator	15	0	0	21	0	0
Composite	2	2	2	3	3	3
Singleton	4	4	4	8	8	8
Prototype	6	0	6	11	0	11
Factory Method	7	0	0	9	0	0
Total	**112**	**84**	**71**	**163**	**120**	**108**

5.1.2 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit

JUnit คือ เครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทดสอบโปรแกรมแบบหน่วย (Unit Testing) ให้กับผู้พัฒนาโปรแกรมภาษาจาวา เพื่อช่วยในการหาข้อผิดพลาดภายในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น [17]

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบโดยใช้ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 เป็นชุดคำสั่งที่ต้องการประเมินผลกระทบก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นซึ่ง JUnit 4.9.2 มีสิ่งที่ปรับเปลี่ยนใหม่ดังนี้

1) เพิ่มเติมการจดจำการทดสอบก่อนหน้า
2) ปรับปรุงให้มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใน JUnit Max Eclipse plug-in
3) แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของ JUnit รุ่นก่อน

จากการเปลี่ยนแปลงความต้องการดังกล่าวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนคลาสของแบบรูปการออกแบบที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 ดังตารางที่ 5.2 โดยสัญลักษณ์ N แทนจำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ สัญลักษณ์ L และ U แทนจำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบตามลำดับโดยอ้างอิงผลจากตารางที่ 3.1 ซึ่งสามารถแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ดังนี้

ตารางที่ 5.2 แบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	**จำนวนคลาส** JUnit 4.8.2			**จำนวนคลาส** JUnit 4.9.2		
	N	L	U	N	L	U
Template Method	9	9	0	9	9	0
State-Strategy	39	39	39	45	45	45
Observer	2	2	0	2	2	0
Decorator	26	0	0	28	0	0
Composite	2	2	2	2	2	2
Singleton	4	4	4	4	4	4
Factory Method	4	0	0	4	0	0
Proxy	2	0	0	2	0	0
Total	**88**	**56**	**45**	**96**	**62**	**51**

5.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้กรณีศึกษา

จากกรณีศึกษาสำหรับทดสอบและประเมินผลเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบข้างต้นสามารถคำนวณหาผลลัพธ์ที่ได้ตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีและค่าสถิติทดสอบดังนี้

5.2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษา JHotDraw

จากแบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 ดังตารางที่ 5.1 ทำให้สามารถทราบจำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้ดังตารางที่ 5.3 และผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 ได้ดังตารางที่ 5.4 และคำนวณสถิติทดสอบได้ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.3 จำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	จำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี JHotDraw 5.3	จำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี JHotDraw 6.0
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	84	120
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	71	108

ตารางที่ 5.4 ผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

ค่าที่คำนวณ	ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	
	JHotDraw 5.3	JHotDraw 6.0	JHotDraw 5.3	JHotDraw 6.0
ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.75	0.74	0.63	0.66
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.75	0.74	0.63	0.66
ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.19	0.19	0.23	0.22
อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	75%	74%	63%	66%

ตารางที่ 5.5 ผลการคำนวณสถิติทดสอบของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	0.187	0.01
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	-0.514	0.01

การทดสอบสมมติฐานสถิติทดสอบของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

สมมติฐานว่าง(Null Hypothesis) H_0: $\mu_1 \geq \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) H_1: $\mu_1 < \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพมากกว่าก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$จะได้ $1-\alpha = 0.99$ และจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z < -Z_{1-\alpha}$ โดยที่ $-Z_{0.99} = -2.326$

จากผลการคำนวณสถิติทดสอบตารางที่ 5.5 สามารถนำมาทดสอบสมมติฐานได้ดังนี้

สถิติทดสอบความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ 0.187> -2.326 ยอมรับสมมติฐานว่าง

สถิติทดสอบความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ -0.514> -2.326 ยอมรับสมมติฐานว่าง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

5.2.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษา JUnit

จากแบบรูปการออกแบบและจำนวนคลาสที่สามารถตรวจหาได้จากชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 ดังตารางที่ 5.2 ทำให้สามารถทราบจำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อวามสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้ดังตารางที่ 5.6 และผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 ได้ดังตารางที่ 5.7 และคำนวณสถิติทดสอบได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.6 จำนวนคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**จำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี** JUnit 4.8.2	**จำนวนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี** JUnit 4.9.2
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	56	62
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	45	51

ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

ค่าที่คำนวณ	**ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ**		**ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ**	
	JUnit 4.8.2	JUnit 4.9.2	JUnit 4.8.2	JUnit 4.9.2
ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.64	0.65	0.51	0.53
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.64	0.65	0.51	0.53
ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.23	0.23	0.25	0.25
อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	64%	65%	51%	53%

ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณสถิติทดสอบของ ของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**สถิติทดสอบ**	**ระดับนัยสำคัญ**
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	-0.141	0.01
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	-0.271	0.01

การทดสอบสมมติฐานสถิติทดสอบของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

สมมติฐานว่าง(Null Hypothesis) H_0: $\mu_1 \geq \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) H_1: $\mu_1 < \mu_2$ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลที่ดีต่อลักษณะด้านคุณภาพมากกว่าก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$จะได้ $1-\alpha = 0.99$ และจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z < -Z_{1-\alpha}$ โดยที่ $-Z_{0.99} = -2.326$

จากผลการคำนวณสถิติทดสอบตารางที่ 5.8 สามารถนำมาทดสอบสมมติฐานได้ดังนี้

สถิติทดสอบความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ -0.141> -2.326 ยอมรับสมมติฐานว่าง

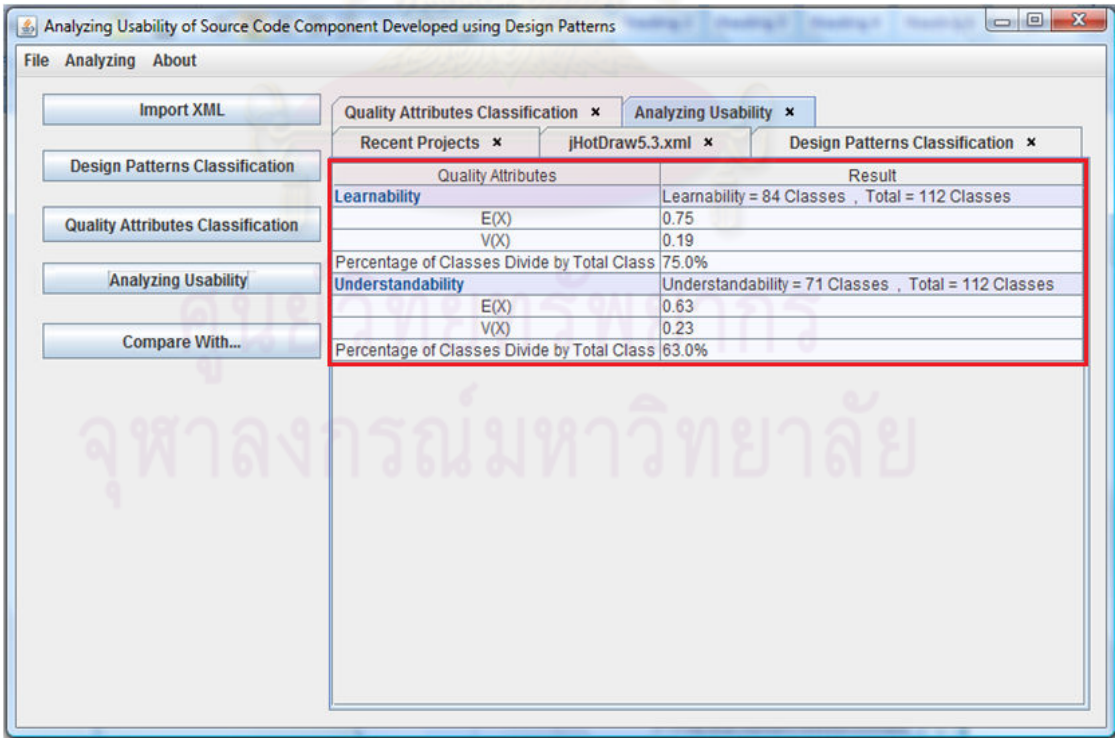
สถิติทดสอบความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ -0.271> -2.326 ยอมรับสมมติฐานว่าง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

5.3 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

5.3.1 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ JHotDraw

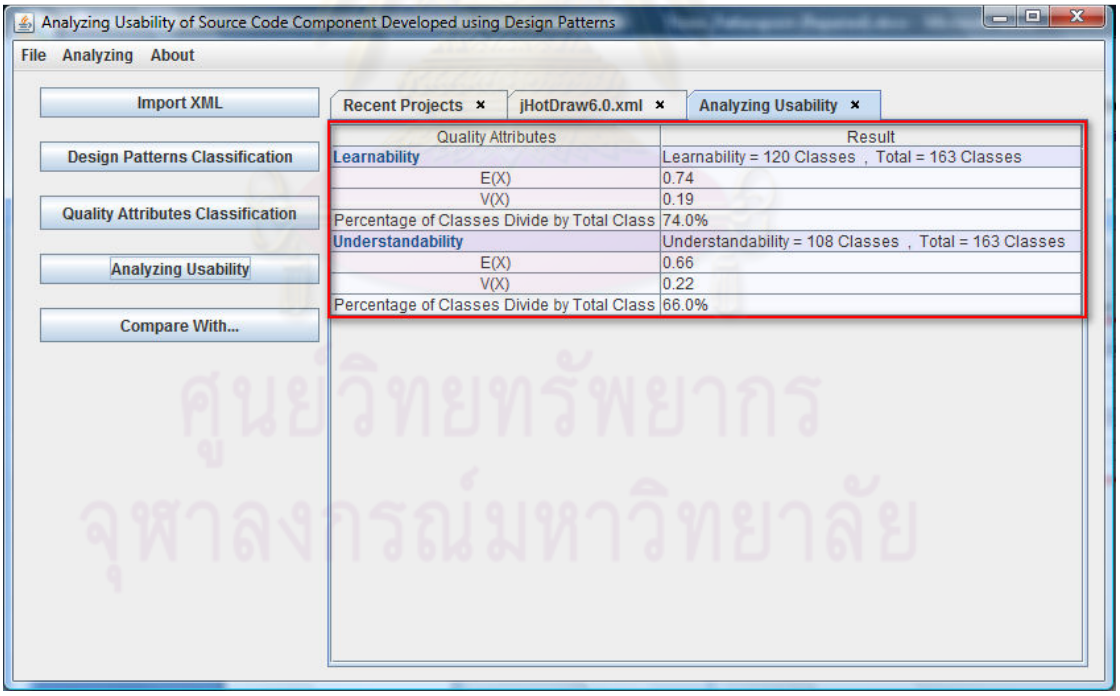
การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0 กับผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือดังรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือดังตารางที่ 5.9, 5.10 และ 5.11



รูปที่ 5.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 5.3

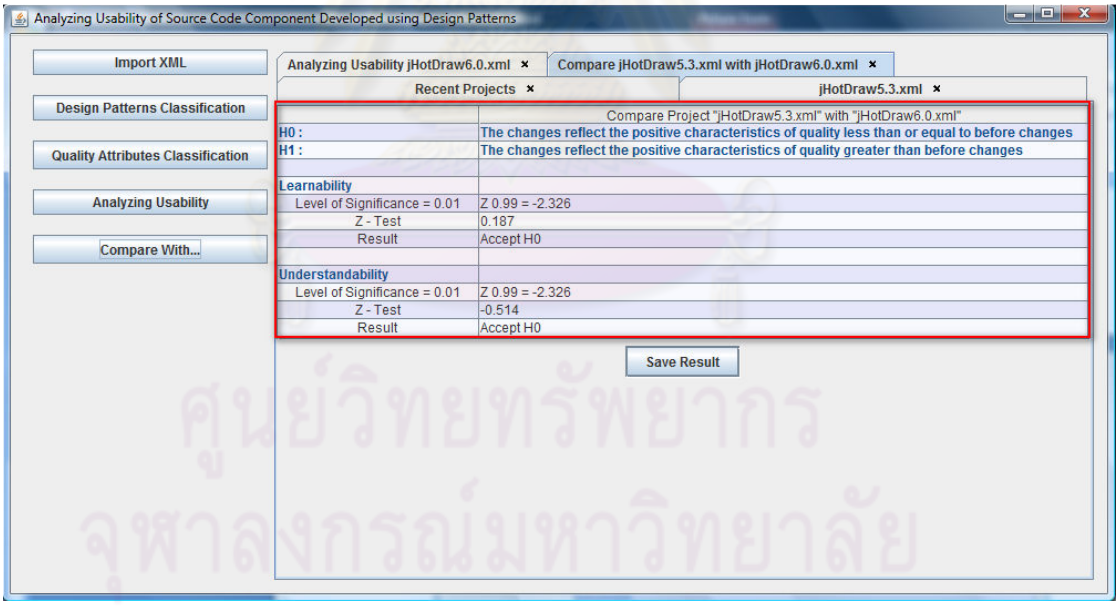
คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	ค่าที่คำนวณ	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยมือ)	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.75	0.75
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.75	0.75
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.19	0.19
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	75%	75%
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.63	0.63
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.63	0.63
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.23	0.23
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	63%	63%



รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 6.0

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JHotDraw 6.0

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	ค่าที่คำนวณ	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยมือ)	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.74	0.74
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.74	0.74
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.19	0.19
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	74%	74%
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.66	0.66
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.66	0.66
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.22	0.22
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	66%	66%



รูปที่ 5.3 ค่าสถิติทดสอบและผลการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากเครื่องมือของ JHotDraw 5.3 และ 6.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

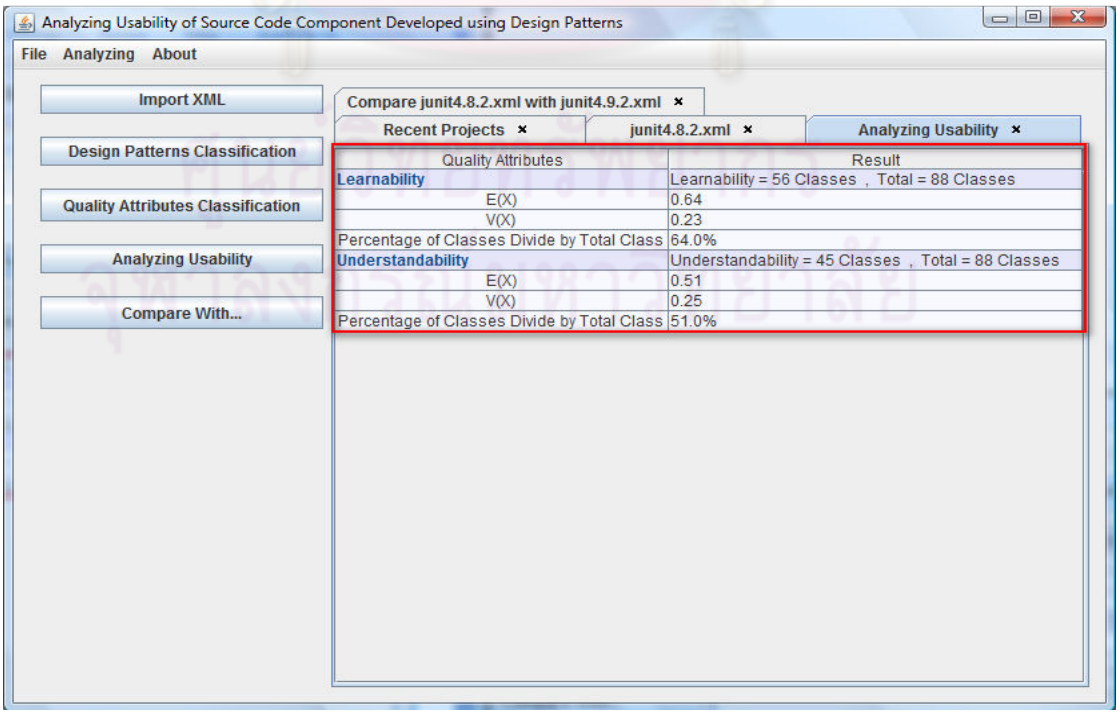
ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบผลการคำนวณสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**สถิติทดสอบ (คำนวณด้วยมือ)**	**สถิติทดสอบ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)**
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	0.187	0.187
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	-0.514	-0.514

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JHotDraw 5.3 และ JHotDraw 6.0

5.3.2 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ JUnit

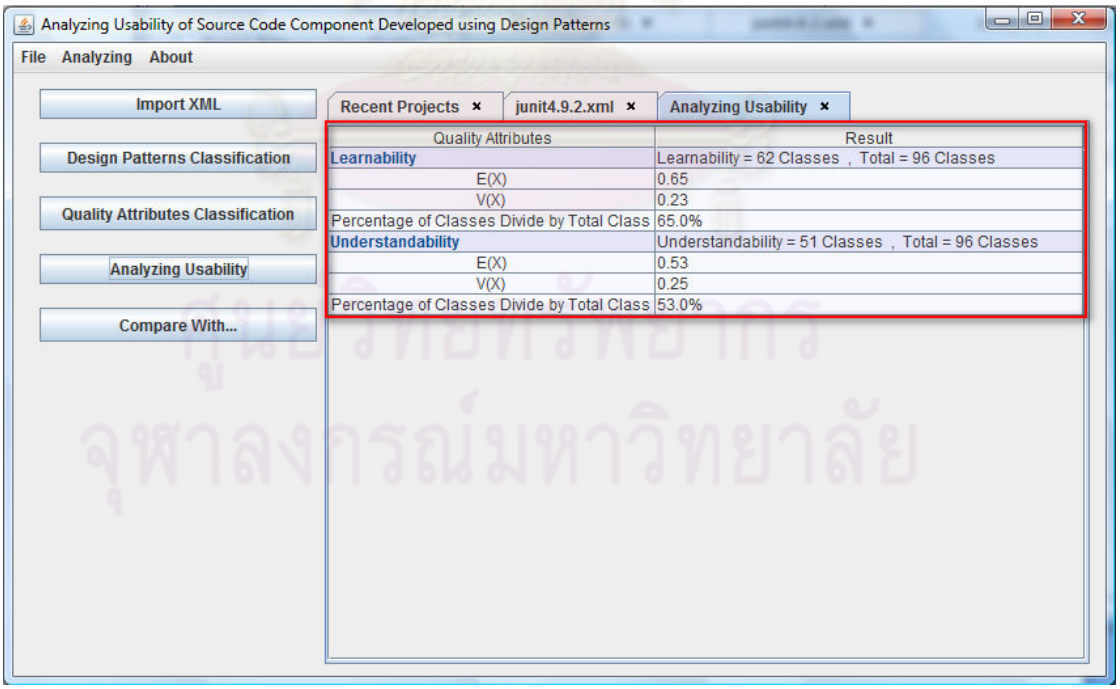
การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2 กับผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือดังรูปที่ 5.4, 5.5 และ 5.6 เพื่อประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือดังตารางที่ 5.12, 5.13 และ 5.14



รูปที่ 5.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2

ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.8.2

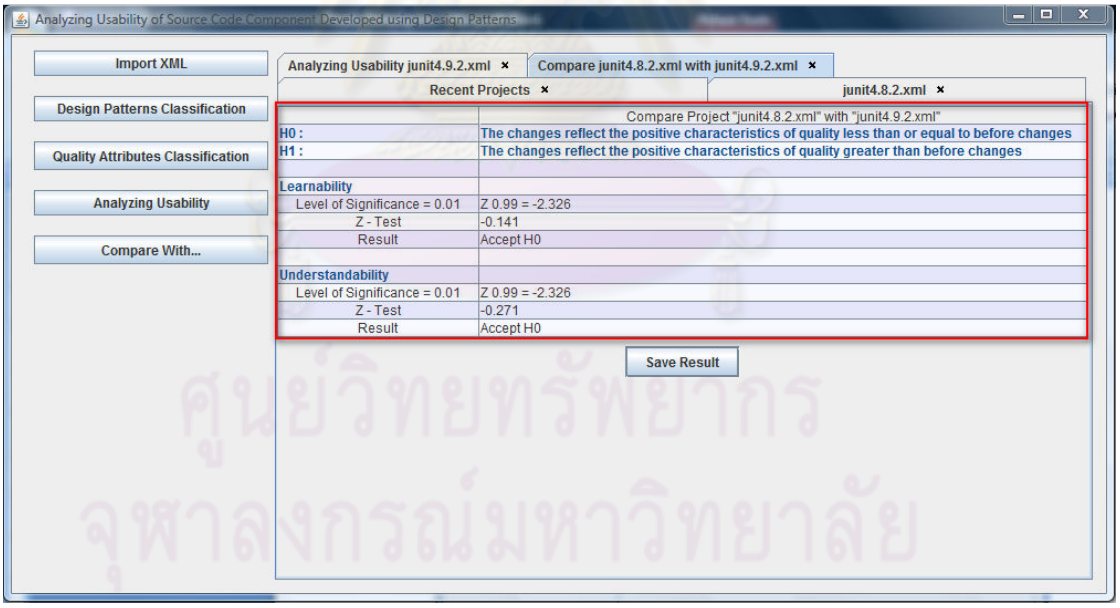
คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**ค่าที่คำนวณ**	**ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยมือ)**	**ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)**
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.64	0.64
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.64	0.64
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.23	0.23
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	64%	64%
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.51	0.51
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.51	0.51
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.25	0.25
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	51%	51%



รูปที่ 5.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.9.2

ตารางที่ 5.13 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือตามการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีของ JUnit 4.9.2

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	ค่าที่คำนวณ	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยมือ)	ผลลัพธ์ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.65	0.65
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.65	0.65
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.23	0.23
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	65%	65%
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (p)	0.53	0.53
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (E(x))	0.53	0.53
	ค่าความแปรปรวน (V(x))	0.25	0.25
	อัตราส่วนคลาสที่ให้ผลในแง่ดี	53%	53%



รูปที่ 5.6 ค่าสถิติทดสอบและผลการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากเครื่องมือของ JUnit 4.8.2 และ 4.9.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบผลการคำนวณสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

คุณลักษณะเชิงคุณภาพ	**สถิติทดสอบ (คำนวณด้วยมือ)**	**สถิติทดสอบ (คำนวณด้วยเครื่องมือ)**
ความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ	-0.141	-0.141
ความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ	-0.271	-0.271

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบน้อยกว่าหรือเท่ากับก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและเครื่องมือของ JUnit 4.8.2 และ JUnit 4.9.2

จากการประเมินเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ เพื่อประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบนั้นมีความถูกต้องจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ดังกล่าวและสามารถช่วยให้การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
บทสรุปการวิจัยแนวทางการวิจัยต่อ

ในบทนี้จะกล่าวสรุปผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการ และเสนอแนวทางในการทำวิจัยที่สามารถต่อยอดจากงานวิจัยนี้ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของการใช้งานจากมุมมองผู้เชี่ยวชาญ ของส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบรูปการออกแบบ ซึ่งเน้นการวิเคราะห์คุณภาพของการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการเรียนรู้และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ และการประเมินผลกระทบของคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

โดยวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยคือ

1) เสนอวิธีการและสร้างเครื่องมือ สำหรับการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ ในคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน โดยมีแอทริบิวต์ที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

2) เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทางซอฟต์แวร์ต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยแอทริบิวต์ที่ต้องการศึกษาคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในส่วนที่ประกอบด้วยแบบรูปการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งซอฟต์แวร์ที่ดีมีคุณภาพ

จากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ได้วิธีการและเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการใช้งาน ในแอทริบิวต์ที่เกี่ยวข้องคือ ระดับความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ และระดับความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ทั้งยังสามารถทราบผลกระทบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบ

ของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ และยังเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีในส่วนของการพัฒนาที่ประกอบด้วยแบบรูปการออกแบบเพื่อการบำรุงรักษาและเปลี่ยนแปลงในอนาคต รวมถึงเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์คุณภาพซอฟต์แวร์ที่มีส่วนประกอบของการพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพด้านอื่นๆ ของซอฟต์แวร์ได้

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ มีดังต่อไปนี้

1) แบบรูปการออกแบบที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ สเตท สแทรททิจี คอมโพสิต เดกคอเรเตอร์ อ็อบเซิร์ฟเวอร์ โปรโตไทป์ พรอคซี แฟคทอรีเมธอด ซิงเกอร์ตัน เทมเพลทเมธอด และวิซิทเตอร์

2) อ้างอิงผลของแบบรูปการออกแบบที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพจากงานวิจัยตามความเห็นของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพในด้านอื่นๆสามารถใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณแทนได้

6.3 แนวคิดในการพัฒนาต่อ

ผู้วิจัยมีแนวทางการพัฒนาต่อในอนาคตโดยการปรับปรุงให้สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพได้ครอบคลุมทุกแบบรูปการออกแบบ และสามารถวิเคราะห์และประเมินผลได้กับคุณภาพด้านอื่นๆ ของซอฟต์แวร์เช่น ความสามารถในการขยายการออกแบบระบบ (Expandability) ความสามารถในการนำชิ้นส่วนการออกแบบไปใช้ในการออกแบบระบบอื่นๆ (Reusability)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] ISO/IEC 9126-1:2000, Information technology – Software product quality – Part1: Quality model, International Organization for Standardization.

[2] Mairiza, D., et al. An investigation into the notion of non-functional requirements. Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing. Sierre, Switzerland, ACM.

[3] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R.,and Vlissides, J. Design Patterns : Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley, 1st edition, 1995.

[4] Elisabeth Freeman, Eric Freeman, Bert Bates, Kathy Sierra, Head First Design Patterns, O'Reilly Media, October 2004.

[5] Design Pattern Detection [Online]. 2006 Avilable from : http://java.uom.gr/~nikos/patterndetection.html [2010,April 28]

[6] Heuzeroth, D., Holl, T., Hogstrom, G.,and Lowe, W. "Automatic design pattern detection,"Program Comprehension, 2003. 11th IEEE International Workshop on, 10-11 May 2003 : 94-103

[7] Smith, J.M.,and Stotts, D. "SPQR: flexible automated design pattern extraction from source code," Automated Software Engineering, 2003. Proceedings. 18th IEEE International Conference on , 6-10 October 2003 : 215- 224

[8] Tsantalis, N., Chatzigeorgiou, A., Stephanides, G.,and Halkidis, S.T. , Design Pattern Detection Using Similarity Scoring, Software Engineering, IEEE Transactions on, 32, 11, 896-909, November 2006

[9] Ian Sommerville. Software Engineering, Ninth Edition. Pearson, 2010.

[10] Zhang Haiwei; Yuan Xiaojie; , "Schemas Extraction for XML Documents by XML Element Sequence Patterns," Information Science and Engineering (ICISE), 2009 1st International Conference on , 5096-5099, 26-28 Dec. 2009

[11] World Wide Web Consortium (W3C) [Online]. 2010. Available From : http://www.w3.org/ [2010,January 18]

[12] กัลยา วานิชย์บัญชา. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

[13] F. Khomh and Y.-G. Guéhéneuc. An empirical study of design patterns and software quality. Technical Report 1315, University of Montréal [Online]. January 2008. Avilable from : http://www.iro.umontreal.ca/~ptidej/Publications/~Documents/Research+report+DP+Quality+January08.doc.pdf. [2010,April 20]

[14] Khomh, F.,and Gueheneuc, Y.-G.; , Do Design Patterns Impact Software Quality Positively?, Software Maintenance and Reengineering, 2008. CSMR 2008. 12th European Conference on , 274-278, 1-4 April 2008

[15] Kohout, F. Statistics of Social Scientists : A coodinated Learning System. New York : John Wiley and Sons, 1974.

[16] JHotDraw [Online]. 2006. Available From : http://www.jhotdraw.org [2010,25 May]

[17] JUnit [Online]. 2006. Available From : http://www.junit.org [2010,25 May]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
บทความวิชาการ

จากการทำวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ เป็นผลงานวิจัยในรูปแบบของบทความวิชาการ โดยมีการนำเสนอเป็นบทความวิชาการระดับชาติได้แก่ บทความวิชาการเรื่อง “การประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงความต้องการ (Evaluating Learnability and Understandability of Source Code Components Developed using Design Patterns According to Requirements Change)” ซึ่งได้รับการคัดเลือกเพื่อนำเสนอและตีพิมพ์ในงาน “การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในระดับชาติ ครั้งที่ 8 (The 8th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering : JCSSE 2011)” ระหว่างวันที่ 11 – 13 พฤษภาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
รายละเอียดแบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์

แบบรูปการออกแบบของแก๊งออฟโฟร์ประกอบไปด้วยแบบรูปการออกแบบที่มีคุณลักษณะและคุณประโยชน์ที่แตกต่างกันทั้งสิ้น 23 แบบรูปการออกแบบ ซึ่งสามารถจัดได้เป็น 3 หมวดตามวัตถุประสงค์การใช้งานดังนี้

1. แบบรูปการออกแบบการสร้างวัตถุ (Creational Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในการสร้างกลุ่มวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมลักษณะ จำนวนและวิธีการสร้างวัตถุได้ โดยประกอบด้วย 5 แบบรูปการออกแบบ ได้แก่

1.1 แอบสแทรค แฟคทอรี (Abstract Factory) เป็นรูปแบบการออกแบบซอฟต์แวร์ที่ทำให้สามารถรวมกลุ่มของสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกันแต่มีรูปแบบเดียวกันไว้ด้วยกัน โดยจะมีการสร้างวัตถุที่เหมาะสมให้แก่ผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรู้ว่ากำลังใช้คลาสตัวไหนในการสร้างวัตถุเหล่านั้นขึ้นมา

1.2 แฟคทอรี เมธอด (Factory Method) เป็นดีไซน์แพตเทิร์นที่นิยามเมธอดสำหรับสร้างอ็อบเจกต์ (Object) ของคลาสชนิดหนึ่งๆ ซึ่งไม่ได้เจาะจงชนิดที่แน่นอน โดยซับคลาส (Subclass)เป็นผู้กำหนดเจาะจงว่าจะสร้างอ็อบเจกต์ของคลาสใด แฟคทอรีเมธอดในความหมายโดยทั่วไปคือเมธอดที่ทำหน้าที่สร้างอ็อบเจกต์นั่นเอง

1.3 บิวเดอร์ (Builder) เป็นหนึ่งในแบบรูปการออกแบบที่ทำให้สามารถใช้อ็อบเจกต์ ที่เกิดจากการรวมตัวกันของหลายๆ อ็อบเจกต์ โดยมีส่วนประกอบหรือโครงสร้างที่แตกต่างกันได้

1.4 โปรโตไทป์ (Prototype) เป็นหนึ่งในแบบรูปการออกแบบที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เมื่อชนิดของวัตถุถูกคัดลอกไปเป็นวัตถุใหม่ ซึ่งรูปแบบนี้ถูกนำไปเป็นตัวอย่างในการสร้างวัตถุใหม่โดยวิธีอื่นๆ ที่เกิดขึ้นอยู่ประจำกับโปรแกรมประยุกต์

1.5 ซิงเกอร์ตัน (Singleton) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ใช้จำกัดจำนวนอ็อบเจกต์ที่ถูกสร้างในขณะที่โปรแกรมทำงาน มีประโยชน์ในสถานการณ์ที่ทั้งระบบต้องมีอ็อบเจกต์เพียงตัวเดียวเพื่อจะได้ไม่เกิดการทำงานซ้ำซ้อนกัน

2. แบบรูปการออกแบบโครงสร้าง (Structural Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในการออกแบบโครงสร้างเชิงวัตถุที่ต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบโครงสร้างประกอบด้วย 7 แบบรูปการออกแบบ ได้แก่

2.1 อแด็ปเตอร์ (Adapter) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ใช้เชื่อมการทำงานระหว่างคลาสผู้เรียกและคลาสที่ถูกเรียกในกรณีที่คลาสที่ถูกเรียกมีเมธอดที่แตกต่างจากที่ผู้เรียกคาดหวัง

2.2 บริดจ์ (Bridge) เป็นแบบรูปการออกแบบระบบที่ไม่ขึ้นกันของแอบสแทรคชัน (Abstraction) และการพัฒนา (Implementation) โดยที่แอบสแทรคชันและการพัฒนาสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างอิสระไม่ขึ้นต่อกัน

2.3 คอมโพสิต (Composite) เป็นแบบรูปการออกแบบที่จัดโครงสร้างของอ็อบเจกต์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกันและเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ของระบบใหญ่ให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ ที่มีความสัมพันธ์กันเพียงชุดเดียว โดยผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้ทุกส่วนของโครงสร้างต้นไม้

2.4 เดกคอเรเตอร์ (Decorator) เป็นแบบรูปการออกแบบที่เป็นทางเลือกสำหรับการขยายความสามารถของการทำงานเดิม ช่วยให้สามารถเพิ่มเติมหรือปรับแต่งคลาสได้อย่างอิสระได้ในขณะทำงาน

2.5 ฟาซาด (Façade) เป็นแบบรูปการออกแบบเพื่อช่วยให้การเรียกใช้งานคลาสต่างๆ ในระบบที่ซับซ้อนทำได้ง่ายขึ้น และไม่จำเป็นต้องเข้าใจถึงความซับซ้อนของระบบ

2.6 ไฟลเวท (Flyweight) เป็นแบบรูปการออกแบบที่รวมเอาอ็อบเจกต์ที่มีลักษณะร่วมที่เหมือนกันแล้วสร้างตัวแทนของ อ็อบเจกต์ที่มีลักษณะเฉพาะแบบต่างๆ เพื่ออ้างอิงจากภายนอก

2.7 พรอคซี (Proxy) เป็นแบบรูปการออกแบบที่อ็อบเจกต์ตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวแทนของอ็อบเจกต์ โดยตัวแทนดังกล่าวจะทำหน้าที่เก็บสิ่งที่ใช้อ้างอิง (Reference) ไปยังอ็อบเจกต์

3. แบบรูปการออกแบบพฤติกรรม (Behavioral Patterns) เป็นกลุ่มแบบรูปการออกแบบที่ใช้แก้ปัญหาในเรื่องพฤติกรรมการทำงานระหว่างวัตถุและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ซึ่งประกอบไปด้วย 11 แบบรูปการออกแบบ ได้แก่

3.1 เชนออฟเรสพอนซะบิลลิที (Chain of Responsibility) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ทำให้เกิดการส่งต่อของการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อก่อให้เกิดพฤติกรรมต่างๆ

3.2 คอมมานด์ (Command) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ช่วยซ่อนรายละเอียด และความซับซ้อนต่างๆไว้ภายในอ็อบเจกต์ โดยที่อ็อบเจกต์ภายนอก รวมถึงผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องทราบรายละเอียดของการทำงานนั้นๆ

3.3 อินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ใช้ในกรณีที่ขอบเขตของปัญหาสามารถถูกอธิบายในลักษณะที่เป็นภาษาและกฎที่แน่นอนตายตัว ซึ่งสามารถสร้างคลาสที่

เป็นตัวแทนขององค์ประกอบของภาษา จัดเรียงเข้าด้วยกันเพื่ออธิบายปัญหาหนึ่งๆ และแปลหรือประเมินผลโดยใช้โครงสร้างที่ได้จัดเรียงไว้

3.4 อิเทอเรเตอร์ (Iterator) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ช่วยให้สามารถเข้าถึงสมาชิกแต่ละตัวของชุดหรือลำดับ (Collection or sequence) ของอ็อบเจกต์ โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของสมาชิก และไม่จำเป็นต้องเปิดเผยโครงสร้างของสมาชิกแต่ละตัวให้ภายนอกได้รับรู้

3.5 มีดิเอเตอร์ (Mediator) เป็นแบบรูปการออกแบบเพื่อช่วยให้สามารถมีตัวกลางที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อความจากผู้ส่งไปยังผู้รับ โดยตัวกลางดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงผู้รับและผู้ส่งได้อย่างอิสระ

3.6 มีเมนโท (Memento) เป็นแบบรูปการออกแบบเพื่อช่วยในการจดจำและจัดเก็บสถานะของอ็อบเจกต์ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

3.7 อ็อบเซิร์ฟเวอร์ (Observer) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ใช้แจ้งเหตุการณ์หรือข้อมูลข่าวสารจากคลาสต้นกำเนิดไปยังคลาสที่ของผู้ที่สมัครเป็นผู้รับข่าวสาร เมื่อมีเหตุการณ์หรือข้อมูลใดๆเกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลง

3.8 สเตท (State) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ช่วยให้สามารถจัดการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอ็อบเจกต์ได้อย่างเป็นระบบ

3.9 สแทรททิจี (Strategy) เป็นแบบรูปการออกแบบที่รวมการทำงานที่แตกต่างกันแต่ทำงานอย่างเดียวกันไว้ในคลาส โดยคลาสอื่นๆสามารถนำเอาคลาสเหล่านี้ไปใช้งานและสามารถเปลี่ยนแปลงการเลือกใช้คลาสเหล่านี้ได้อย่างอิสระตลอดเวลา

3.10 เทมเพลทเมธอด (Template Method) เป็นแบบรูปการออกแบบที่ใช้กำหนดแม่แบบหรือโครงหลักของอัลกอริทึม (Algorithm) โดยไม่ได้กำหนดรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ แต่ซับคลาสสามารถนิยามรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนย่อยได้ตามความต้องการ

3.11 วิซิทเตอร์ (Visitor) เป็นแบบรูปการออกแบบที่กล่าวถึงการดำเนินการใดๆกับสมาชิกแต่ละตัวของชุดหรือลำดับของ อ็อบเจกต์ของคลาสที่แตกต่างกัน โดยจะดำเนินการเข้าถึงสมาชิกแต่ละตัวแล้วเลือกวิธีการดำเนินการให้เหมาะสมกับชนิดของอ็อบเจกต์นั้น

ภาคผนวก ค
ความต้องการเชิงหน้าที่ของเครื่องมือ

ความต้องการเชิงหน้าที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1 ส่วนการนำเข้าและแยกประเภทคลาสจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

ตารางที่ ค. 1 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0101

รหัสความต้องการ : FR0101	**ชื่อหน้าที่** : นำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
คำอธิบายหน้าที่ :	นำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ เข้าสู่เครื่องมืออ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ข้อมูลนำออก :	บันทึกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลลงฐานข้อมูล
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 2 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0102

รหัสความต้องการ : FR0102	**ชื่อหน้าที่** : อ่านเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และนับจำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	อ่านสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากการนำเข้าเพื่อประมวลผลเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และนับจำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ข้อมูลนำออก :	จำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบทั้งหมด
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค. 3 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0103

รหัสความต้องการ :	FR0103	**ชื่อหน้าที่** :	แยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	แยกคลาสตามประเภทของแบบรูปการออกแบบที่ได้ระบุในเอกสารเอกซ์เอ็มแอล		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ		
ข้อมูลนำออก :	คลาสที่ได้แยกประเภทตามแบบรูปการออกแบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 4 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0104

รหัสความต้องการ :	FR0104	**ชื่อหน้าที่** :	แสดงรายชื่อคลาสตามการแยกประเภทของแบบรูปการออกแบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	แสดงรายชื่อคลาสที่ได้จากการแยกประเภทตามแบบรูปการออกแบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	คลาสที่ได้จากการแยกประเภทตามแบบรูปการออกแบบ		
ข้อมูลนำออก :	รายชื่อแบบรูปการออกแบบ และคลาสตามประเภทของแบบรูปการออกแบบ ที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 5 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0105

รหัสความต้องการ :	FR0105	**ชื่อหน้าที่** :	แยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
คำอธิบายหน้าที่ :	แยกประเภทคลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	คลาสที่ได้จากการแยกประเภทตามแบบรูปการออกแบบ		
ข้อมูลนำออก :	คลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 6ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0106

รหัสความต้องการ :	FR0106	**ชื่อหน้าที่** :	แสดงรายชื่อคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
คำอธิบายหน้าที่ :	แสดงรายชื่อคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	คลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	รายชื่อคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 7ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0107

รหัสความต้องการ :	FR0107	**ชื่อหน้าที่** :	บันทึกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ
คำอธิบายหน้าที่ :	บันทึกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของชุดคำสั่งที่นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอล		
ข้อมูลนำออก :	ไม่มี		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

2 **ส่วนการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ**

ตารางที่ ค. 8 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0201

รหัสความต้องการ :	FR0201	**ชื่อหน้าที่** :	กำหนดค่าตัวแปรสุ่ม
คำอธิบายหน้าที่ :	กำหนดค่าตัวแปรสุ่มของคลาสที่ให้ผลในแง่ดี และไม่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบให้กับแต่ละคลาส		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	คลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	คลาสที่ได้รับการกำหนดค่าตัวแปรสุ่ม		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 9 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0202

รหัสความต้องการ :	FR0202	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- คลาสที่ได้รับการกำหนดค่าตัวแปรสุ่มของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ - จำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบทั้งหมด		
ข้อมูลนำออก :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 10 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0203

รหัสความต้องการ :	FR0203	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- คลาสที่ได้รับการกำหนดค่าตัวแปรสุ่มของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ - จำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบทั้งหมด		
ข้อมูลนำออก :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 11 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0204

รหัสความต้องการ :	FR0204	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 12 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0205

รหัสความต้องการ :	FR0205	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 13 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0206

รหัสความต้องการ :	FR0206	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 14 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0207

รหัสความต้องการ :	FR0207	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 15 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0208

รหัสความต้องการ : FR0208 **ชื่อหน้าที่** :	คำนวณร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
ข้อมูลนำออก :	ร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 16 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0209

รหัสความต้องการ : FR0209 **ชื่อหน้าที่** :	คำนวณร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ข้อมูลนำออก :	ร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบ
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 17 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0210

รหัสความต้องการ :	FR0210	**ชื่อหน้าที่** :	แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ - ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ - ร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ข้อมูลนำออก :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ตารางที่ ค. 18 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0211

รหัสความต้องการ :	FR0211	**ชื่อหน้าที่** :	แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
คำอธิบายหน้าที่ :	แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ		

ตารางที่ ค.18 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0211 (ต่อ)

ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ - ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ - ร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ข้อมูลนำออก :	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 19 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0212

รหัสความต้องการ :	FR0212	**ชื่อหน้าที่** :	คำนวณสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง - ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง - จำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบทั้งหมด ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง		

ตารางที่ ค. 19 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0212 (ต่อ)

ข้อมูลนำออก :	ค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 20 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0213

รหัสความต้องการ : FR0213 **ชื่อหน้าที่** :	คำนวณสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	คำนวณค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง - ค่าความแปรปรวนของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง - จำนวนคลาสที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบทั้งหมด ทั้งก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลนำออก :	ค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค. 21 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0214

รหัสความต้องการ : FR0214	**ชื่อหน้าที่** : เลือกระดับนัยสำคัญ
คำอธิบายหน้าที่ :	สามารถให้ผู้ใช้เลือกระดับนัยสำคัญตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	ระดับนัยสำคัญตามที่ได้กำหนดไว้
ข้อมูลนำออก :	ระดับนัยสำคัญที่ผู้ใช้เลือก
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค.22 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0215

รหัสความต้องการ : FR0215	**ชื่อหน้าที่** : ประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ระดับนัยสำคัญที่ผู้ใช้เลือก - ค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ - สมมติฐานว่าง และสมมติฐานแย้ง
ข้อมูลนำออก :	ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.23 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0216

รหัสความต้องการ : FR0216	**ชื่อหน้าที่** : ประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
คำอธิบายหน้าที่ :	ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ระดับนัยสำคัญที่ผู้ใช้เลือก - ค่าสถิติทดสอบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ - สมมติฐานว่าง และสมมติฐานแย้ง
ข้อมูลนำออก :	ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค.24 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0217

รหัสความต้องการ : FR0217	**ชื่อหน้าที่** : บันทึก และลบข้อมูลการประเมินผลกระทบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
คำอธิบายหน้าที่ :	บันทึก และลบข้อมูลการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

ตารางที่ ค. 24 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0217 (ต่อ)

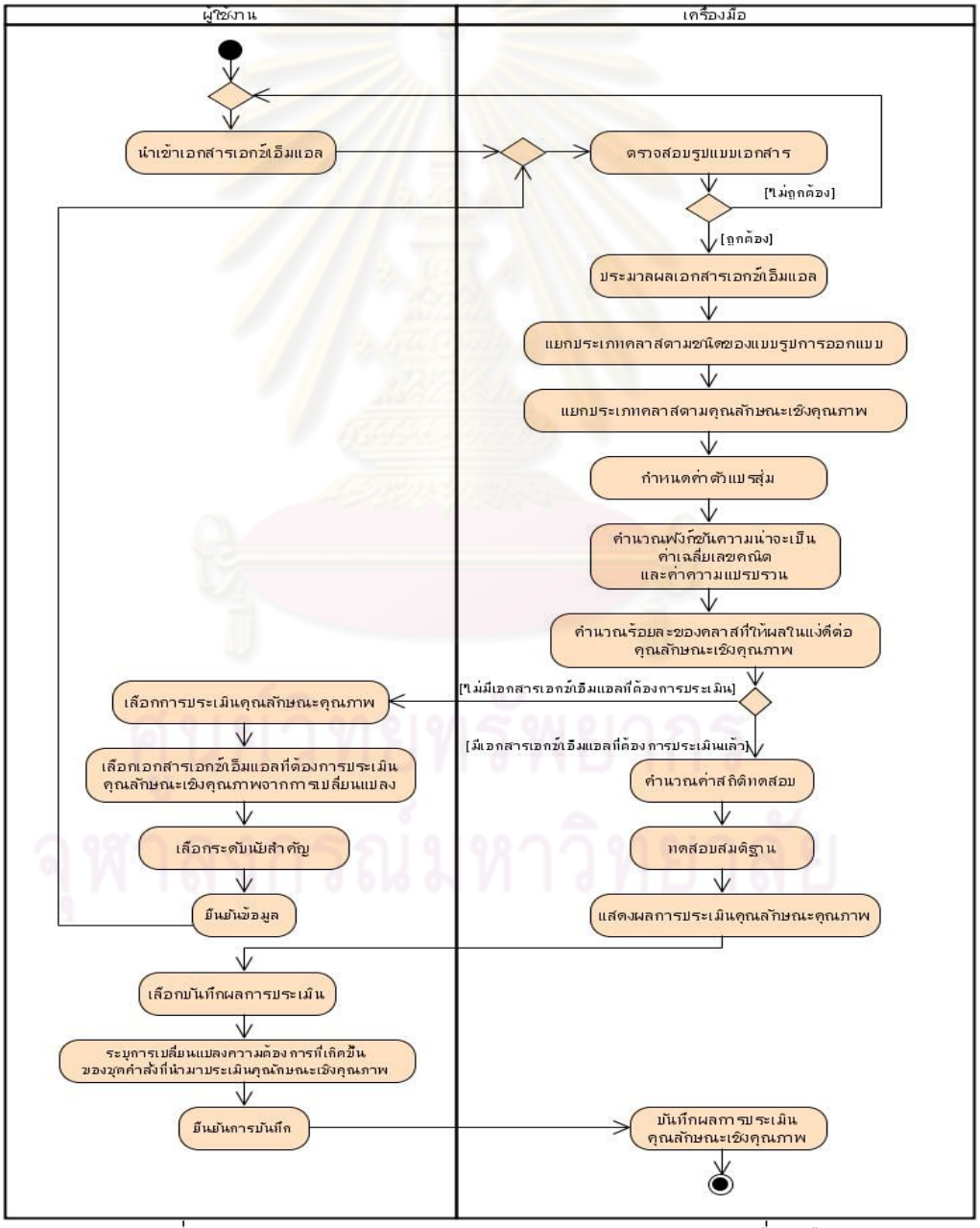
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	- ชื่อของเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากชุดคำสั่งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง - ชื่อของเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากชุดคำสั่งหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง - ระดับนัยสำคัญที่เลือกใช้ในการประเมิน - รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงของชุดคำสั่งที่เกิดขึ้น
ข้อมูลนำออก :	- ข้อมูลการประเมินผลกระทบของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ //บันทึกลงฐานข้อมูล
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ

ตารางที่ ค.25 ความต้องการเชิงหน้าที่ของระบบ รหัส FR0218

รหัสความต้องการ :	FR0218	**ชื่อหน้าที่** :	แสดงข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยประเมินแล้วได้
คำอธิบายหน้าที่ :	แสดงข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยได้บันทึกไว้แล้ว		
ข้อมูลนำเข้าระบบ :	<<กดปุ่มดูข้อมูลที่เคยประเมินไว้แล้ว>>		
ข้อมูลนำออก :	ข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่เคยได้บันทึกไว้แล้ว		
ผู้มีสิทธิ์ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ		

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือ

ภายหลังจากพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบแล้ว เพื่อแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันงานและการใช้งานของเครื่องมือ สามารถแสดงภาพรวมของการใช้เครื่องมือด้วยแผนภาพกิจกรรม ดังรูป ง.1



รูปที่ ง. 1 แผนภาพกิจกรรมแสดงภาพรวมของการใช้เครื่องมือ

ในภาคผนวก ง จะนำเสนอตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือที่ได้ทำการพัฒนาแล้วดังนี้

1) ตัวอย่างการนำเข้า และแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบและคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

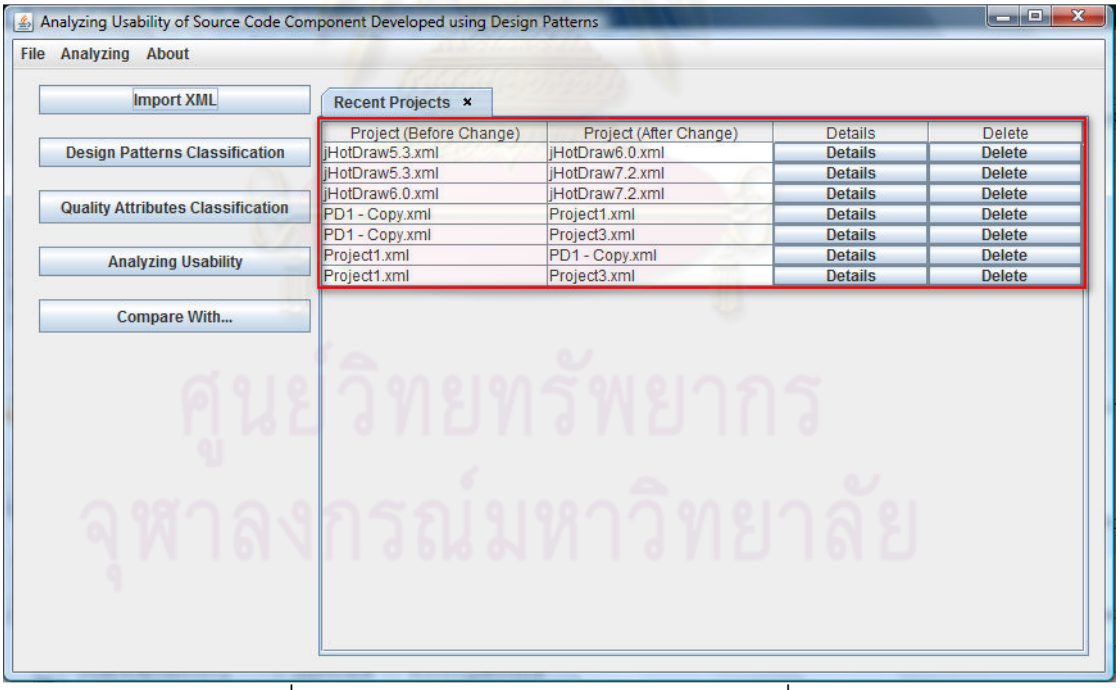
2) ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

3) ตัวอย่างการประเมินคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ง.1 ตัวอย่างการนำเข้า และแยกประเภทคลาส

การนำเข้า และแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบและผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพจะต้องมีการเปิดใช้เครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ ง.2

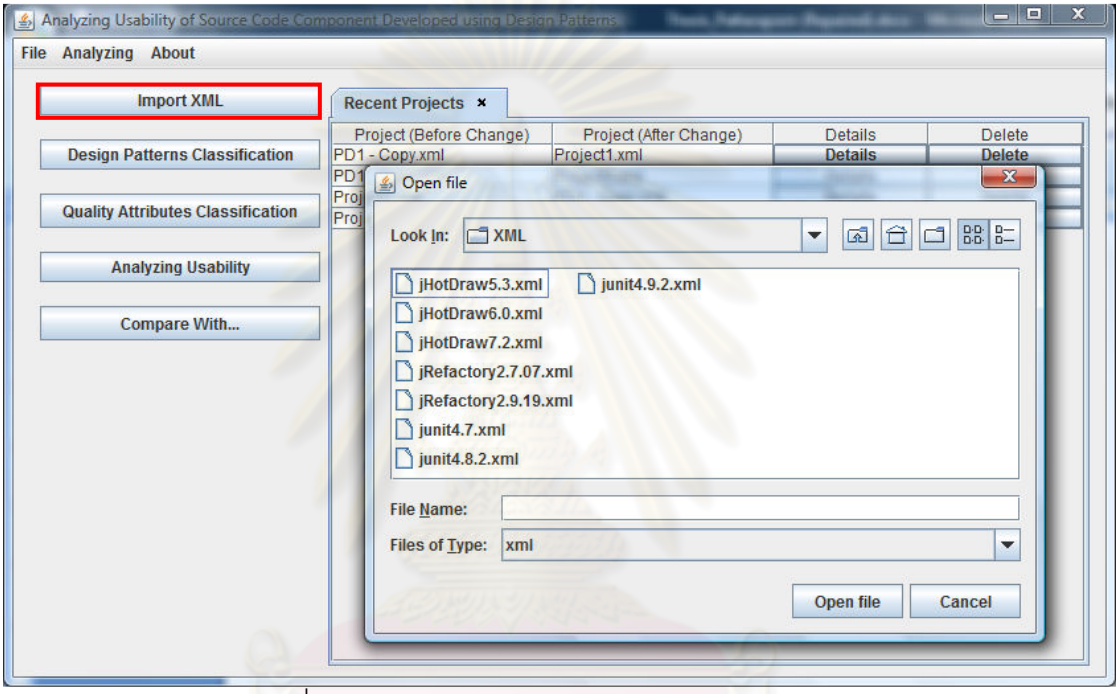


รูปที่ ง. 2 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหลักของเครื่องมือ

จากรูปที่ ง.2 เมื่อมีการเปิดใช้เครื่องมือหน้าจอแสดงผลหลักจะแสดงรายละเอียดของการประเมินที่เคยประเมินและบันทึกไว้ก่อนหน้า โดยผู้ใช้สามารถเลือกรายละเอียด (Details) เพื่อเข้า

ไปดูรายละเอียดและข้อมูลที่เคยบันทึกไว้เช่นเดียวกับรูปที่ ง.9 และยังสามารถเลือกลบ (Delete) เพื่อลบรายการที่เคยบันทึกไว้

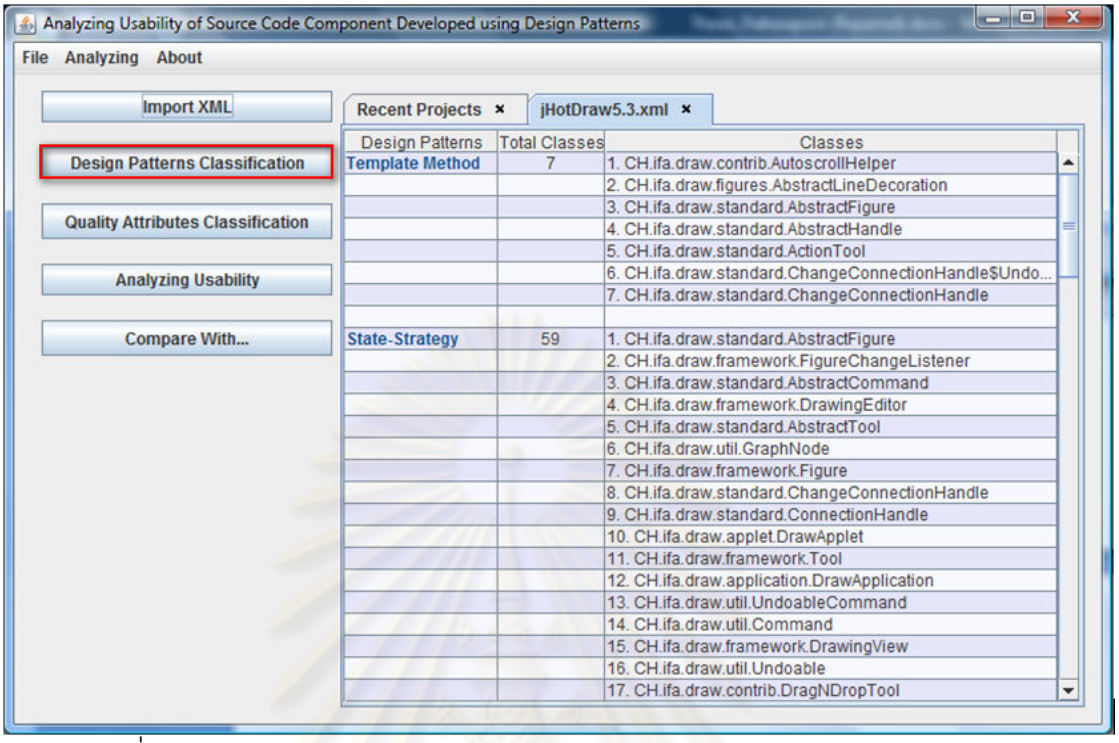
การนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสามารถทำได้โดยการเลือกนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล (Import XML) และเลือกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ต้องการนำมาวิเคราะห์และประเมินผลดังรูปที่ ง.3



รูปที่ ง. 3 ตัวอย่างการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

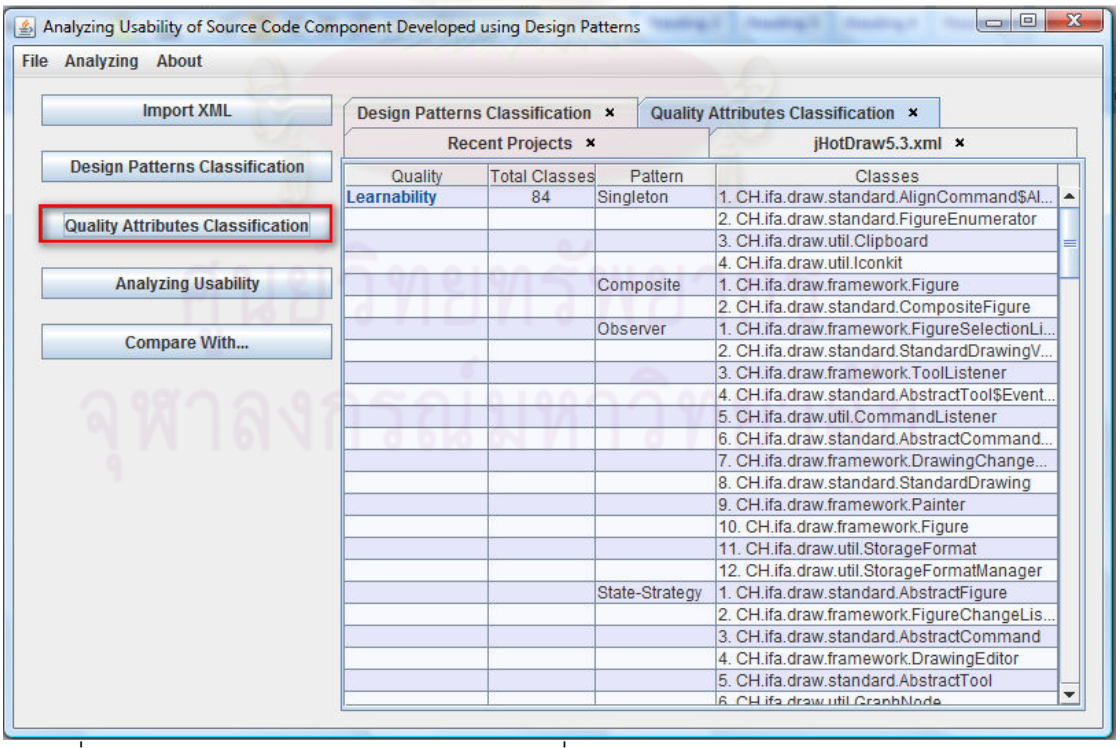
เมื่อนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลแล้วเครื่องมือจะแสดงผลการแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบเช่นเดียวกับรูปที่ ง.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง. 4 ตัวอย่างผลการแยกประเภทคลาสตามชนิดของแบบรูปการออกแบบ

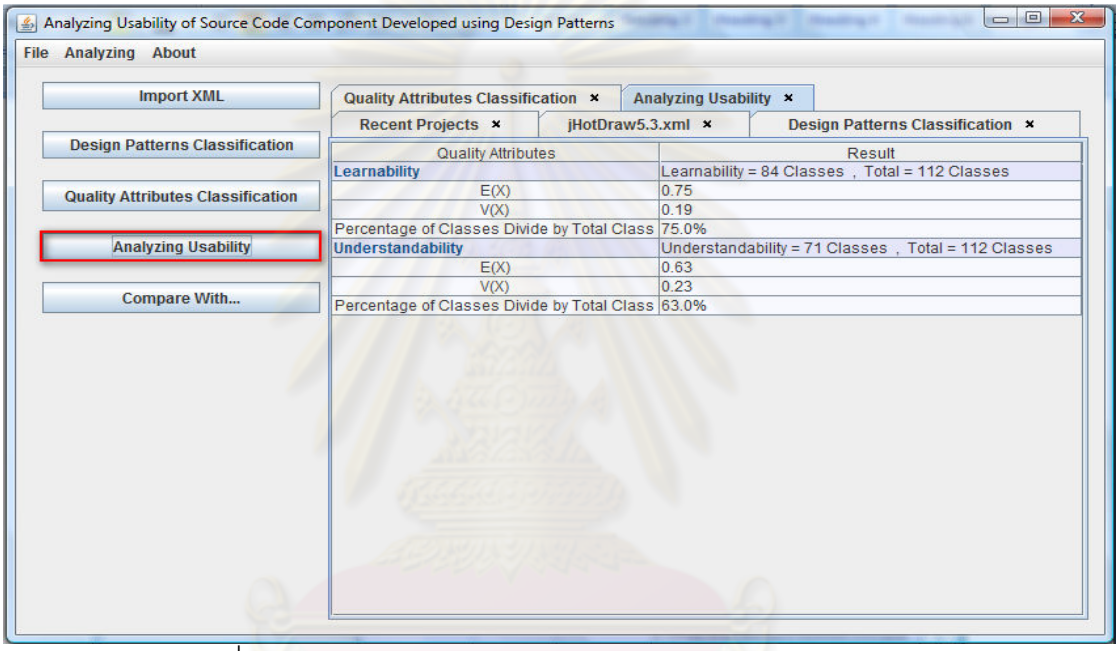
ผู้ใช้งานสามารถเลือกการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ได้ดังรูปที่ ง.5



รูปที่ ง. 5 ตัวอย่างผลการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

ง.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพ

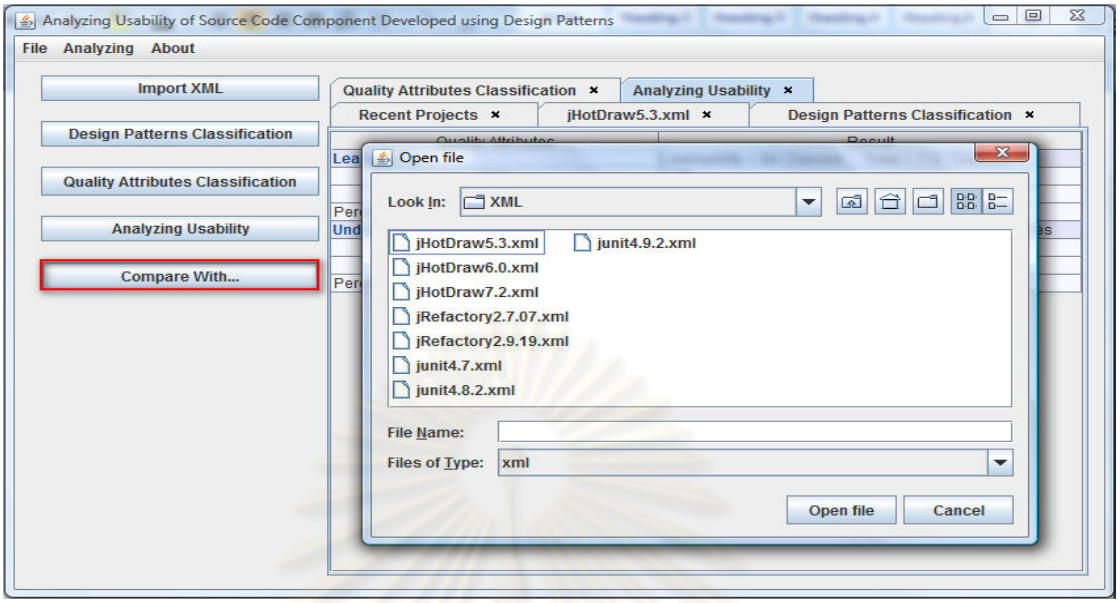
การวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบประกอบด้วยผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้การแจกแจงแบบเบอร์นูลลี ได้แก่ การคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็น การหาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ ดังรูปที่ ง.6



รูปที่ ง. 6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเรียนรู้
และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

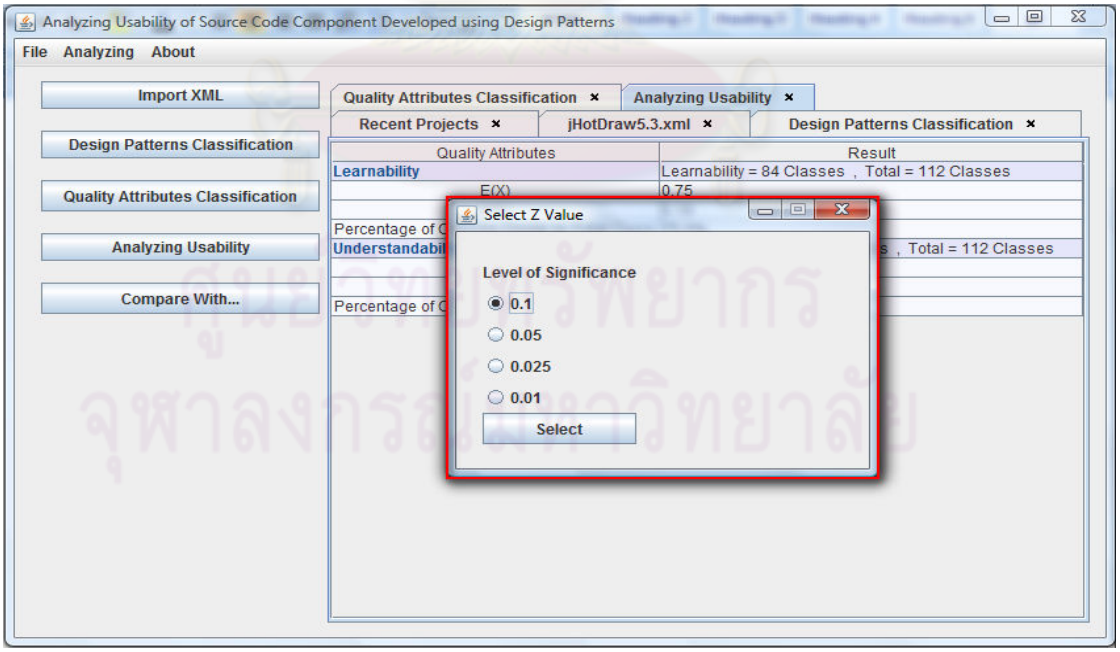
ง.3 ตัวอย่างการประเมินคุณลักษณะคุณภาพ

เป็นการประเมินคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น โดยเลือกชุดคำสั่งที่ต้องการนำมาประเมินหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพดังรูปที่ ง.7



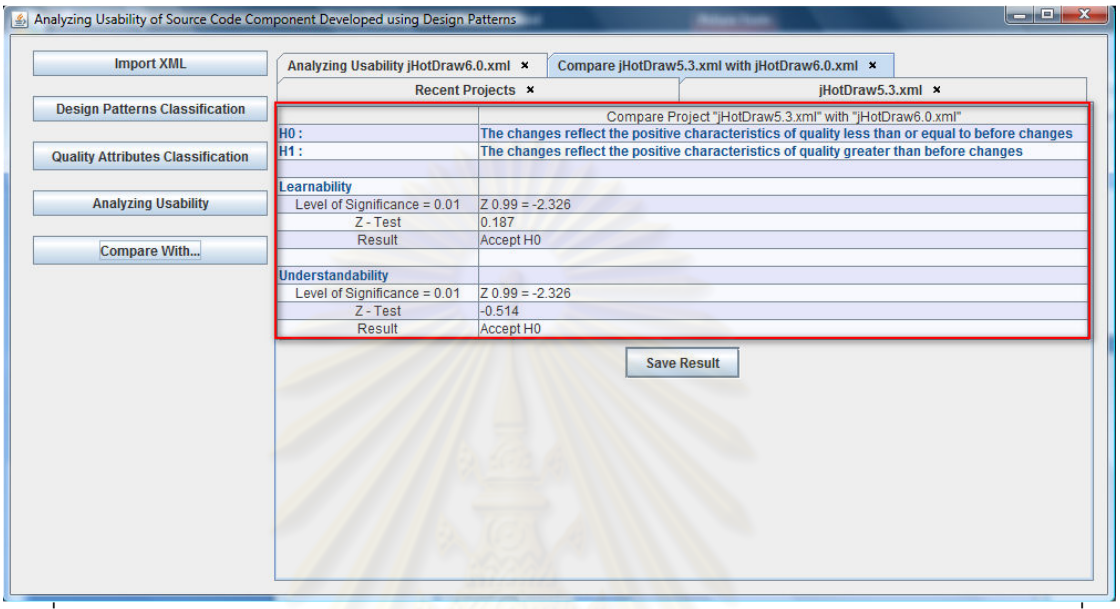
รูปที่ ง. 7 ตัวอย่างการประเมินความสามารถในการเรียนรู้
และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ

หลังจากเลือกชุดคำสั่งที่ต้องการนำมาประเมินแล้ว เครื่องมือจะให้ผู้ใช้เลือกระดับนัยสำคัญสำหรับใช้ในการประเมิน ซึ่งสามารถเลือกระดับนัยสำคัญได้ 4 ระดับดังรูปที่ ง.8



รูปที่ ง. 8 ระดับนัยสำคัญสำหรับใช้ในการประเมิน

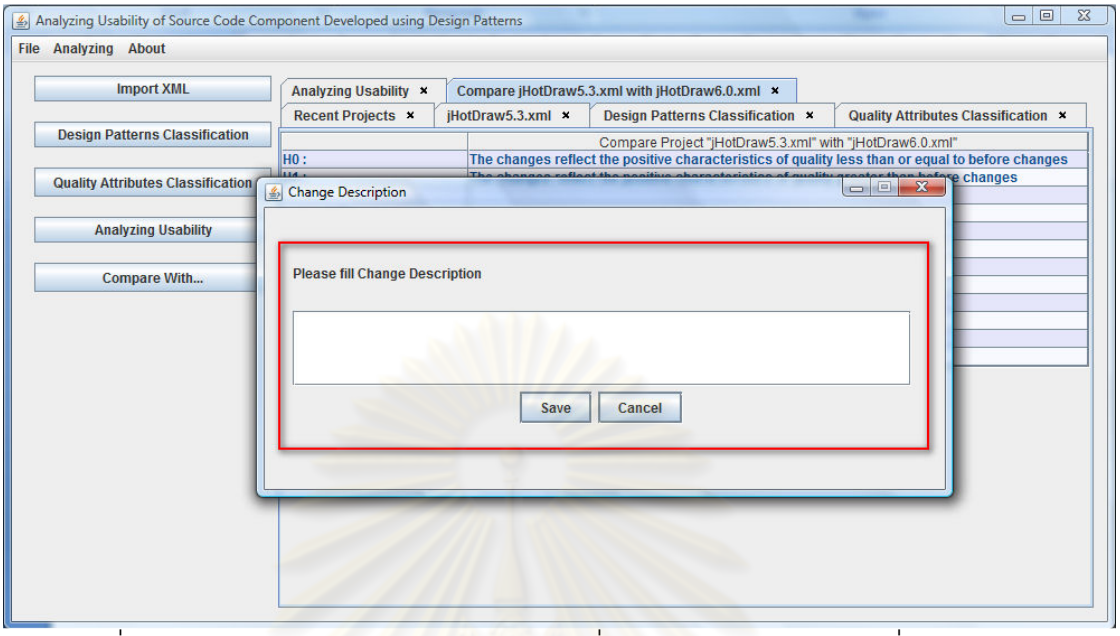
เครื่องมือประเมินคุณลักษณะคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วยผลการคำนวณสถิติทดสอบ ผลการทดสอบสมติฐานดังรูปที่ ง. 9



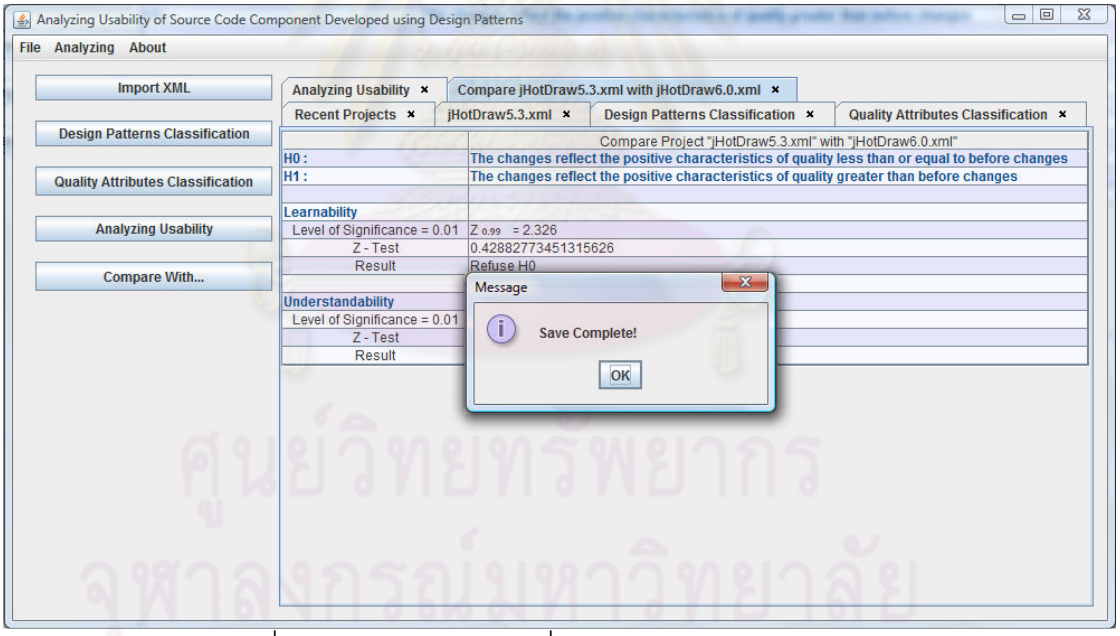
รูปที่ ง. 9 ตัวอย่างผลการประเมินความสามารถในการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น

ผู้ใช้งานสามารถบันทึกผลที่ได้จากการประเมินได้โดยเลือกบันทึกผล (Save Result) จากนั้นเครื่องมือจะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความต้องการที่เกิดขึ้นระหว่างสองชุดคำสั่งและทำการบันทึกข้อมูลดังรูปที่ ง. 10 และเครื่องมือจะแสดงข้อความเตือนเมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วดังรูปที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง. 10 หน้าจอให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความต้องการเพื่อบันทึกผล



รูปที่ ง. 11 ข้อความเตือนเมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ภาคผนวก จ

กรณีทดสอบ

ตารางที่ จ. 1 กรณีทดสอบ รหัส T0101

ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0101 นำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0101 ทดสอบฟังก์ชันนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอล
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องเป็นเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และประมวลผลได้อย่างถูกต้อง
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือไม่สามารถนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลได้ และแจ้งเตือนความไม่ถูกต้องของรูปแบบเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.1 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดดังแสดงในรูปที่ จ.2
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และประมวลผลได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.3
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนรูปแบบเอกสารเอกซ์เอ็มแอลไม่ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ จ.4
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

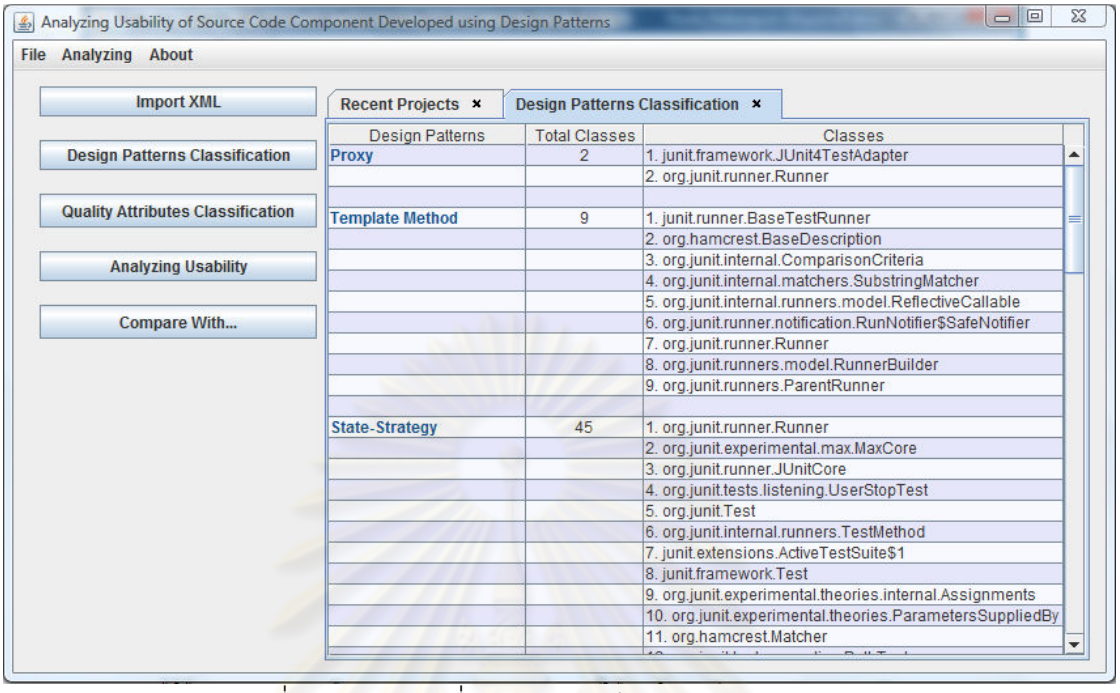
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <system>
 - <pattern name="Factory Method">
  - <instance>
      <role name="Creator" element="Creator" />
      <role name="FactoryMethod()" element="Creator::factoryMethod():Product" />
    </instance>
  </pattern>
 - <pattern name="Singleton">
  - <instance>
      <role name="Singleton" element="ClassicSingleton" />
      <role name="uniqueInstance" element="private static ClassicSingleton instance" />
    </instance>
  </pattern>
```

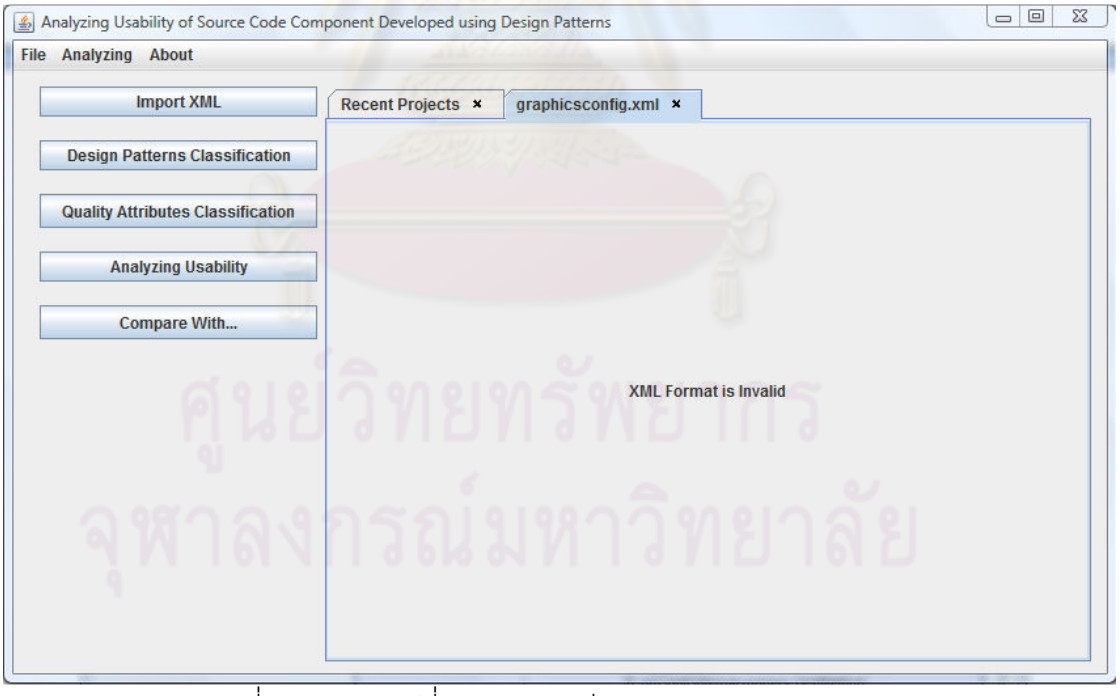
รูปที่ จ. 1 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0101

```
<?xml version="1.0" ?>
- <Reflection>
    <class name="BRTTIRefCount" base="root class" />
  - <class name="BPersistent" base="BRTTIRefCount">
      <prop name="Name" type="String" />
    </class>
  - <class name="GraphicConfigData" base="BPersistent">
      <prop name="Mode" type="Fct" />
      <prop name="Vsync" type="Fct" />
      <prop name="Windowed" type="Fct" />
      <prop name="TextureFilter" type="Fct" />
      <prop name="TextureResolution" type="Fct" />
      <prop name="Brightness" type="Fct" />
      <prop name="CarDetailLevel" type="Fct" />
      <prop name="TrackDetailLevel" type="Fct" />
      <prop name="ShadowDetailLevel" type="Fct" />
      <prop name="MotionblurLevel" type="Fct" />
      <prop name="EffectsDetailLevel" type="Fct" />
    </class>
```

รูปที่ จ. 2 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีผิดพลาดของรหัส T0101



รูปที่ จ. 3 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0101



รูปที่ จ. 4 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0101

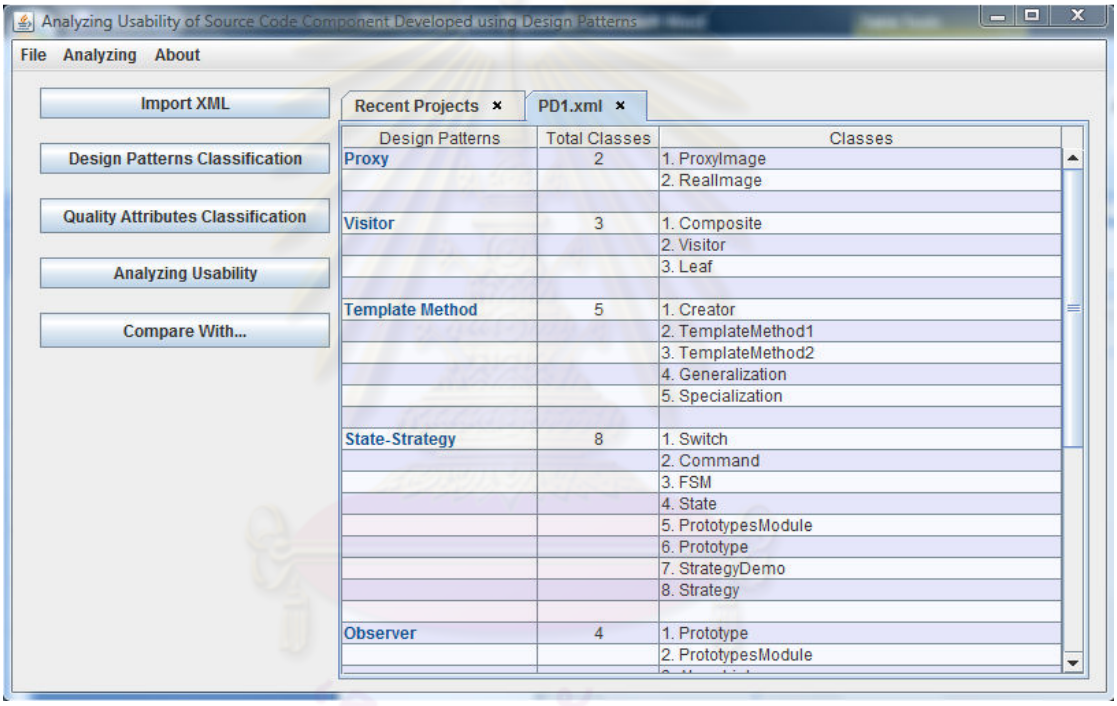
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ. 2 กรณีทดสอบ รหัส T0103

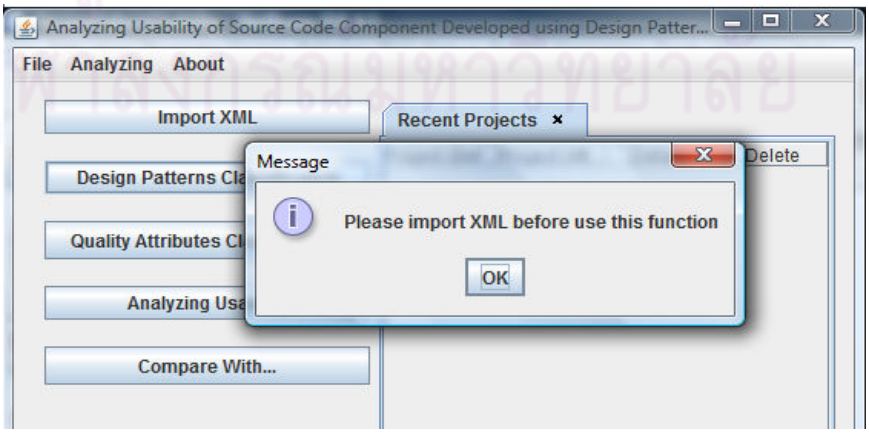
ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0103 แยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0103 ทดสอบฟังก์ชันการแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการแยกประเภทคลาสตามแบบรูปการออกแบบ
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอล
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องเป็นเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	แยกคลาสตามประเภทของแบบรูปการออกแบบที่ได้ระบุในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลได้อย่างถูกต้อง
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.5 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	แยกคลาสตามประเภทของแบบรูปการออกแบบที่ได้ระบุในเอกสารเอกซ์เอ็มแอลได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.6
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.7
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 5 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0103



รูปที่ จ. 6 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0103



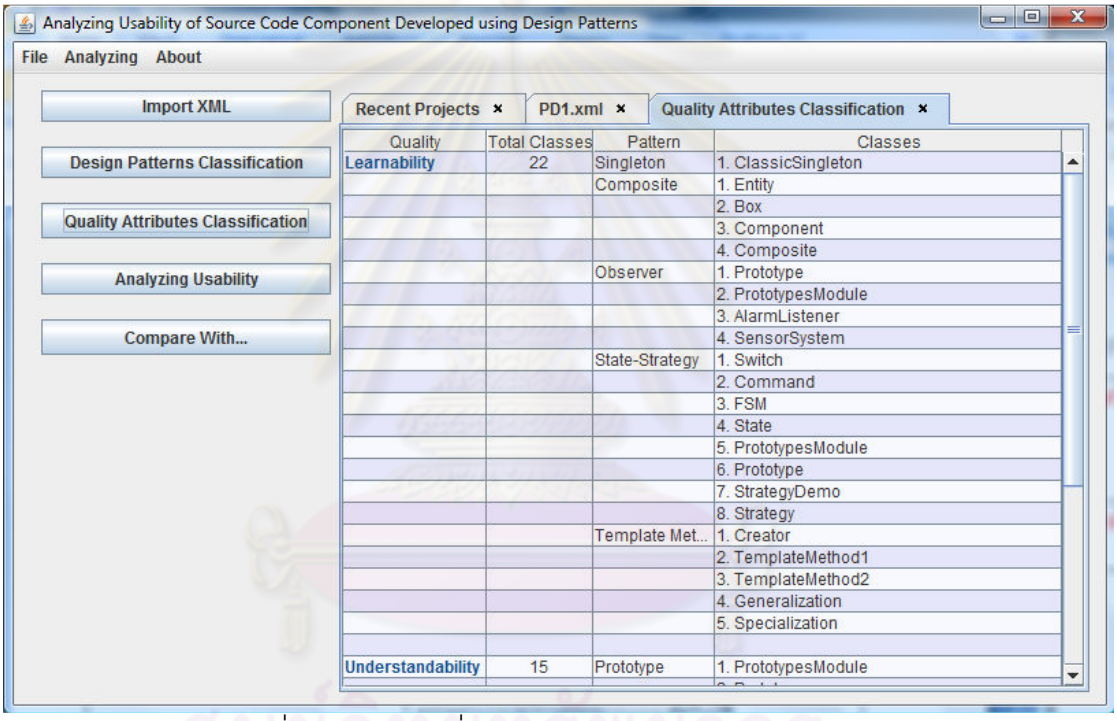
รูปที่ จ. 7 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0103

ตารางที่ จ. 3 กรณีทดสอบ รหัส T0105

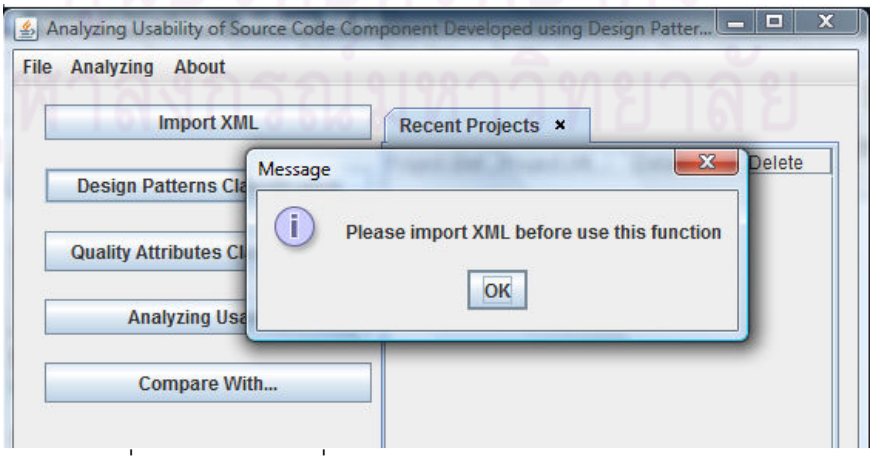
ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0105 แยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0105 ทดสอบฟังก์ชันการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพ
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	เอกสารเอกซ์เอ็มแอล
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องเป็นเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพได้อย่างถูกต้อง
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.8 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถแยกประเภทคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.9
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.10
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 8 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0105



รูปที่ จ. 9 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0105



รูปที่ จ. 10 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0105

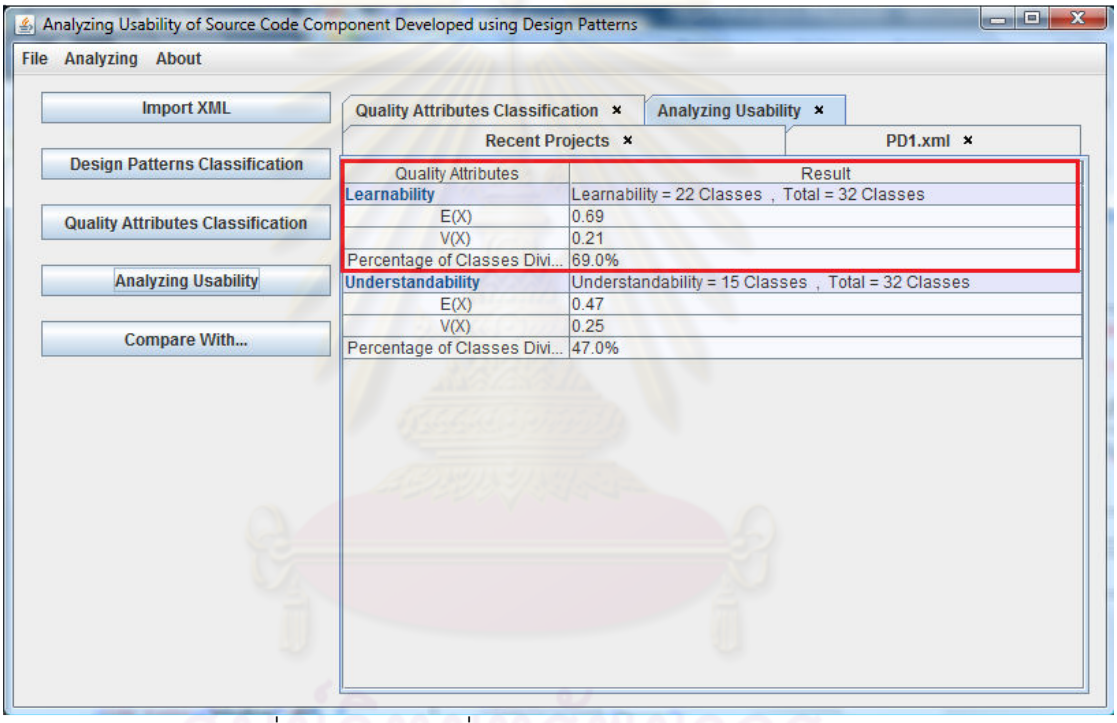
ตารางที่ จ. 4 กรณีทดสอบ รหัส T0210

ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0210 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0210 ทดสอบฟังก์ชันการแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	<<กดปุ่มดูผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ>>
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติแล้ว
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่ง
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.11 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.12
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.13
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

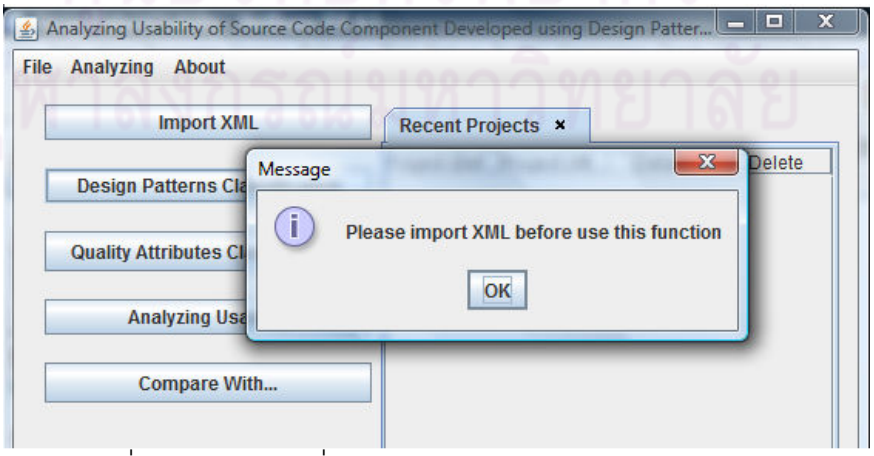
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 11 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0210



รูปที่ จ. 12 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0210



รูปที่ จ. 13 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0210

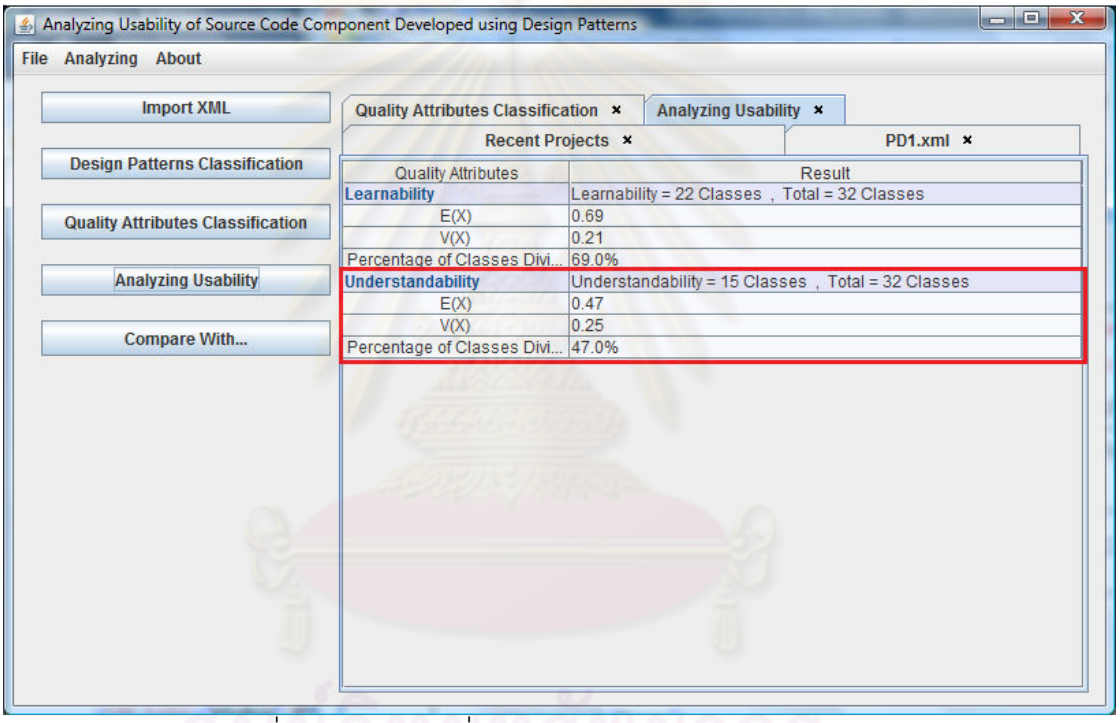
ตารางที่ จ. 5 กรณีทดสอบ รหัส T0211

ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0211 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0211 ทดสอบฟังก์ชันการแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	<<กดปุ่มดูผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพ>>
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติแล้ว
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่ง
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.14 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความแปรปรวน และร้อยละของคลาสที่ให้ผลในแง่ดีต่อความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.15
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.16
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

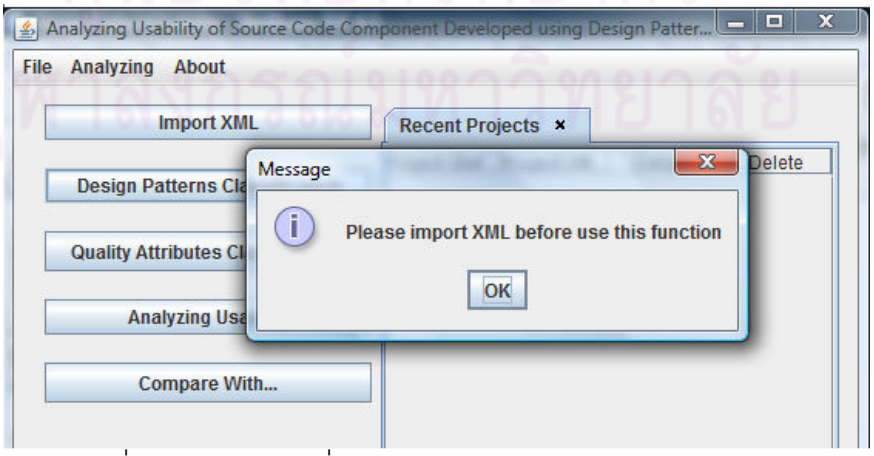
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 14 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0211



รูปที่ จ. 15 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0211



รูปที่ จ. 16 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0211

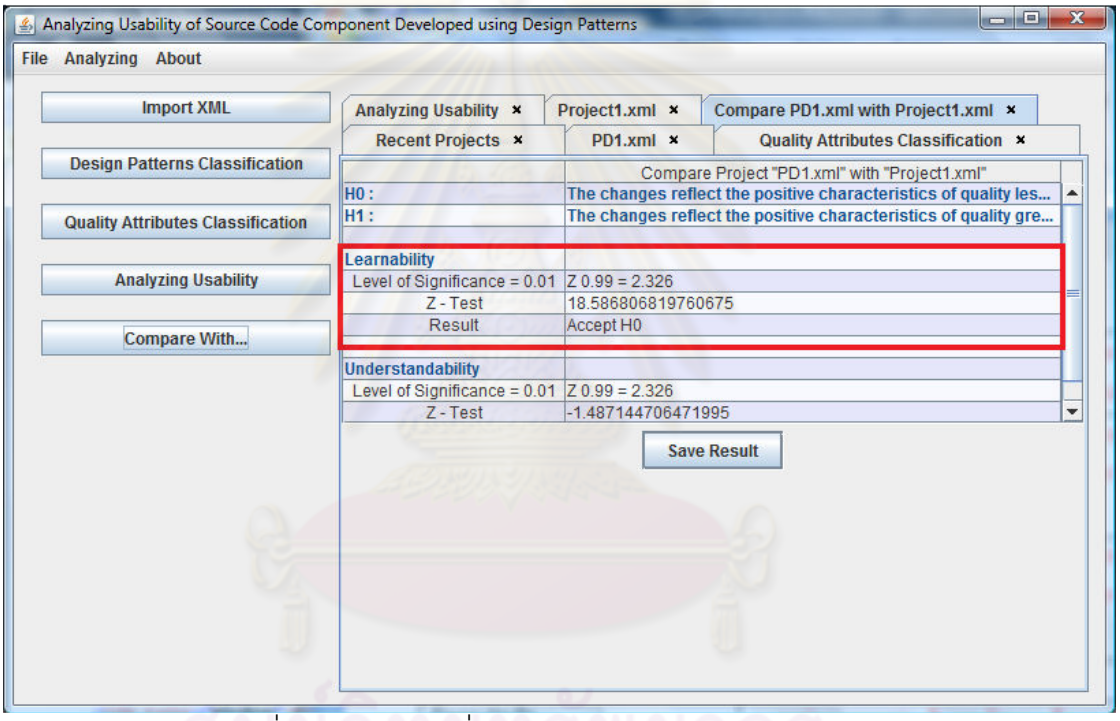
ตารางที่ จ. 6 กรณีทดสอบ รหัส T0215

ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0215 ประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0215 ทดสอบฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	<<กดปุ่มดูผลการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพ>>
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติแล้ว
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.17 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.18
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.19
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

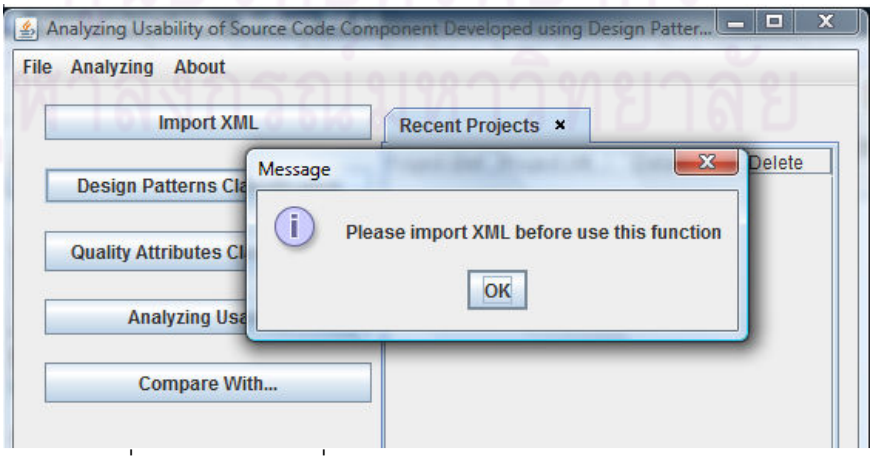
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 17 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0215



รูปที่ จ. 18 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0215



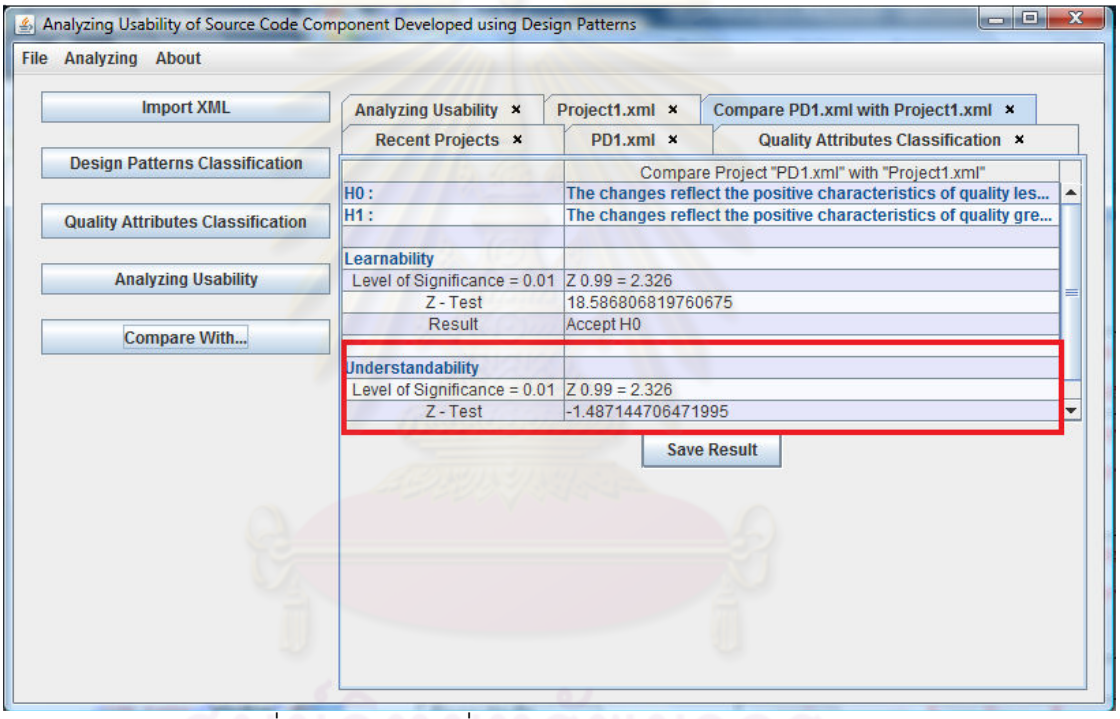
รูปที่ จ. 19 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0215

ตารางที่ จ. 7 กรณีทดสอบ รหัส T0216

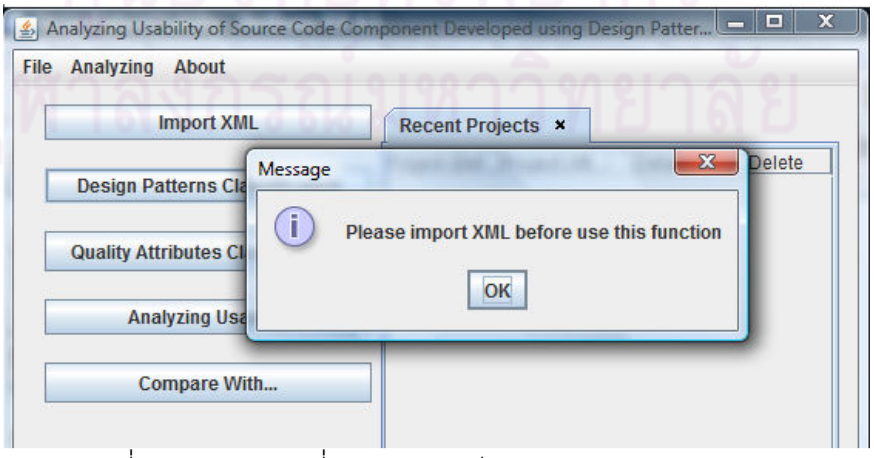
ฟังก์ชันที่ทดสอบ :	FR0216 ประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ชื่อกรณีทดสอบ :	T0216 ทดสอบฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
วัตถุประสงค์การทดสอบ :	เพื่อทดสอบฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ผู้ใช้งาน :	ผู้ใช้งานเครื่องมือ
ข้อมูลนำเข้า :	<<กดปุ่มดูผลการประเมินคุณลักษณะเชิงคุณภาพ>>
เงื่อนไขการทดสอบ :	ต้องมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติแล้ว
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีปกติ) :	สามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแจ้งเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า
ข้อมูลทดสอบ :	ข้อมูลทดสอบกรณีปกติดังแสดงในรูปที่ จ.20 ข้อมูลทดสอบกรณีผิดพลาดคือไม่มีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ผลการทดสอบ (กรณีปกติ) :	สามารถประเมินผลกระทบต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบได้อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ จ.21
ผลการทดสอบ (กรณีผิดพลาด) :	เครื่องมือแสดงข้อความเตือนว่ายังไม่มีเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่นำเข้า ดังแสดงในรูปที่ จ.22
สรุปผลการทดสอบ :	☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน หมายเหตุ_____

```
        <role name="ConcreteElement" element="Leaf" />
        <role name="Visitor" element="Visitor" />
        <role name="Accept()" element="Leaf::accept(Visitor):void" />
      </instance>
    </pattern>
  - <pattern name="Proxy">
    - <instance>
        <role name="Proxy" element="ProxyImage" />
        <role name="RealSubject" element="RealImage" />
        <role name="Request()" element="ProxyImage::displayImage():void" />
      </instance>
    </pattern>
```

รูปที่ จ. 20 ตัวอย่างเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้ทดสอบกรณีปกติของรหัส T0216



รูปที่ จ. 21 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีปกติของรหัส T0216



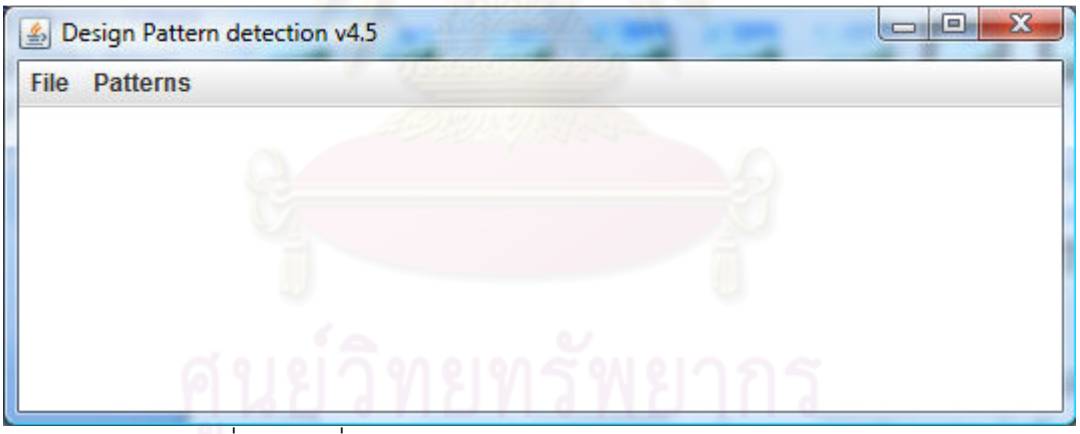
รูปที่ จ. 22 ผลลัพธ์ที่คาดหวังกรณีผิดพลาดของรหัส T0216

ภาคผนวก ฉ
เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติสำหรับตรวจหาแบบรูปการออกแบบที่ประกอบอยู่ในชุดคำสั่ง ซึ่งแบบรูปการออกแบบที่สามารถตรวจหาได้มีดังต่อไปนี้ สเตท สแทรททิจี คอมโพสิต เดกคอเรเตอร์ อ็อบเซิร์ฟเวอร์ โปรโตไทป์ พรอคซี แฟคทอรีเมธอด ซิงเกอร์ตัน เทมเพลทเมธอด และวิซิทเตอร์

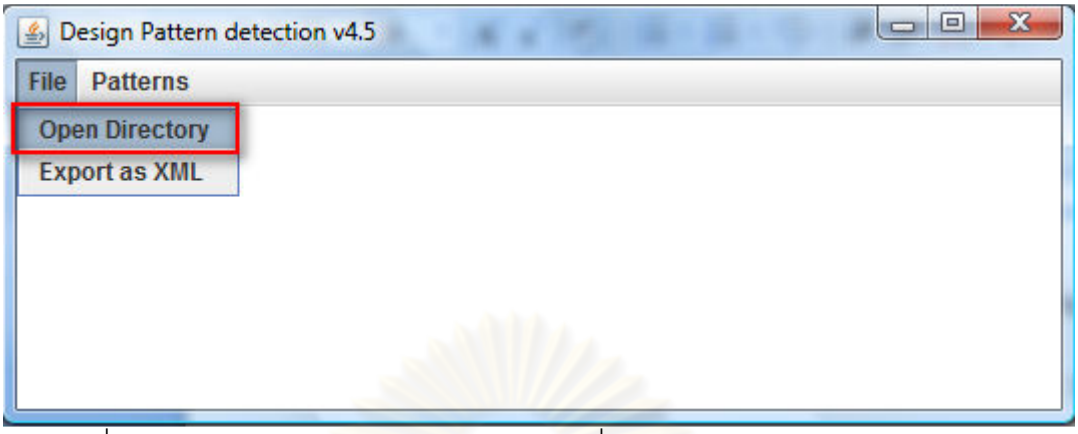
เครื่องมืออัตโนมัติที่ผู้วิจัยเลือกใช้ได้จากงานวิจัย [5] โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

- ติดตั้ง จาวา รันไทม์ เวอร์ชัน 1.5.0 (Java™ 2 Run time Environment, Standard Edition 1.5.0)
- แปลชุดคำสั่งที่ต้องการตรวจหาแบบรูปการออกแบบเป็นดอทคลาส
- เริ่มทำงานเครื่องมือโดยใช้คำสั่ง java -Xms32m -Xmx512m -jar pattern4.jar

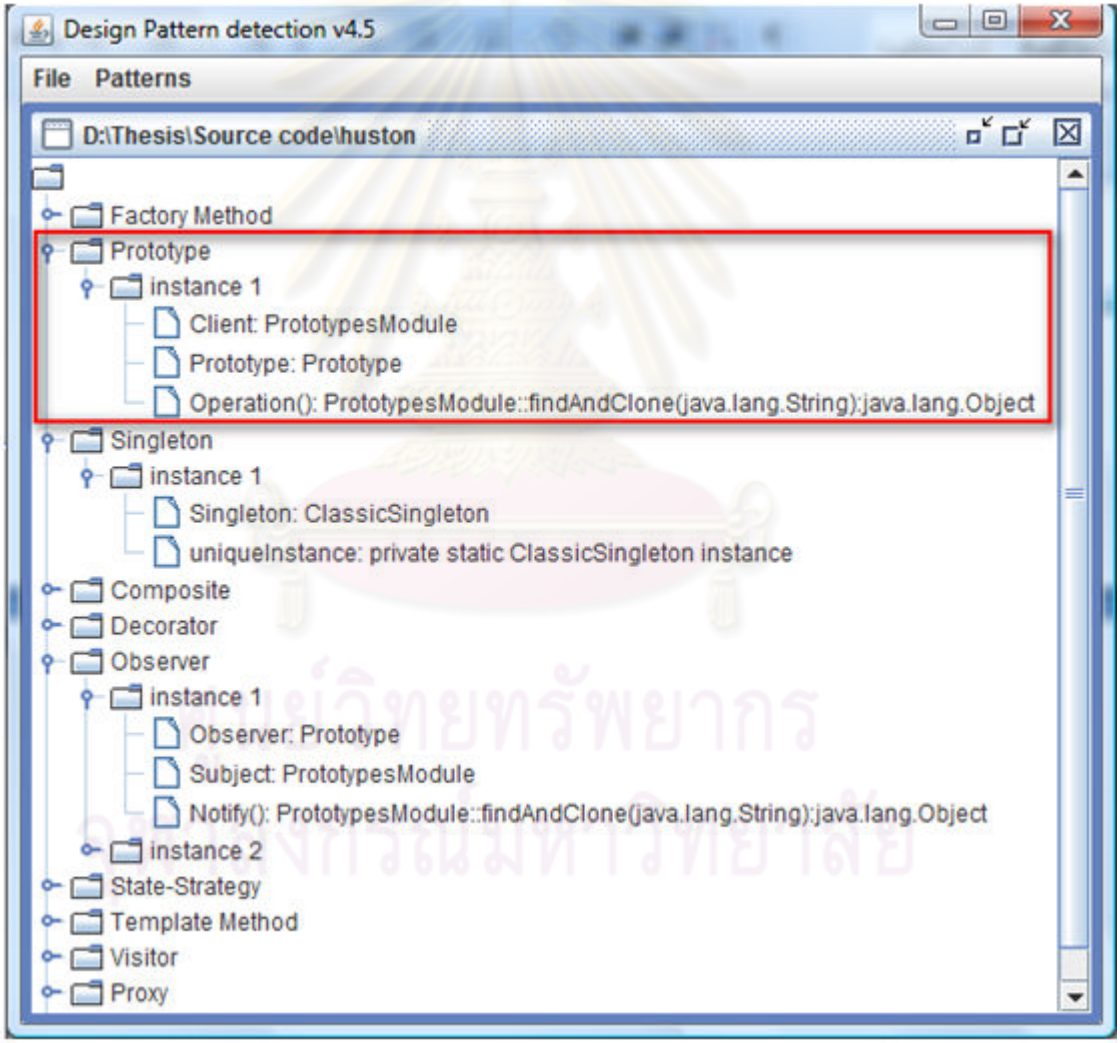


รูปที่ ฉ. 1 เครื่องมือตรวจหาแบบรูปการออกแบบแบบอัตโนมัติ

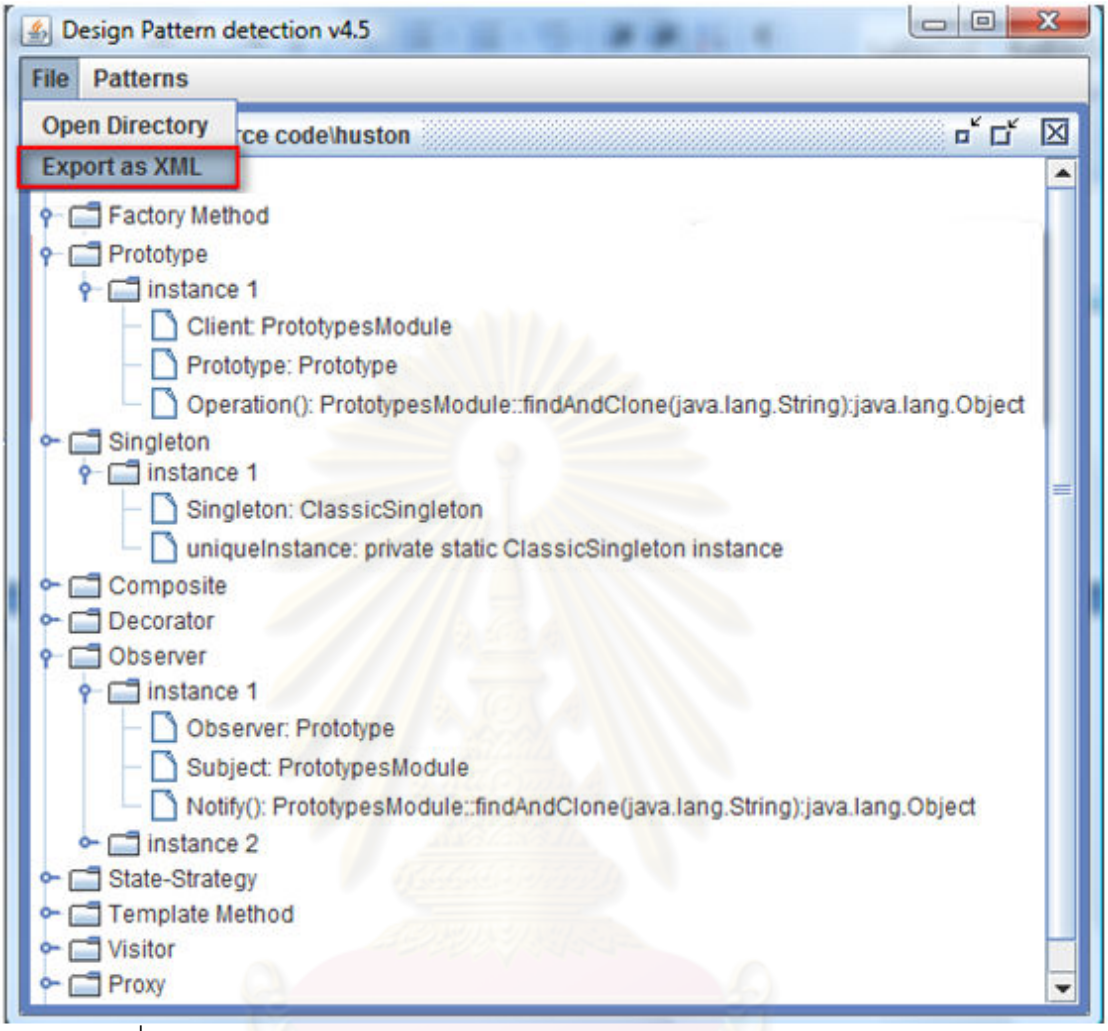
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



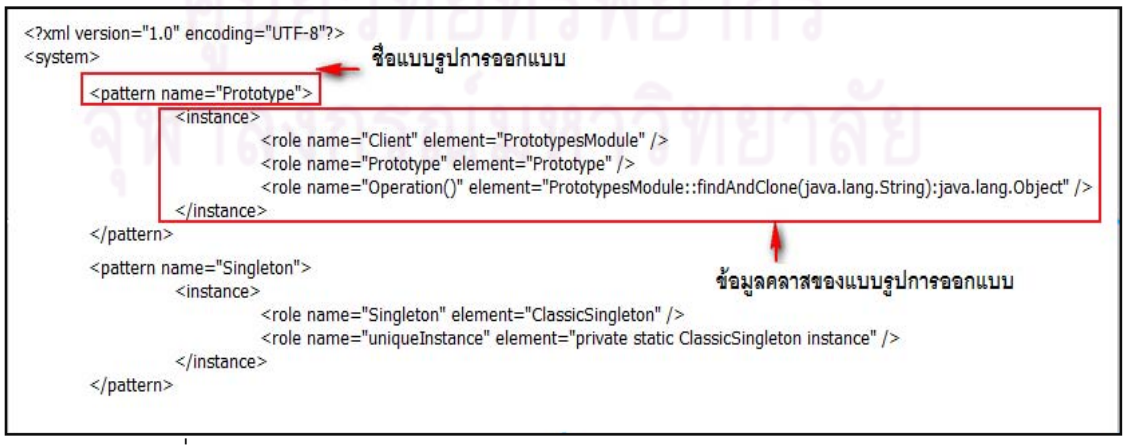
รูปที่ ฉ.2 เลือกรายการสำหรับเปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ



รูปที่ ฉ.3 ผลที่ได้จากการตรวจหาแบบรูปการออกแบบด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ



รูปที่ ฉ.4เลือกรายการสำหรับนำออกเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ



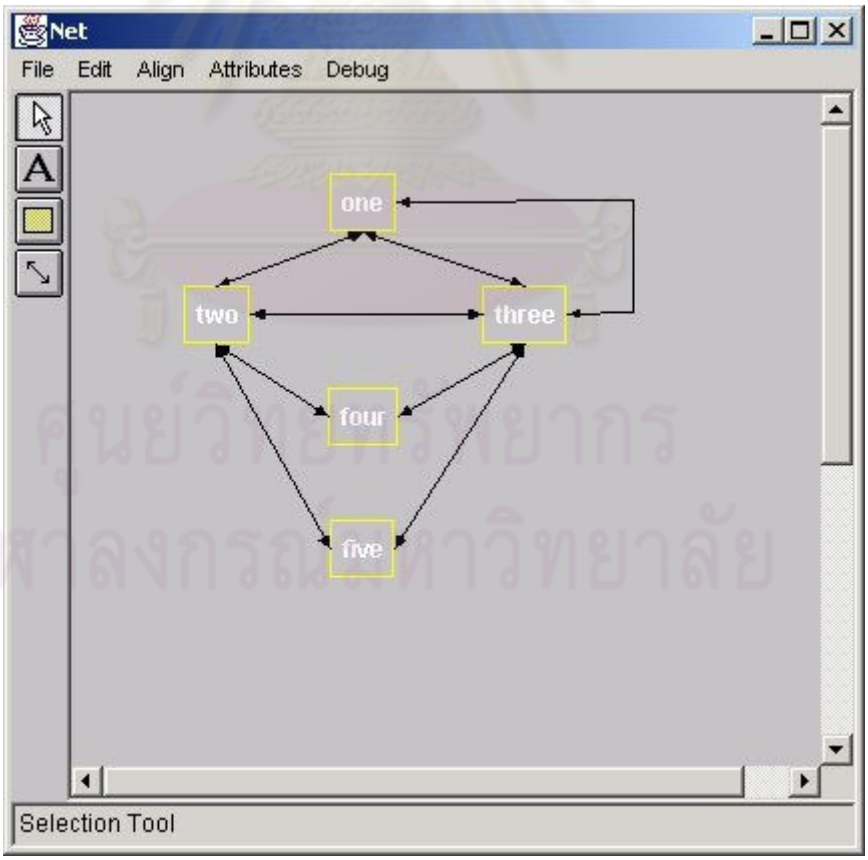
รูปที่ ฉ.5 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลของผลการตรวจหาแบบรูปการออกแบบ

ภาคผนวก ช
ข้อมูลกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ใช้กรณีศึกษาสำหรับทดสอบ และประเมินผลเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบดังนี้

1 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JHotDraw

JHotDraw คือ เครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนผู้พัฒนาโปรแกรมภาษาจาวาที่มีขอบข่ายงาน (Framework) ในด้านการออกแบบและพัฒนากราฟฟิคดังรูปที่ ช.1 โดยขอบข่ายงานนี้ได้ใช้แบบรูปการออกแบบในการออกแบบเครื่องมือ และถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา ผู้พัฒนาต้นฉบับของ JHotDraw ได้แก่ Erich Gamma และ Thomas Eggenschwiler [16]



รูปที่ ช. 1 ตัวอย่างเครื่องมือ JHotDraw

กรณีศึกษาสำหรับทดสอบ และประเมินผลเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบผู้วิจัยได้เลือกใช้ JHotDraw 5.3 และ 6.0 เป็นชุดคำสั่งสำหรับการทดสอบและการประเมินดังกล่าวซึ่ง JHotDraw 5.3 ประกอบด้วยโครงสร้างคลาสต่างๆดังตารางที่ ช.1

ตารางที่ ช. 1 โครงสร้างคลาสของ JHotDraw 5.3

โครงสร้างคลาส JHotDraw 5.3		
CH.ifa.draw	framework	ConnectionFigure Connector Drawing DrawingChangeListener DrawingEditor DrawingView Figure FigureChangeListener FigureSelectionListener Handle Locator Painter PointConstrainer Tool ToolListener
	standard	AbstractCommand AbstractCommand$EventDispatcher AbstractConnector AbstractFigure AbstractHandle AbstractTool AbstractTool$EventDispatcher ActionTool AlignCommand$Alignment

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 1 โครงสร้างคลาสของ JHotDraw 5.3 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 5.3		
CH.ifa.draw	standard	AlignCommand$UndoActivity ChangeConnectionHandle ChangeConnectionHandle ChangeConnectionHandle$UndoActivity CompositeFigure ConnectionHandle ConnectionTool ConnectionTool$UndoActivity CreationTool DecoratorFigure DragTracker FigureEnumerator HandleTracker LocatorConnector LocatorHandle OffsetLocator SelectionTool StandardDrawing StandardDrawingView TextHolder
	util	Animatable Clipboard Command CommandButton CommandListener GraphNode Iconkit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 1 โครงสร้างคลาสของ JHotDraw 5.3 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 5.3		
CH.ifa.draw	util	PaletteButton PaletteListener StandardVersionControlStrategy StorageFormat StorageFormatManager Undoable UndoableCommand UndoableHandle UndoableTool UndoRedoActivity VersionRequester
	contrib	AutoscrollHelper DragNDropTool GraphicalCompositeFigure Layoutable Layouter MDI_InternalFrame PolygonHandle StandardLayouter
	applet	DrawApplet
	application	DrawApplication
	samples.javadraw	Animator URLTool
	figures	AbstractLineDecoration LineConnection LineDecoration PolyLineFigure TextTool

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ช.1 สามารถตรวจหาแบบรูปการออกแบบของแต่ละคลาสได้จากเครื่องมืออัตโนมัติ โดยแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ดังตารางที่ ช.2 และทำให้สามารถทราบได้ว่าคลาสดังกล่าวนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ (L) และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ (U) โดยเครื่องหมาย ✓ หมายถึงคลาสดังกล่าวให้ผลในแง่ดี และเครื่องหมาย × หมายถึงคลาสดังกล่าวไม่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพดังกล่าว และคลาสที่ขีดเส้นใต้หมายถึงคลาสที่ลดลงตามประเภทของแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3 เมื่อเปรียบเทียบกับ JHotDraw 6.0

ตารางที่ ช. 2 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	**ชื่อคลาส**	(L)	(U)
Factory Method (7 Classes)	1. CH.ifa.draw.framework.DrawingView	×	×
	2. CH.ifa.draw.framework.Figure	×	×
	3. CH.ifa.draw.framework.Handle	×	×
	4. CH.ifa.draw.framework.Tool	×	×
	5. CH.ifa.draw.standard.ChangeConnectionHandle	×	×
	6. CH.ifa.draw.util.Command	×	×
	7. CH.ifa.draw.util.Undoable	×	×
Prototype (6 Classes)	1. CH.ifa.draw.contrib.GraphicalCompositeFigure	×	✓
	2. CH.ifa.draw.framework.Figure	×	✓
	3. CH.ifa.draw.standard.AbstractFigure	×	✓
	4. CH.ifa.draw.standard.ConnectionHandle	×	✓
	5. CH.ifa.draw.standard.ConnectionTool	×	✓
	6. CH.ifa.draw.standard.CreationTool	×	✓
Singleton (4 Classes)	1. CH.ifa.draw.standard.AlignCommand$Alignment	✓	✓
	2. CH.ifa.draw.standard.FigureEnumerator	✓	✓
	3. CH.ifa.draw.util.Clipboard	✓	✓
	4. CH.ifa.draw.util.Iconkit	✓	✓
Composite (2 Classes)	1. CH.ifa.draw.framework.Figure	✓	✓
	2. CH.ifa.draw.standard.CompositeFigure	✓	✓

ตารางที่ ช. 2 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
Decorator (15 Classes)	1. CH.ifa.draw.util.Command	×	×
	2. CH.ifa.draw.util.UndoableCommand	×	×
	3. CH.ifa.draw.framework.Tool	×	×
	4. CH.ifa.draw.contrib.DragNDropTool	×	×
	5. CH.ifa.draw.standard.SelectionTool	×	×
	6. CH.ifa.draw.util.UndoableTool	×	×
	7. CH.ifa.draw.framework.Locator	×	×
	8. CH.ifa.draw.standard.OffsetLocator	×	×
	9. CH.ifa.draw.framework.Figure	×	×
	10. CH.ifa.draw.standard.DecoratorFigure	×	×
	11. CH.ifa.draw.contrib.GraphicalCompositeFigure	×	×
	12. CH.ifa.draw.framework.Handle	×	×
	13. CH.ifa.draw.util.UndoableHandle	×	×
	14. CH.ifa.draw.util.Undoable	×	×
	15. CH.ifa.draw.util.UndoRedoActivity	×	×
Observer (12 Classes)	1. CH.ifa.draw.framework.FigureSelectionListener	✓	×
	2. CH.ifa.draw.standard.StandardDrawingView	✓	×
	3. CH.ifa.draw.framework.ToolListener	✓	×
	4. CH.ifa.draw.standard.AbstractTool$EventDispatcher	✓	×
	5. CH.ifa.draw.util.CommandListener	✓	×
	6. CH.ifa.draw.standard.AbstractCommand$EventDispatcher	✓	×
	7. CH.ifa.draw.framework.DrawingChangeListener	✓	×
	8. CH.ifa.draw.standard.StandardDrawing	✓	×
	9. CH.ifa.draw.framework.Painter	✓	×
	10. CH.ifa.draw.framework.Figure	✓	×
	11. CH.ifa.draw.util.StorageFormat	✓	×
	12. CH.ifa.draw.util.StorageFormatManager	✓	×
State-Strategy (59 Classes)	1. CH.ifa.draw.standard.AbstractFigure	✓	✓
	2. CH.ifa.draw.framework.FigureChangeListener	✓	✓
	3. CH.ifa.draw.standard.AbstractCommand	✓	✓
	4. CH.ifa.draw.framework.DrawingEditor	✓	✓

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 2 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	5. CH.ifa.draw.standard.AbstractTool	✓	✓
	6. CH.ifa.draw.util.GraphNode	✓	✓
	7. CH.ifa.draw.framework.Figure	✓	✓
	8. CH.ifa.draw.standard.ChangeConnectionHandle	✓	✓
	9. CH.ifa.draw.standard.ConnectionHandle	✓	✓
	10. CH.ifa.draw.applet.DrawApplet	✓	✓
	11. CH.ifa.draw.framework.Tool	✓	✓
	12. CH.ifa.draw.application.DrawApplication	✓	✓
	13. CH.ifa.draw.util.UndoableCommand	✓	✓
	14. CH.ifa.draw.util.Command	✓	✓
	15. CH.ifa.draw.framework.DrawingView	✓	✓
	16. CH.ifa.draw.util.Undoable	✓	✓
	17. CH.ifa.draw.contrib.DragNDropTool	✓	✓
	18. CH.ifa.draw.standard.SelectionTool	✓	✓
	19. CH.ifa.draw.util.UndoableHandle	✓	✓
	20. CH.ifa.draw.framework.Handle	✓	✓
	21. CH.ifa.draw.util.CommandButton	✓	✓
	22. CH.ifa.draw.samples.javadraw.URLTool	✓	✓
	23. CH.ifa.draw.standard.ConnectionTool	✓	✓
	24. CH.ifa.draw.standard.CreationTool	✓	✓
	25. CH.ifa.draw.standard.DragTracker	✓	✓
	26. CH.ifa.draw.framework.ConnectionFigure	✓	✓
	27. CH.ifa.draw.contrib.GraphicalCompositeFigure	✓	✓
	28. CH.ifa.draw.contrib.Layouter	✓	✓
	29. CH.ifa.draw.standard.AbstractConnector	✓	✓
	30. CH.ifa.draw.figures.LineConnection	✓	✓
	31. CH.ifa.draw.framework.Connector	✓	✓
	32. CH.ifa.draw.util.UndoableTool	✓	✓
	33. CH.ifa.draw.contrib.MDI_InternalFrame	✓	✓
	34. CH.ifa.draw.samples.javadraw.Animator	✓	✓
	35. CH.ifa.draw.framework.Drawing	✓	✓

ตารางที่ ช. 2 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 5.3 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	36. CH.ifa.draw.standard.StandardDrawingView	✓	✓
	37. CH.ifa.draw.framework.Painter	✓	✓
	38. CH.ifa.draw.standard.ConnectionTool$UndoActivity	✓	✓
	39. CH.ifa.draw.util.PaletteButton	✓	✓
	40. CH.ifa.draw.util.PaletteListener	✓	✓
	41. CH.ifa.draw.contrib.PolygonHandle	✓	✓
	42. CH.ifa.draw.framework.Locator	✓	✓
	43. CH.ifa.draw.standard.LocatorHandle	✓	✓
	44. CH.ifa.draw.util.StorageFormat	✓	✓
	45. CH.ifa.draw.util.StorageFormatManager	✓	✓
	46. CH.ifa.draw.figures.TextTool	✓	✓
	47. CH.ifa.draw.standard.TextHolder	✓	✓
	48. CH.ifa.draw.standard.HandleTracker	✓	✓
	49. CH.ifa.draw.util.VersionRequester	✓	✓
	50. CH.ifa.draw.util.StandardVersionControlStrategy	✓	✓
	51. CH.ifa.draw.figures.PolyLineFigure	✓	✓
	52. CH.ifa.draw.figures.LineDecoration	✓	✓
	53. CH.ifa.draw.contrib.StandardLayouter	✓	✓
	54. CH.ifa.draw.contrib.Layoutable	✓	✓
	55. CH.ifa.draw.framework.PointConstrainer	✓	✓
	56. CH.ifa.draw.standard.LocatorConnector	✓	✓
	57. CH.ifa.draw.standard.AlignCommand$UndoActivity	✓	✓
	58. CH.ifa.draw.standard.AlignCommand$Alignment	✓	✓
	59. CH.ifa.draw.util.Animatable	✓	✓
Template Method (7 Classes)	1. CH.ifa.draw.contrib.AutoscrollHelper	✓	×
	2. CH.ifa.draw.figures.AbstractLineDecoration	✓	×
	3. CH.ifa.draw.standard.AbstractFigure	✓	×
	4. CH.ifa.draw.standard.AbstractHandle	✓	×
	5. CH.ifa.draw.standard.ActionTool	✓	×
	6. CH.ifa.draw.standard.ChangeConnectionHandle$UndoActivity	✓	×
	7. CH.ifa.draw.standard.ChangeConnectionHandle	✓	×

ผู้วิจัยได้ใช้ JHotDraw 6.0 เป็นกรณีศึกษาเมื่อมีการชุดคำสั่งมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่ง JHotDraw 6.0 มีสิ่งที่ปรับเปลี่ยนใหม่ดังนี้

1) ใช้โครงสร้างของแพคเกจ (Package) ใหม่ org.jhotdraw แทนที่แพคเกจเดิมคือ CH.ifa.draw เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนลักษณะสำคัญที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2) เพิ่มเติมการสนับสนุนการยกเลิก (Undo) ทำซ้ำ (Redo)

3) ปรับปรุงการสนับสนุนความสามารถในการแสดงเอกสาร (Multi Document Interface – MDI)

4) เพิ่มเติมลักษณะต่างๆเช่น พื้นที่ข้อความ (Text Area) สนับสนุนภาษาที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารเอชทีเอ็มแอล (HTML)

5) เพิ่มเติมการขยาย และการดูในมุมมองขนาดเล็ก

6) แก้ไขข้อบกพร่องจาก JHotDraw 5.3

JHotDraw 6.0 ประกอบด้วยโครงสร้างคลาสดังตารางที่ ช.3

ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0

โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0		
org.jhotdraw	applet	DrawApplet
	application	DrawApplication DrawApplication$1
	contrib	AutoscrollHelper CommandMenuItem Desktop DesktopEventService DesktopListener dnd.DNDHelper dnd.DNDInterface dnd.DragNDropTool dnd.JHDDragSourceListener dnd.JHDDropTargetListener GraphicalCompositeFigure html.ContentProducer html.ContentProducerRegistry html.DisposableResourceHolder html.DisposableResourceManager

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0		
org.jhotdraw	contrib	html.DisposableResourceManagerFactory html.ETSLADisposalStrategy html.GeometricFigure html.HTMLTextAreaFigure html.ResourceDisposabilityStrategy html.StandardDisposableResourceManager html.TextHolderContentProducer Layouter MDIDesktopPane MiniMapView PolygonHandle TextAreaFigure TextAreaTool zoom.ZoomTool
	figures	AbstractLineDecoration ConnectedTextTool ConnectedTextTool$DeleteUndoActivity ConnectedTextTool$UndoActivity LineConnection LineDecoration PolyLineFigure TextFigure TextTool
	framework	ConnectionFigure Connector Drawing DrawingChangeListener DrawingEditor DrawingView Figure FigureAttributeConstant

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0		
org.jhotdraw	framework	FigureEnumeration FigureChangeListener FigureSelectionListener FigureVisitor Handle HandleEnumeration Locator Painter PointConstrainer Tool ToolListener ViewChangeListener
	samples	javadraw.Animator javadraw.URLTool
	standard	AbstractCommand AbstractCommand$EventDispatcher AbstractConnector AbstractFigure AbstractTool AbstractTool$EventDispatcher ActionTool AlignCommand$Alignment AlignCommand$UndoActivity ChangeConnectionHandle ChangeConnectionHandle$UndoActivity CompositeFigure ConnectionHandle ConnectionTool ConnectionTool$UndoActivity CreationTool DecoratorFigure

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0		
org.jhotdraw	standard	FigureAndEnumerator FigureEnumerator DeleteFromDrawingVisitor DragTracker HandleAndEnumerator HandleEnumerator HandleTracker InsertIntoDrawingVisitor LocatorConnector LocatorHandle NullDrawingView OffsetLocator PeripheralLocator SelectionTool StandardDrawing StandardDrawingView StandardDrawingView$DrawingViewKeyListener TextHolder
	util	Animatable Clipboard CollectionsFactory Command CommandButton CommandListener GraphNode Iconkit PaletteButton PaletteListener StandardVersionControlStrategy StorageFormat StorageFormatManager

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 3 โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส JHotDraw 6.0		
org.jhotdraw	util	UndoableTool UndoRedoActivity Undoable UndoableCommand UndoableHandle VersionRequester

JHotDraw 6.0 ประกอบด้วยคลาสที่สามารถตรวจหาแบบรูปการออกแบบได้จากเครื่องมืออัตโนมัติ โดยแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ตารางที่ ช.4 โดยคลาสที่ขีดเส้นใต้หมายถึงคลาสที่เพิ่มขึ้นตามประเภทของแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 เมื่อเปรียบเทียบกับ JHotDraw 5.3

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	**ชื่อคลาส**	(L)	(U)
Factory Method (9 Classes)	1. org.jhotdraw.contrib.Layouter	×	×
	2. org.jhotdraw.framework.DrawingView	×	×
	3. org.jhotdraw.framework.Figure	×	×
	4. org.jhotdraw.framework.Handle	×	×
	5. org.jhotdraw.framework.Tool	×	×
	6. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure	×	×
	7. org.jhotdraw.standard.ChangeConnectionHandle	×	×
	8. org.jhotdraw.util.Command	×	×
	9. org.jhotdraw.util.Undoable	×	×
Prototype (11 Classes)	1. org.jhotdraw.contrib.GraphicalCompositeFigure	×	✓
	2. org.jhotdraw.framework.Figure	×	✓
	3. org.jhotdraw.standard.CompositeFigure	×	✓
	4. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure	×	✓
	5. org.jhotdraw.standard.ConnectionHandle	×	✓
	6. org.jhotdraw.standard.ConnectionTool	×	✓
	7. org.jhotdraw.standard.CreationTool	×	✓
	8. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceHolder	×	✓

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	9. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducer	×	✓
	10. org.jhotdraw.contrib.Layouter	×	✓
	11. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManagerFactory	×	✓
Singleton (8 Classes)	1. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducerRegistry	✓	✓
	2. org.jhotdraw.framework.FigureAttributeConstant	✓	✓
	3. org.jhotdraw.standard.AlignCommand$Alignment	✓	✓
	4. org.jhotdraw.standard.FigureEnumerator	✓	✓
	5. org.jhotdraw.standard.HandleEnumerator	✓	✓
	6. org.jhotdraw.util.Clipboard	✓	✓
	7. org.jhotdraw.util.CollectionsFactory	✓	✓
	8. org.jhotdraw.util.Iconkit	✓	✓
Composite (3 Classes)	1. org.jhotdraw.framework.Figure	✓	✓
	2. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure	✓	✓
	3. org.jhotdraw.standard.CompositeFigure	✓	✓
Decorator (21 Classes)	1. org.jhotdraw.util.Command	×	×
	2. org.jhotdraw.util.UndoableCommand	×	×
	3. org.jhotdraw.framework.Figure	×	×
	4. org.jhotdraw.standard.DecoratorFigure	×	×
	5. org.jhotdraw.contrib.GraphicalCompositeFigure	×	×
	6. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure	×	×
	7. org.jhotdraw.framework.Tool	×	×
	8. org.jhotdraw.contrib.dnd.DragNDropTool	×	×
	9. org.jhotdraw.contrib.zoom.ZoomTool	×	×
	10. org.jhotdraw.standard.SelectionTool	×	×
	11. org.jhotdraw.util.UndoableTool	×	×
	12. org.jhotdraw.util.Undoable	×	×
	13. org.jhotdraw.util.UndoRedoActivity	×	×
	14. org.jhotdraw.framework.Locator	×	×
	15. org.jhotdraw.standard.OffsetLocator	×	×
	16. org.jhotdraw.framework.Handle	×	×

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	17. org.jhotdraw.util.UndoableHandle	×	×
	18. org.jhotdraw.framework.FigureEnumeration	×	×
	19. org.jhotdraw.standard.FigureAndEnumerator	×	×
	20. org.jhotdraw.framework.HandleEnumeration	×	×
	21. org.jhotdraw.standard.HandleAndEnumerator	×	×
Observer (16 Classes)	1. org.jhotdraw.framework.FigureSelectionListener	✓	×
	2. org.jhotdraw.standard.StandardDrawingView	✓	×
	3. org.jhotdraw.util.CommandListener	✓	×
	4. org.jhotdraw.standard.AbstractCommand$EventDispatcher	✓	×
	5. org.jhotdraw.framework.ToolListener	✓	×
	6. org.jhotdraw.standard.AbstractTool$EventDispatcher	✓	×
	7. org.jhotdraw.framework.Painter	✓	×
	8. org.jhotdraw.framework.Figure	✓	×
	9. org.jhotdraw.util.StorageFormat	✓	×
	10. org.jhotdraw.util.StorageFormatManager	✓	×
	11. org.jhotdraw.contrib.DesktopListener	✓	×
	12. org.jhotdraw.contrib.DesktopEventService	✓	×
	13. org.jhotdraw.framework.DrawingChangeListener	✓	×
	14. org.jhotdraw.standard.StandardDrawing	✓	×
	15. org.jhotdraw.framework.ViewChangeListener	✓	×
	16. org.jhotdraw.application.DrawApplication	✓	×
State-Strategy (86 Classes)	1. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure	✓	✓
	2. org.jhotdraw.framework.FigureChangeListener	✓	✓
	3. org.jhotdraw.framework.Figure	✓	✓
	4. org.jhotdraw.util.GraphNode	✓	✓
	5. org.jhotdraw.standard.ChangeConnectionHandle	✓	✓
	6. org.jhotdraw.standard.ConnectionHandle	✓	✓
	7. org.jhotdraw.standard.AbstractTool	✓	✓
	8. org.jhotdraw.framework.DrawingEditor	✓	✓
	9. org.jhotdraw.applet.DrawApplet	✓	✓

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	10. org.jhotdraw.framework.Tool	✓	✓
	11. org.jhotdraw.application.DrawApplication	✓	✓
	12. org.jhotdraw.contrib.dnd.JHDDragSourceListener	✓	✓
	13. org.jhotdraw.contrib.dnd.JHDDropTargetListener	✓	✓
	14. org.jhotdraw.util.UndoableCommand	✓	✓
	15. org.jhotdraw.util.Command	✓	✓
	16. org.jhotdraw.framework.DrawingView	✓	✓
	17. org.jhotdraw.standard.AbstractCommand	✓	✓
	18. org.jhotdraw.util.Undoable	✓	✓
	19. org.jhotdraw.contrib.TextAreaTool	✓	✓
	20. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool	✓	✓
	21. org.jhotdraw.figures.TextTool	✓	✓
	22. org.jhotdraw.samples.javadraw.URLTool	✓	✓
	23. org.jhotdraw.standard.ConnectionTool	✓	✓
	24. org.jhotdraw.standard.CreationTool	✓	✓
	25. org.jhotdraw.standard.DragTracker	✓	✓
	26. org.jhotdraw.standard.PeripheralLocator	✓	✓
	27. org.jhotdraw.contrib.GraphicalCompositeFigure	✓	✓
	28. org.jhotdraw.util.CollectionsFactory	✓	✓
	29. org.jhotdraw.contrib.TextAreaFigure	✓	✓
	30. org.jhotdraw.figures.TextFigure	✓	✓
	31. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool$DeleteUndoActivity	✓	✓
	32. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool$UndoActivity	✓	✓
	33. org.jhotdraw.util.UndoableHandle	✓	✓
	34. org.jhotdraw.framework.Handle	✓	✓
	35. org.jhotdraw.framework.ConnectionFigure	✓	✓
	36. org.jhotdraw.util.CommandButton	✓	✓
	37. org.jhotdraw.util.UndoableTool	✓	✓
	38. org.jhotdraw.standard.AbstractConnector	✓	✓
	39. org.jhotdraw.figures.LineConnection	✓	✓

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	40. org.jhotdraw.framework.Connector	✓	✓
	41. org.jhotdraw.application.DrawApplication$1	✓	✓
	42. org.jhotdraw.samples.javadraw.Animator	✓	✓
	43. org.jhotdraw.contrib.dnd.DragNDropTool	✓	✓
	44. org.jhotdraw.framework.Drawing	✓	✓
	45. org.jhotdraw.standard.SelectionTool	✓	✓
	46. org.jhotdraw.framework.Painter	✓	✓
	47. org.jhotdraw.standard.StandardDrawingView	✓	✓
	48. org.jhotdraw.contrib.PolygonHandle	✓	✓
	49. org.jhotdraw.framework.Locator	✓	✓
	50. org.jhotdraw.standard.LocatorHandle	✓	✓
	51. org.jhotdraw.standard.NullDrawingView	✓	✓
	52. org.jhotdraw.standard.TextHolder	✓	✓
	53. org.jhotdraw.util.PaletteButton	✓	✓
	54. org.jhotdraw.util.PaletteListener	✓	✓
	55. org.jhotdraw.standard.ConnectionTool$UndoActivity	✓	✓
	56. org.jhotdraw.contrib.Desktop	✓	✓
	57. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure	✓	✓
	58. org.jhotdraw.contrib.html.GeometricFigure	✓	✓
	59. org.jhotdraw.util.StorageFormatManager	✓	✓
	60. org.jhotdraw.util.StorageFormat	✓	✓
	61. org.jhotdraw.contrib.Layouter	✓	✓
	62. org.jhotdraw.contrib.dnd.DNDInterface	✓	✓
	63. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceHolder	✓	✓
	64. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducer	✓	✓
	65. org.jhotdraw.contrib.html.TextHolderContentProducer	✓	✓
	66. org.jhotdraw.figures.PolyLineFigure	✓	✓
	67. org.jhotdraw.figures.LineDecoration	✓	✓
	68. org.jhotdraw.standard.HandleTracker	✓	✓
	69. org.jhotdraw.util.VersionRequester	✓	✓

ตารางที่ ช. 4 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	70. org.jhotdraw.util.StandardVersionControlStrategy	✓	✓
	71. org.jhotdraw.contrib.html.ETSLADisposalStrategy	✓	✓
	72. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManager	✓	✓
	73. org.jhotdraw.contrib.html.StandardDisposableResourceManager	✓	✓
	74. org.jhotdraw.contrib.html.ResourceDisposabilityStrategy	✓	✓
	75. org.jhotdraw.standard.DeleteFromDrawingVisitor	✓	✓
	76. org.jhotdraw.standard.InsertIntoDrawingVisitor	✓	✓
	77. org.jhotdraw.contrib.MDIDesktopPane	✓	✓
	78. org.jhotdraw.standard.StandardDrawingView$DrawingViewKeyListener	✓	✓
	79. org.jhotdraw.contrib.MiniMapView	✓	✓
	80. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManagerFactory	✓	✓
	81. org.jhotdraw.util.Animatable	✓	✓
	82. org.jhotdraw.contrib.CommandMenuItem	✓	✓
	83. org.jhotdraw.framework.PointConstrainer	✓	✓
	84. org.jhotdraw.standard.LocatorConnector	✓	✓
	85. org.jhotdraw.standard.AlignCommand$UndoActivity	✓	✓
	86. org.jhotdraw.standard.AlignCommand$Alignment	✓	✓
Template Method (7 Classes)	1. org.jhotdraw.contrib.AutoscrollHelper	✓	×
	2. org.jhotdraw.contrib.dnd.DNDHelper	✓	×
	3. org.jhotdraw.figures.AbstractLineDecoration	✓	×
	4. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure	✓	×
	5. org.jhotdraw.standard.ActionTool	✓	×
	6. org.jhotdraw.standard.ChangeConnectionHandle$UndoActivity	✓	×
	7. org.jhotdraw.standard.ChangeConnectionHandle	✓	×
Visitor (2 Classes)	1. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure	×	×
	2. org.jhotdraw.framework.FigureVisitor	×	×

จากตารางที่ ช.2 และ ช.4 สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของคลาสที่เพิ่มขึ้นของ JHotDraw 6.0 ได้โดยแบ่งตามประเภทของแบบรูปการออกแบบดังตารางที่ ช.5 และสามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของคลาสที่ลดลงของ JHotDraw 5.3 ได้โดยแบ่งตามประเภทของแบบรูปการออกแบบดังตารางที่ ช.6

ตารางที่ ช. 5 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JHotDraw 6.0

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	**ชื่อคลาส**
visitor	1. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure 2. org.jhotdraw.framework.FigureVisitor
Template Method	1. org.jhotdraw.contrib.dnd.DNDHelper
State-Strategy	1. org.jhotdraw.contrib.dnd.JHDDragSourceListener 2. org.jhotdraw.contrib.dnd.JHDDropTargetListener 3. org.jhotdraw.contrib.TextAreaTool 4. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool 5. org.jhotdraw.figures.TextTool 6. org.jhotdraw.standard.PeripheralLocator 7. org.jhotdraw.util.CollectionsFactory 8. org.jhotdraw.contrib.TextAreaFigure 9. org.jhotdraw.figures.TextFigure 10. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool$DeleteUndoActivity 11. org.jhotdraw.figures.ConnectedTextTool$UndoActivity 12. org.jhotdraw.util.UndoableHandle 13. org.jhotdraw.framework.Handle 14. org.jhotdraw.framework.ConnectionFigure 15. org.jhotdraw.util.CommandButton 16. org.jhotdraw.application.DrawApplication$1 17. org.jhotdraw.standard.NullDrawingView 18. org.jhotdraw.standard.TextHolder 19. org.jhotdraw.contrib.Desktop 20. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure

ตารางที่ ช. 5 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
	21. org.jhotdraw.contrib.html.GeometricFigure 22. org.jhotdraw.contrib.Layouter 23. org.jhotdraw.contrib.dnd.DNDInterface 24. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceHolder 25. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducer 26. org.jhotdraw.contrib.html.TextHolderContentProducer 27. org.jhotdraw.contrib.html.ETSLADisposalStrategy 28. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManager 29. org.jhotdraw.contrib.html.StandardDisposableResourceManager 30. org.jhotdraw.contrib.html.ResourceDisposabilityStrategy 31. org.jhotdraw.standard.DeleteFromDrawingVisitor 32. org.jhotdraw.standard.InsertIntoDrawingVisitor 33. org.jhotdraw.contrib.MDIDesktopPane 34. org.jhotdraw.standard.StandardDrawingView$ DrawingViewKeyListener 35. org.jhotdraw.contrib.MiniMapView 36. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManagerFactory 37. org.jhotdraw.contrib.CommandMenuItem
Observer	1. org.jhotdraw.contrib.DesktopListener 2. org.jhotdraw.contrib.DesktopEventService 3. org.jhotdraw.framework.ViewChangeListener 4. org.jhotdraw.application.DrawApplication
Decorator	1. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure 2. org.jhotdraw.contrib.dnd.DragNDropTool 3. org.jhotdraw.framework.FigureEnumeration 4. org.jhotdraw.standard.FigureAndEnumerator 5. org.jhotdraw.framework.HandleEnumeration 6. org.jhotdraw.standard.HandleAndEnumerator
Composite	1. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure

ตารางที่ ช. 5 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JHotDraw 6.0 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
Singleton	1. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducerRegistry 2. org.jhotdraw.framework.FigureAttributeConstant 3. org.jhotdraw.standard.HandleEnumerator 4. org.jhotdraw.util.CollectionsFactory
Prototype	1. org.jhotdraw.standard.CompositeFigure 2. org.jhotdraw.contrib.html.HTMLTextAreaFigure 3. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceHolder 4. org.jhotdraw.contrib.html.ContentProducer 5. org.jhotdraw.contrib.Layouter 6. org.jhotdraw.contrib.html.DisposableResourceManagerFactory
Factory Method	1. org.jhotdraw.contrib.Layouter 2. org.jhotdraw.standard.AbstractFigure

ตารางที่ ช. 6 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ลดลงของ JHotDraw 5.3

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
Template Method	1. CH.ifa.draw.standard.AbstractHandle
State-Strategy	1. CH.ifa.draw.util.UndoableHandle 2. CH.ifa.draw.framework.Handle 3. CH.ifa.draw.util.CommandButton 4. CH.ifa.draw.framework.ConnectionFigure 5. CH.ifa.draw.contrib.Layouter 6. CH.ifa.draw.contrib.MDI_InternalFrame 7. CH.ifa.draw.figures.TextTool 8. CH.ifa.draw.standard.TextHolder 9. CH.ifa.draw.contrib.StandardLayouter 10. CH.ifa.draw.contrib.Layoutable
Prototype	1. CH.ifa.draw.standard.AbstractFigure

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 ชุดคำสั่งที่เปิดเผยโครงสร้าง JUnit

JUnit คือ เครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทดสอบโปรแกรมแบบหน่วย (Unit Testing) ให้กับผู้พัฒนาโปรแกรมภาษาจาวา เพื่อช่วยในการหาข้อผิดพลาดภายในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งพัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบและใช้ภาษาจาวาในการพัฒนา [17]

กรณีศึกษาสำหรับทดสอบ และประเมินผลเครื่องมือวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงคุณภาพของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบผู้วิจัยได้เลือกใช้ JUnit 4.8.2 และ 4.9.2 เป็นชุดคำสั่งสำหรับการทดสอบและการประเมินดังกล่าว ซึ่ง JUnit 4.8.2 ประกอบด้วยโครงสร้างคลาสต่างๆดังตารางที่ ช.7

ตารางที่ ช. 7 โครงสร้างคลาส JUnit 4.8.2

โครงสร้างคลาส Junit 4.8.2		
junit	extensions	ActiveTestSuite$1 TestDecorator
	framework	JUnit4TestAdapter JUnit4TestAdapterCache Test TestListener TestResult TestSuite
	runner	BaseTestRunner
	textui	TestRunner
org.hamcrest	BaseDescription core.DescribedAs core.Is core.IsNot Description Matcher Matcher val$allItemsAre Matcher val$individual	
org.junit	experimental	max.MaxCore theories.internal.Assignments theories.ParametersSuppliedBy

ตารางที่ ช. 7 โครงสร้างคลาส JUnit 4.8.2 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส Junit 4.8.2		
org.junit	experimental	theories.ParameterSupplier theories.PotentialAssignment theories.Theories$TheoryAnchor theories.Theories$TheoryAnchor$1$1 theories.Theory
	internal	builders.AnnotatedBuilder ComparisonCriteria.ComparisonCriteria JUnitSystem.JUnitSystem matchers.CombinableMatcher matchers.Each$1 matchers.IsCollectionContaining matchers.SubstringMatcher requests.FilterRequest requests.SortingRequest runners.JUnit38ClassRunner runners.JUnit38ClassRunner$OldTestClassAdaptingListener runners.model.ReflectiveCallable runners.statements.ExpectException runners.statements.FailOnTimeout$1 runners.statements.RunAfters runners.statements.RunBefores runners.TestMethod
	rules	ExpectedException$1 ExpectedException$ExpectedExceptionStatement ExternalResource$1 MethodRule RunRules RunRules TestRule TestRule TestWatcher$1

ตารางที่ ช. 7 โครงสร้างคลาส JUnit 4.8.2 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส Junit 4.8.2		
org.junit	rules	TestWatchman$1 Verifier$1
	runner	Describable Description JUnitCore manipulation.Filter manipulation.Sorter notification.RunNotifier$SafeNotifier Request Runner RunWith
	runners	model.RunnerBuilder model.RunnerScheduler model.Statement model.Statement val$base model.Statement val$statement ParentRunner
	Test	

จากตารางที่ ช.7 สามารถตรวจหาแบบรูปการออกแบบของแต่ละคลาสได้จากเครื่องมืออัตโนมัติ โดยแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ตารางที่ ช.8 และทำให้สามารถทราบได้ว่าคลาสดังกล่าวนั้นให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพด้านความสามารถในการเรียนรู้ชุดคำสั่งของระบบซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ (L) และความสามารถในการทำความเข้าใจชุดคำสั่งของระบบซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ (U) โดยเครื่องหมาย ✓ หมายถึงคลาสดังกล่าวให้ผลในแง่ดี และเครื่องหมาย ✕ หมายถึงคลาสดังกล่าวไม่ให้ผลในแง่ดีต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพดังกล่าว และคลาสที่ขีดเส้นใต้หมายถึงคลาสที่ลดลงตามประเภทของแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.8.2 เมื่อเปรียบเทียบกับ JUnit 4.9.2

ตารางที่ ช. 8 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.8.2

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
Factory Method (4 Classes)	1. org.junit.rules.MethodRule	×	×
	2. org.junit.rules.TestRule	×	×
	3. org.junit.runner.Request	×	×
	4. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	×	×
Singleton (4 Classes)	1. junit.framework.JUnit4TestAdapterCache	✓	✓
	2. org.junit.runner.Description	✓	✓
	3. org.junit.runner.manipulation.Filter	✓	✓
	4. org.junit.runner.manipulation.Sorter	✓	✓
Composite (2 Classes)	1. junit.framework.Test	✓	✓
	2. junit.framework.TestSuite	✓	✓
Decorator (26 Classes)	1. org.junit.runner.Request	×	×
	2. org.junit.internal.requests.FilterRequest	×	×
	3. org.junit.internal.requests.SortingRequest	×	×
	4. org.junit.runners.model.Statement	×	×
	5. org.junit.experimental.theories.Theories$TheoryAnchor$1$1	×	×
	6. org.junit.runners.model.Statement val$statement	×	×
	7. org.junit.internal.runners.statements.ExpectException	×	×
	8. org.junit.internal.runners.statements.RunAfters	×	×
	9. org.junit.internal.runners.statements.RunBefores	×	×
	10. org.junit.rules.ExpectedException$ExpectedExceptionStatement	×	×
	11. org.junit.rules.ExternalResource$1	×	×
	12. org.junit.runners.model.Statement val$base	×	×
	13. org.junit.rules.RunRules	×	×
	14. org.junit.rules.TestWatcher$1	×	×
	15. org.junit.rules.TestWatchman$1	×	×
	16. org.junit.rules.Verifier$1	×	×
	17. junit.framework.Test	×	×
	18. junit.extensions.TestDecorator	×	×
	19. org.hamcrest.Matcher	×	×
	20. org.hamcrest.core.DescribedAs	×	×

ตารางที่ ช. 8 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.8.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	21. org.hamcrest.core.Is	×	×
	22. org.hamcrest.core.IsNot	×	×
	23. org.junit.internal.matchers.CombinableMatcher	×	×
	24. org.junit.internal.matchers.Each$1	×	×
	25. org.hamcrest.Matcher val$allItemsAre	×	×
	26. org.hamcrest.Matcher val$individual	×	×
Observer	1. junit.framework.TestListener	✓	×
(2 Classes)	2. junit.framework.TestResult	✓	×
State-Strategy	1. org.junit.experimental.max.MaxCore	✓	✓
(39 Classes)	2. org.junit.runner.Runner	✓	✓
	3. org.junit.runner.JUnitCore	✓	✓
	4. org.junit.internal.runners.TestMethod	✓	✓
	5. org.junit.Test	✓	✓
	6. org.hamcrest.Matcher	✓	✓
	7. org.junit.experimental.theories.internal.Assignments	✓	✓
	8. org.junit.experimental.theories.ParametersSuppliedBy	✓	✓
	9. org.hamcrest.core.DescribedAs	✓	✓
	10. org.hamcrest.Description	✓	✓
	11. org.hamcrest.core.Is	✓	✓
	12. org.hamcrest.core.IsNot	✓	✓
	13. org.junit.internal.matchers.CombinableMatcher	✓	✓
	14. org.junit.internal.matchers.Each$1	✓	✓
	15. org.junit.internal.matchers.IsCollectionContaining	✓	✓
	16. org.junit.rules.ExpectedException$1	✓	✓
	17. junit.extensions.ActiveTestSuite$1	✓	✓
	18. junit.framework.Test	✓	✓
	19. org.junit.experimental.theories.Theories$TheoryAnchor	✓	✓
	20. org.junit.experimental.theories.Theory	✓	✓
	21. org.junit.internal.runners.statements.FailOnTimeout$1	✓	✓
	22. org.junit.runners.model.Statement	✓	✓
	23. org.junit.rules.RunRules	✓	✓

ตารางที่ ช. 8 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.8.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	24. org.junit.rules.TestRule	✓	✓
	25. org.junit.internal.runners.JUnit38ClassRunner	✓	✓
	26. org.junit.runner.Request	✓	✓
	27. org.junit.experimental.theories.ParameterSupplier	✓	✓
	28. org.junit.runner.manipulation.Filter	✓	✓
	29. org.junit.runners.ParentRunner	✓	✓
	30. junit.textui.TestRunner	✓	✓
	31. org.junit.experimental.theories.PotentialAssignment	✓	✓
	32. org.junit.internal.JUnitSystem	✓	✓
	33. org.junit.runners.model.RunnerScheduler	✓	✓
	34. org.junit.internal.requests.FilterRequest	✓	✓
	35. org.junit.internal.builders.AnnotatedBuilder	✓	✓
	36. org.junit.runner.RunWith	✓	✓
	37. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	✓	✓
	38. org.junit.internal.runners.JUnit38ClassRunner$OldTestClass AdaptingListener	✓	✓
	39. org.junit.runner.Describable	✓	✓
Template Method (9 Classes)	1. junit.runner.BaseTestRunner	✓	×
	2. org.hamcrest.BaseDescription	✓	×
	3. org.junit.internal.ComparisonCriteria	✓	×
	4. org.junit.internal.matchers.SubstringMatcher	✓	×
	5. org.junit.internal.runners.model.ReflectiveCallable	✓	×
	6. org.junit.runner.notification.RunNotifier$SafeNotifier	✓	×
	7. org.junit.runner.Runner	✓	×
	8. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	✓	×
	9. org.junit.runners.ParentRunner	✓	×
Proxy (2 Classes)	1. junit.framework.JUnit4TestAdapter	×	×
	2. org.junit.runner.Runner	×	×

ผู้วิจัยได้ใช้ JUnit 4.9.2 เป็นกรณีศึกษาเมื่อมีการชุดคำสั่งมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการเกิดขึ้น ซึ่ง JUnit 4.9.2 มีสิ่งที่ปรับเปลี่ยนใหม่ดังนี้

1) เพิ่มเติมการจดจำการทดสอบก่อนหน้า
2) ปรับปรุงให้มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใน JUnit Max Eclipse plug-in
3) แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของ JUnit รุ่นก่อน

JUnit 4.9.2 ประกอบด้วยโครงสร้างคลาสดังตารางที่ ช.9

ตารางที่ ช. 9 โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2

โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2		
junit	extensions	ActiveTestSuite$1 TestDecorator
	framework	JUnit4TestAdapter JUnit4TestAdapterCache Test TestListener TestResult TestSuite
	runner	BaseTestRunner
	samples	money.IMoney money.MoneyTest
	textui	TestRunner
org.hamcrest	BaseDescription core.DescribedAs core.Is core.IsNot Description Matcher Matcher val$allItemsAre Matcher val$individual	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 9 โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2		
org.junit	experimental	max.MaxCore theories.internal.Assignments theories.ParametersSuppliedBy theories.ParameterSupplier theories.PotentialAssignment theories.Theories$TheoryAnchor theories.Theories$TheoryAnchor$1$1 theories.Theory
	internal	builders.AnnotatedBuilder ComparisonCriteria JUnitSystem matchers.CombinableMatcher matchers.Each$1 matchers.IsCollectionContaining matchers.SubstringMatcher requests.FilterRequest requests.SortingRequest runners.JUnit38ClassRunner runners.JUnit38ClassRunner$OldTestClassAdaptingListener runners.model.ReflectiveCallable runners.statements.ExpectException runners.statements.FailOnTimeout$1 runners.statements.RunAfters runners.statements.RunBefores runners.TestMethod
	rules	ExpectedException$1 ExpectedException$ExpectedExceptionStatement ExternalResource$1 MethodRule TestWatchman$1 Verifier$1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช. 9 โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2 (ต่อ)

โครงสร้างคลาส Junit 4.9.2		
org.junit	runner	Describable Description JUnitCore manipulation.Filter manipulation.Sorter notification.RunNotifier$SafeNotifier Request Runner RunWith
	runners	model.RunnerBuilder model.RunnerScheduler model.Statement model.Statement val$base model.Statement val$statement ParentRunner
	samples	money.MoneyTest
	Test	
	tests	assertion.BothTest experimental.max.MaxStarterTest experimental.rules.RulesTest$ExampleTest$1$1 experimental.rules.RulesTest$MultipleRuleTest$Increment$1 experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue$ReguessableDecorator experimental.theories.extendingwithstubs.ReguessableValue listening.UserStopTest

JUnit 4.9.2 ประกอบด้วยคลาสที่สามารถตรวจหาแบบรูปการออกแบบได้จากเครื่องมืออัตโนมัติ โดยแยกตามประเภทของแบบรูปการออกแบบได้ตารางที่ ช.10 โดยคลาสที่ขีดเส้นใต้หมายถึงคลาสที่เพิ่มขึ้นตามประเภทของแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2 เมื่อเปรียบเทียบกับ JUnit 4.8.2

ตารางที่ ช. 10 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
Factory Method (4 Classes)	1. junit.samples.money.IMoney	×	×
	2. org.junit.rules.MethodRule	×	×
	3. org.junit.runner.Request	×	×
	4. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	×	×
Singleton (4 Classes)	1. junit.framework.JUnit4TestAdapterCache	✓	✓
	2. org.junit.runner.Description	✓	✓
	3. org.junit.runner.manipulation.Filter	✓	✓
	4. org.junit.runner.manipulation.Sorter	✓	✓
Composite (2 Classes)	1. junit.framework.Test	✓	✓
	2. junit.framework.TestSuite	✓	✓
Decorator (28 Classes)	1. org.junit.runner.Request	×	×
	2. org.junit.internal.requests.FilterRequest	×	×
	3. org.junit.internal.requests.SortingRequest	×	×
	4. org.junit.experimental.theories.PotentialAssignment	×	×
	5. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue$ReguessableDecorator	×	×
	6. org.junit.runners.model.Statement	×	×
	7. org.junit.experimental.theories.Theories$TheoryAnchor$1$1	×	×
	8. org.junit.runners.model.Statement val$statement	×	×
	9. org.junit.internal.runners.statements.ExpectException	×	×
	10. org.junit.internal.runners.statements.RunAfters	×	×
	11. org.junit.internal.runners.statements.RunBefores	×	×
	12. org.junit.rules.ExpectedException$ExpectedExceptionStatement	×	×
	13. org.junit.rules.ExternalResource$1	×	×
	14. org.junit.runners.model.Statement val$base	×	×
	15. org.junit.rules.TestWatchman$1	×	×
	16. org.junit.rules.Verifier$1	×	×
	17. org.junit.tests.experimental.rules.RulesTest$ExampleTest$1$1	×	×
	18. org.junit.tests.experimental.rules.RulesTest$MultipleRuleTest$Increment$1	×	×

ตารางที่ ช.10 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	19. junit.framework.Test	×	×
	20. junit.extensions.TestDecorator	×	×
	21. org.hamcrest.Matcher	×	×
	22. org.hamcrest.core.DescribedAs	×	×
	23. org.hamcrest.core.Is	×	×
	24. org.hamcrest.core.IsNot	×	×
	25. org.junit.internal.matchers.CombinableMatcher	×	×
	26. org.junit.internal.matchers.Each$1	×	×
	27. org.hamcrest.Matcher val$allItemsAre	×	×
	28. org.hamcrest.Matcher val$individual	×	×
Observer	1. junit.framework.TestListener	✓	×
(2 Classes)	2. junit.framework.TestResult	✓	×
State-Strategy	1. org.junit.runner.Runner	✓	✓
(45 Classes)	2. org.junit.experimental.max.MaxCore	✓	✓
	3. org.junit.runner.JUnitCore	✓	✓
	4. org.junit.tests.listening.UserStopTest	✓	✓
	5. org.junit.Test	✓	✓
	6. org.junit.internal.runners.TestMethod	✓	✓
	7. junit.extensions.ActiveTestSuite$1	✓	✓
	8. junit.framework.Test	✓	✓
	9. org.junit.experimental.theories.internal.Assignments	✓	✓
	10. org.junit.experimental.theories.ParametersSuppliedBy	✓	✓
	11. org.hamcrest.Matcher	✓	✓
	12. org.junit.tests.assertion.BothTest	✓	✓
	13. org.junit.runner.Request	✓	✓
	14. org.junit.tests.experimental.max.MaxStarterTest	✓	✓
	15. junit.textui.TestRunner	✓	✓
	16. junit.framework.TestListener	✓	✓
	17. org.junit.experimental.theories.Theories$TheoryAnchor	✓	✓
	18. org.junit.experimental.theories.Theory	✓	✓
	19. org.junit.internal.runners.statements.FailOnTimeout$1	✓	✓

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.10 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
	20. org.junit.runners.model.Statement	✓	✓
	21. org.hamcrest.core.DescribedAs	✓	✓
	22. org.hamcrest.Description	✓	✓
	23. org.hamcrest.core.Is	✓	✓
	24. org.hamcrest.core.IsNot	✓	✓
	25. org.junit.internal.matchers.CombinableMatcher	✓	✓
	26. org.junit.internal.matchers.Each$1	✓	✓
	27. org.junit.internal.matchers.IsCollectionContaining	✓	✓
	28. org.junit.rules.ExpectedException$1	✓	✓
	29. org.junit.internal.runners.JUnit38ClassRunner	✓	✓
	30. junit.samples.money.MoneyTest	✓	✓
	31. junit.samples.money.IMoney	✓	✓
	32. org.junit.samples.money.MoneyTest	✓	✓
	33. org.junit.experimental.theories.ParameterSupplier	✓	✓
	34. org.junit.runner.manipulation.Filter	✓	✓
	35. org.junit.runners.ParentRunner	✓	✓
	36. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue	✓	✓
	37. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.ReguessableValue	✓	✓
	38. org.junit.internal.JUnitSystem	✓	✓
	39. org.junit.internal.builders.AnnotatedBuilder	✓	✓
	40. org.junit.runner.RunWith	✓	✓
	41. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	✓	✓
	42. org.junit.runners.model.RunnerScheduler	✓	✓
	43. org.junit.internal.requests.FilterRequest	✓	✓
	44. org.junit.internal.runners.JUnit38ClassRunner$OldTestClassAdaptingListener	✓	✓
	45. org.junit.runner.Describable	✓	✓

ตารางที่ ช.10 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบของ JUnit 4.9.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส	(L)	(U)
Template Method (9 Classes)	1. junit.runner.BaseTestRunner	✓	×
	2. org.hamcrest.BaseDescription	✓	×
	3. org.junit.internal.ComparisonCriteria	✓	×
	4. org.junit.internal.matchers.SubstringMatcher	✓	×
	5. org.junit.internal.runners.model.ReflectiveCallable	✓	×
	6. org.junit.runner.notification.RunNotifier$SafeNotifier	✓	×
	7. org.junit.runner.Runner	✓	×
	8. org.junit.runners.model.RunnerBuilder	✓	×
	9. org.junit.runners.ParentRunner	✓	×
Proxy (2 Classes)	1. junit.framework.JUnit4TestAdapter	×	×
	2. org.junit.runner.Runner	×	×

จากตารางที่ ช.8 และ ช.10 สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของคลาสที่เพิ่มขึ้นของ JUnit 4.9.2 ได้โดยแบ่งตามประเภทของแบบรูปการออกแบบดังตารางที่ ช.11 และสามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของคลาสที่ลดลงของ JUnit 4.8.2 ได้โดยแบ่งตามประเภทของแบบรูปการออกแบบดังตารางที่ ช.12

ตารางที่ ช. 11 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JUnit 4.9.2

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
Factory Method	1. junit.samples.money.IMoney
Decorator	1. org.junit.experimental.theories.PotentialAssignment 2. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue$ ReguessableDecorator 3. org.junit.tests.experimental.rules.RulesTest$ExampleTest$1$1 4. org.junit.tests.experimental.rules.RulesTest$MultipleRuleTest$Increment$1

ตารางที่ ช.11 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่เพิ่มขึ้นของ JUnit 4.9.2 (ต่อ)

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
State-Strategy	1. org.junit.tests.listening.UserStopTest 2. org.junit.tests.assertion.BothTest 3. org.junit.tests.experimental.max.MaxStarterTest 4. junit.framework.TestListener 5. junit.samples.money.MoneyTest 6. junit.samples.money.IMoney 7. org.junit.samples.money.MoneyTest 8. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.GuesserQueue 9. org.junit.tests.experimental.theories.extendingwithstubs.ReguessableValue

ตารางที่ ช. 12 คลาสที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบที่ลดลงของ JUnit 4.8.2

ชื่อแบบรูปการออกแบบ	ชื่อคลาส
Factory Method	1. org.junit.rules.TestRule
Decorator	1. org.junit.rules.RunRules 2. org.junit.rules.TestWatcher$1
State-Strategy	1. junit.framework.Test 2. org.junit.rules.RunRules 3. org.junit.rules.TestRule 4. org.junit.experimental.theories.PotentialAssignment

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ภัทราพร ฟูเกียรติ เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2529 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 และได้มีผลงานวิจัยในรูปแบบของบทความวิชาการ ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีการนำเสนอเป็นบทความวิชาการระดับชาติได้แก่ บทความวิชาการเรื่อง “การประเมินความสามารถในการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของชุดคำสั่งในส่วนที่พัฒนาด้วยแบบรูปการออกแบบตามการเปลี่ยนแปลงความต้องการ (Evaluating Learnability and Understandability of Source Code Components Developed using Design Patterns According to Requirements Change)” ซึ่งได้รับการคัดเลือกเพื่อนำเสนอและตีพิมพ์ในงาน “การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในระดับชาติ ครั้งที่ 8 (The 8th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering : JCSSE 2011)” ระหว่างวันที่ 11 – 13 พฤษภาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย