

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผลและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง  
ของซอฟต์แวร์ภายใต้โครงสร้างคลาสแบบแอสโซซิเอชันและเจเนอรัลไลเซชัน

นางสาวสุพรรณษา เนคมานุรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE' S PERFORMANCE AT RUN - TIME AND  
IMPACT FROM SOFTWARE CHANGE ON ASSOCIATION AND  
GENERALIZATION STRUCTURE

Miss Suphansa Nekamanurak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Business Software Development

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501087

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผลและ  
ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของซอฟต์แวร์ภายใต้โครงสร้าง  
คลาสแบบแอสโซซิเอชันและเจเนอรัลไลเซชัน

โดย

นางสาวสุพรรณษา เนคมานุรักษ์

สาขาวิชา


การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมจारी ปรียานนท์

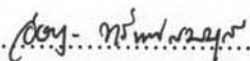
---

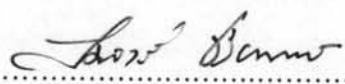
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....  ..... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัยฎาพร ทรัพย์สมบูรณ์)

.....  ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมจारी ปรียานนท์)

.....  ..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. พิมพ์มณี รัตนวิชา)

ศุภรสมา เคนมานูรักษ์ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผลและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของซอฟต์แวร์ภายใต้โครงสร้างคลาสแบบแอสโซซิเอชันและเจเนอรัลไลเซชัน. (THE COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE' S PERFORMANCE AT RUN – TIME AND IMPACT FROM SOFTWARE CHANGE ON ASSOCIATION AND GENERALIZATION STRUCTURE) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. สมจรรย์ ปรียานนท์, 166 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการเปรียบเทียบโครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์ ระหว่างโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและเจเนอรัลไลเซชันใน 2 มุมมอง คือ (1) ประสิทธิภาพ (Performance) ของโครงสร้างคลาสด้วยซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล โดยวัดจากจำนวนการรับส่งหรือเรียกใช้งานด้วยเมสเสจ (Message Calling) ระหว่างคลาสที่เป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์และความเร็วในการประมวลผล (Response Time) และ (2) ความสามารถในการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ (Maintainability) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ (Software Change) ตามความต้องการเชิงฟังก์ชัน (Functional Requirement) โดยวัดจากจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง

งานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ (ในรูปแบบซอฟต์แวร์) สำหรับทดลอง 2 ชุด คือ (1) เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของโครงสร้างคลาสด้วยซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล โดยหน่วยตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลองเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาภายใต้โครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน จำนวน 5 หน่วยตัวอย่าง แล้วนำมาเปลี่ยนเป็นโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ แล้วนำซอฟต์แวร์ทั้งสองโครงสร้างคลาสมาประมวลผลด้วยการทำทรานแซคชัน (Transaction) และ (2) เครื่องมือวัดผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงความต้องการของซอฟต์แวร์ โดยหน่วยตัวอย่างเป็นความต้องการเชิงฟังก์ชันของซอฟต์แวร์จำนวน 30 หน่วยตัวอย่าง แล้วจัดเก็บจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ที่พัฒนาภายใต้โครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและเจเนอรัลไลเซชันด้วยการเพิ่มความต้องการเชิงฟังก์ชัน

โดยผู้วิจัยกำหนดให้หน่วยตัวอย่างเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาด้วยภาษาจาวาและมีจำนวนคลาสการทำงานในเชิงธุรกิจอย่างน้อย 5 คลาส และวิเคราะห์ผลโดยวิธีการทางสถิติด้วยวิลคอกสันไชน์แรงค์เทสที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

ผลการทดลองพบว่าจำนวนการรับส่งข้อความ ระยะเวลาในการประมวลผล รวมถึงจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างคลาสแบบแอสโซซิเอชันน้อยกว่าแบบเจเนอรัลไลเซชัน จึงสรุปได้ว่า โครงสร้างคลาสแบบแอสโซซิเอชันมีประสิทธิภาพ และมีความสามารถในการปรับปรุง บำรุงรักษาซอฟต์แวร์ดีกว่าโครงสร้างคลาสแบบเจเนอรัลไลเซชัน

ภาควิชา.....สถิติ.....  
สาขาวิชา...การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ.....  
ปีการศึกษา.....2550.....  
ลายมือชื่อนิติศ.....ศุภรสมา เคนมานูรักษ์.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Sois Panu*.....

## 4782438526 : MAJOR BUSINESS SOFTWARE DEVELOPMENT

KEY WORD: CLASS MODEL / ASSOCIATION RELATIONSHIP / GENERALIZATION RELATIONSHIP

SUPHANSA NEKAMANURAK : THE COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE'S PERFORMANCE AT RUN - TIME AND IMPACT FROM SOFTWARE CHANGE ON ASSOCIATION AND GENERALIZATION STRUCTURE.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMJAREE PREEYANONT, Doc.Eng., 166 pp.

This thesis presents the model comparison between two software class models : Association and Generalization Relationships. There are two viewpoints to be considered. The first one is the performance of the software during the execution. It can be determined by number of message calling and response time. The second viewpoint is the maintainability for software change according to the functional requirements. It is obtained by the number of class and method of the change impact.

This research is an experimental research. The design and development of tool (software) for two works is carried out. The first work is tool for analyzing the performance of the class by the software during the execution. Five sample units of the experiment are the software developed under Generalization Relationship class model. Then they will be changed to the Association Relationship class model and developed to the software, respectively. These two class models of the software will be executed by the transactions. The second work is the tool for the analyzing the change impact of the software as number of class and number of method that are affected. There are 30 sample units of the functional requirements in order to modify the Association and Generalization Relationships class models.

This thesis's sample unit is software developed based on Java that consist of least five business classes. The results are analyzed by statistical method of Wilcoxon Signed Ranks at 0.05 significant level.

From the experiment, it is found that the number of message calling, response time, class and method that are affected from the software change with the Association Relationship class model less than the Generalization Relationship class model. It can be concluded that the performance and maintainability of software developed with the Association Relationship class model is better than software developed with the Generalization Relationship class model.

Department.....Statistics..... Student's Signature : Suphansa Nekamanurak  
Field of Study ...Business Software Development... Advisor's Signature : Somjaree Preeyanont  
Academic Year .....2007.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมจारी ปรียานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนคอยดูแลการทำวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัมภวาพร ทรัพย์สมบูรณ์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. พิมพ์มณี รัตนวิชา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาและช่วยชี้แนะสิ่งต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และอบรมสิ่งต่างๆ ให้กับผู้วิจัย รวมถึงข้อชี้แนะต่าง ๆ ตลอดเวลาที่ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียนในระดับมหาบัณฑิต ณ สถาบันแห่งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคนในสาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ รวมทั้งเพื่อนร่วมรุ่นและรุ่นน้องปริญญาบัณฑิต วิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแก้ปัญหาเบ็ดเตล็ดต่าง ๆ ในงานวิจัย รวมถึงนางสาวกนิษฐา บุญคุ้ม นางสาวสุรัตนากรณ์ จันทะมณี นางสาวรัชดาพรรณ ประทุมเมศรีและนายราชันย์ ชังใจที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา และขอขอบคุณผู้ที่ให้หน่วยตัวอย่างเพื่อสนับสนุนงานวิจัยนี้

เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และพี่สาว รวมถึงพี่ชวงค์ พงษ์เจริญพาณิชย์ ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาตลอดมา คอยเป็นกำลังใจ ห่วงใยและสนับสนุนด้านการเงินแก่ผู้วิจัยเสมอมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	4
1.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	4
1.4.2 การเปรียบเทียบจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจาก การเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 แนวคิดเชิงวัตถุ (Object – Oriented Paradigm).....	7
2.2 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram).....	9
2.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างคลาสให้เป็นโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์ แบบแอสโซซิเอชันและโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน (Association Relationship and Generalization Relationship).....	15
2.3.1 หลักการเปลี่ยนโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน ให้เป็นโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน.....	16
2.3.2 หลักการเปลี่ยนโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันให้ เป็นโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน.....	19

	หน้า
2.4 ประเภทของเมสเสจ (Message).....	22
2.4.1 เมสเสจที่เป็นแอททริบิวต์.....	22
2.4.2 เมสเสจที่เป็นอาร์เรย์.....	26
2.4.3 เมสเสจที่เป็นเมธอด.....	28
2.5 การเปลี่ยนแปลงในซอฟต์แวร์ (Software Change).....	32
2.5.1 การเปลี่ยนแปลงที่ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส.....	32
2.5.2 การเปลี่ยนแปลงที่คลาส.....	34
2.5.3 การเปลี่ยนแปลงที่เมธอด.....	35
2.5.4 การเปลี่ยนแปลงที่แอททริบิวต์.....	37
2.6 ประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ (Software Performance).....	39
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
2.7.1 อัลกอริทึมในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงต่อซอฟต์แวร์ เชิงวัตถุ.....	41
2.7.2 การศึกษาผลกระทบของการสืบทอดคุณสมบัติที่มีต่อการบำรุงรักษา ซอฟต์แวร์เชิงวัตถุ.....	42
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	44
3.1 แนวทางการวิจัยโดยรวม.....	44
3.2 แผนแบบการทดลอง (Experimental Design).....	44
3.2.1 แผนแบบการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะ ประมวลผล.....	45
3.2.2 แผนแบบการทดลองการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ของซอฟต์แวร์.....	46
3.3 สมมติฐานการวิจัย.....	48
3.3.1 สมมติฐานการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะ ประมวลผล.....	48
3.3.2 สมมติฐานการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์....	49
3.4 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data gathering execution).....	50
3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ขณะประมวลผล.....	50



	หน้า
3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	54
3.5 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis framework).....	57
3.5.1 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	57
3.5.2 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	59
3.6 ประเด็นของความเชื่อถือได้และความถูกต้อง .....	61
บทที่ 4 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสำหรับทดสอบงานวิจัย.....	62
4.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	63
4.1.1 ความต้องการเชิงฟังก์ชันของเครื่องมือ (Functional Requirement).....	63
4.1.2 ประเภทของเมตเสจ.....	65
4.1.3 แผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส (Use Case Diagram and Use Case Description) ของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	65
4.1.4 แผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาส (Class Diagram and Class Description) ของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	67
4.1.5 แผนภาพแอกติวิตี้ (Activity Diagram) ของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	76
4.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงความต้องการของซอฟต์แวร์.....	78
4.2.1 ความต้องการเชิงฟังก์ชันของเครื่องมือ (Functional Requirement).....	78
4.2.2 แผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส (Use Case Diagram and Use Case Description) ของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	80
4.2.3 แผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาส (Class Diagram and Class Description) ของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	82
4.2.4 แผนภาพแอกติวิตี้ (Activity Diagram) ของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	86

	หน้า
4.3 การทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือ.....	87
4.3.1 การทดสอบเครื่องมือสำหรับวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	88
4.3.2 การทดสอบเครื่องมือสำหรับวัดผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงความ ต้องการของซอฟต์แวร์.....	88
บทที่ 5 การดำเนินการวิจัยและผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
5.1 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล.....	89
5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	89
5.1.2 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	96
5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	102
5.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ขณะประมวลผล.....	102
5.2.2 การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลและทดสอบสมมติฐานเพื่อการ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	109
5.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	116
5.2.4 การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลและทดสอบสมมติฐานเพื่อการ เปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	125
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	133
6.1 การทดลองและลักษณะของหน่วยตัวอย่าง.....	133
6.2 บทสรุป.....	134
6.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผลระหว่าง โครงสร้างคลาสิกในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและโครงสร้าง คลาสิกในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชัน.....	135
6.2.2 การเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ตามความ ต้องการเชิงฟังก์ชันระหว่างโครงสร้างคลาสิกในความสัมพันธ์แบบแอส โซซิเอชันและโครงสร้างคลาสิกในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชัน...	135

	หน้า
6.3 การนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้.....	137
6.3.1 การนำงานวิจัยไปใช้ในเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution).....	137
6.3.2 การนำงานวิจัยไปใช้ในเชิงประยุกต์ (Practical Contribution).....	137
6.4 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของงานวิจัย.....	138
6.5 แนวทางการวิจัยในอนาคต.....	139
รายการอ้างอิง.....	140
ภาคผนวก.....	144
ภาคผนวก ก.....	145
ภาคผนวก ข.....	160
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	166

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	ตัวอย่างการเรียกใช้งานแอททริบิวต์ที่เป็นชื่อคลาส.....	22
ตารางที่ 2-2	ตัวอย่างการเรียกใช้งานแอททริบิวต์ที่เป็นแอททริบิวต์แบบ โกลบอล.....	24
ตารางที่ 2-3	ตัวอย่างการเรียกใช้งานแอททริบิวต์ที่เป็นแอททริบิวต์แบบ โกลบอล.....	24
ตารางที่ 2-4	ตัวอย่างการเรียกใช้แอททริบิวต์ที่เป็นแอททริบิวต์แบบ โกลบอลที่มีการ สืบทอด.....	25
ตารางที่ 2-5	ตัวอย่างเรียกใช้แอททริบิวต์ที่เป็นแอททริบิวต์แบบ โกลบอลที่เข้าถึงจาก โทเคนก่อน.....	25
ตารางที่ 2-6	ตัวอย่างการเรียกใช้แอททริบิวต์ที่เป็นแอททริบิวต์แบบ โกลบอลในคลาสที่ สืบทอดคุณสมบัติมา ที่เข้าถึงได้จากโทเคนก่อนหน้า.....	26
ตารางที่ 2-7	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมสเสจที่เป็นอาร์เรย์ในส่วนก่อนเครื่องหมาย [ ]....	27
ตารางที่ 2-8	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมสเสจที่เป็นอาร์เรย์ส่วนในเครื่องหมาย [ ].....	27
ตารางที่ 2-9	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดในส่วนที่เป็นการเรียกใช้แอททริบิวต์.....	28
ตารางที่ 2-10	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดในส่วนที่เป็นชื่อเมธอด ที่เป็นเมธอด ภายในคลาสที่เรียกใช้งาน.....	29
ตารางที่ 2-11	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดในส่วนที่เป็นชื่อเมธอด ในคลาสที่มีการ สืบทอดคุณสมบัติ.....	29
ตารางที่ 2-12	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดในส่วนที่เป็นชื่อเมธอด ที่เป็นเมธอด ภายในคลาสที่เข้าถึงได้จากโทเคนก่อนหน้า.....	30
ตารางที่ 2-13	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดในส่วนที่เป็นชื่อเมธอด ซึ่งคลาสที่เข้าถึง ได้จากโทเคนก่อนหน้าสืบทอดคุณสมบัติมา.....	30
ตารางที่ 2-14	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดที่มีอาร์กิวเมนต์เป็นเมสเสจแบบแอททริ- บิวต์.....	31
ตารางที่ 2-15	ตัวอย่างการเรียกใช้งานเมธอดที่มีอาร์กิวเมนต์เป็นเมสเสจแบบเมธอด...	31
ตารางที่ 2-16	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ขอบเขตของเมธอด.....	36
ตารางที่ 2-17	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ขอบเขตของแอททริบิวต์.....	38
ตารางที่ 2-18	การแบ่งกลุ่มหน่วยตัวอย่างเพื่อทำการทดลองศึกษาผลกระทบของการสื บทอดคุณสมบัติที่มีต่อการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์เชิงวัตถุ.....	42

	หน้า	
ตารางที่ 3-1	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่คลาส แอททริบิวต์และเมธอด.....	54
ตารางที่ 4-1	คำอธิบายยูสเคสของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	66
ตารางที่ 4-2	คำอธิบายคลาสของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	69
ตารางที่ 4-3	คำอธิบายยูสเคสของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ซอฟต์แวร์.....	81
ตารางที่ 4-4	คำอธิบายคลาสของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.	84
ตารางที่ 5-1	แสดงลักษณะและที่มาของหน่วยตัวอย่างที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล 5 หน่วยตัวอย่าง.....	91
ตารางที่ 5-2	ความต้องการเชิงฟังก์ชันของซอฟต์แวร์กรณีศึกษาที่ใช้เป็นหน่วยตัวอย่าง..	98
ตารางที่ 5-3	จำนวนคลาสในการทำงานทางธุรกิจของซอฟต์แวร์หน่วยตัวอย่างใน โครงสร้างคลาสความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและโครงสร้างคลาสใน ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน.....	102
ตารางที่ 5-4	จำนวนการส่งข้อความหรือเมสเสจขณะประมวลผลและระยะเวลาการ ทำงานที่ซอฟต์แวร์ถูกประมวลผลโดยสมบูรณ์ของโครงสร้างคลาสแบบ แอสโซซิเอชัน ( $P_x$ ) และ ( $T_x$ ).....	104
ตารางที่ 5-5	จำนวนการส่งข้อความหรือเมสเสจขณะประมวลผลและระยะเวลาการ ทำงานที่ซอฟต์แวร์ถูกประมวลผลโดยสมบูรณ์ของโครงสร้างคลาสแบบ เจเนอรัลไลเซชัน ( $P_y$ ) และ ( $T_y$ ).....	105
ตารางที่ 5-6	แสดงความแตกต่างของจำนวนการส่งข้อความ / เมสเสจขณะประมวลผล ระหว่างโครงสร้างคลาสแอสโซซิเอชัน ( $P_x$ ) และโครงสร้างคลาส เจเนอรัลไลเซชัน ( $P_y$ ).....	106
ตารางที่ 5-7	แสดงความแตกต่างของระยะเวลาที่หน่วยตัวอย่างถูกประมวลผลโดย สมบูรณ์ระหว่างโครงสร้างคลาสแอสโซซิเอชัน ( $T_x$ ) และโครงสร้างคลาส เจเนอรัลไลเซชัน ( $T_y$ ).....	108
ตารางที่ 5-8	แสดงการทดสอบทางสถิติตามผลการทดลองว่าจำนวนการรับส่งข้อความ หรือเมสเสจระหว่างคลาสทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์มีการ แจกแจงแบบปกติหรือไม่.....	111

	หน้า	
ตารางที่ 5-9	แสดงการทดสอบทางสถิติตามผลการทดลองว่าระยะเวลาการทำทรานแซกซ์คนที่ซอฟต์แวร์ถูกประมวลผลโดยสมบูรณ์มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่.....	112
ตารางที่ 5-10	ผลลัพธ์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม SPSS สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างแบบไม่อิงพารามิเตอร์ของจำนวนการรับส่งข้อความหรือเมสเสจ.....	113
ตารางที่ 5-11	ผลลัพธ์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม SPSS สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างแบบไม่อิงพารามิเตอร์ของระยะเวลาที่ซอฟต์แวร์ถูกประมวลผลโดยสมบูรณ์.....	115
ตารางที่ 5-12	แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการเชิงฟังก์ชัน.....	117
ตารางที่ 5-13	แสดงจำนวนคลาสที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการเชิงฟังก์ชันของซอฟต์แวร์.....	122
ตารางที่ 5-14	แสดงจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการเชิงฟังก์ชันของซอฟต์แวร์.....	124
ตารางที่ 5-15	แสดงการทดสอบทางสถิติตามผลการทดลองว่าจำนวนคลาสที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่.....	127
ตารางที่ 5-16	แสดงการทดสอบทางสถิติตามผลการทดลองว่าจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่.....	128
ตารางที่ 5-17	ผลลัพธ์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม SPSS สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างแบบไม่อิงพารามิเตอร์ของจำนวนคลาสที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง.....	130
ตารางที่ 5-18	ผลลัพธ์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม SPSS สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างแบบไม่อิงพารามิเตอร์ของจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง.....	131
ตารางที่ ข-1	แสดงรายละเอียดการทำทรานแซกซ์ของซอฟต์แวร์หน่วยตัวอย่าง.....	162

## สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2-1	แสดงการกำหนดแอททริบิวต์และเมธอดในคลาส.....	10
รูปที่ 2-2	แสดงความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน.....	11
รูปที่ 2-3	แสดงความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันคลาส.....	12
รูปที่ 2-4	แสดงความสัมพันธ์แบบรีเคอร์ซีฟแอสโซซิเอชัน.....	12
รูปที่ 2-5	แสดงความสัมพันธ์แบบดีเพนเดนซี.....	13
รูปที่ 2-6	แสดงความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน.....	13
รูปที่ 2-7	แสดงความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชัน.....	14
รูปที่ 2-8	แสดงความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน.....	15
รูปที่ 2-9	แสดงการเปลี่ยนโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันให้เป็น โครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (ซูเปอร์คลาสเป็นแอบส แทรคต์คลาส).....	17
รูปที่ 2-10	แสดงการเปลี่ยนโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันให้เป็น โครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (ซูเปอร์คลาสเป็นอิม - พลีเมนต์คลาส).....	18
รูปที่ 2-11	แสดงการเปลี่ยนโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันให้เป็น โครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน.....	21
รูปที่ 2-12	แผนภาพต้นไม้แสดงการเรียกใช้งานเมธอด.....	23
รูปที่ 2-13	แสดงการเพิ่มและลบความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส.....	33
รูปที่ 2-14	แสดงการเปลี่ยนแปลงที่คลาส.....	34
รูปที่ 2-15	แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เมธอด.....	35
รูปที่ 2-16	แสดงการเปลี่ยนแปลงที่แอททริบิวต์.....	37
รูปที่ 3-1	การแปลงโครงสร้างคลาสแบบเจเนอรัลไลเซชันเป็นโครงสร้างคลาสแบบแอส โซซิเอชัน.....	51
รูปที่ 3-2	การจัดเก็บค่าประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล.....	52
รูปที่ 3-3	การจัดเก็บจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลง.....	56

รูปที่ 4-1	สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ขณะประมวลผล...	64
รูปที่ 4-2	แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	66
รูปที่ 4-3	แผนภาพคลาสของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	68
รูปที่ 4-4	แผนภาพแอกติวิตี้ของเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์.....	77
รูปที่ 4-5	สถาปัตยกรรมเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของซอฟต์แวร์.....	79
รูปที่ 4-6	แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	81
รูปที่ 4-7	แผนภาพคลาสของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์.....	83
รูปที่ 4-8	แผนภาพแอกติวิตี้ของเครื่องมือวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์....	87
รูปที่ 5-1	การเปลี่ยนโครงสร้างคลาสแบบเจนเนอรัลไลเซชันเป็นโครงสร้างคลาสแบบแอสโซซิเอชัน.....	92
รูปที่ 5-2	แสดงคำสั่งแบบทไฟล์เพื่อการประมวลผลซอฟต์แวร์หน่วยตัวอย่าง.....	95
รูปที่ 5-3	การจัดเก็บค่าประสิทธิภาพของโครงสร้างคลาสนขณะประมวลผล.....	95
รูปที่ 5-4	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์กรณีศึกษาให้อยู่ในโครงสร้างคลาสในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและเจนเนอรัลไลเซชัน.....	97
รูปที่ 5-5	การเพิ่มหน่วยตัวอย่างเพื่อจัดเก็บคลาสและเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของซอฟต์แวร์.....	99
รูปที่ 5-6	การจัดเก็บจำนวนคลาสและจำนวนเมธอดที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการเชิงฟังก์ชัน.....	101
รูปที่ ก-1	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์เอทีเอ็มออนไลน์ในความสัมพันธ์แบบเจนเนอรัลไลเซชัน.....	147
รูปที่ ก-2	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์เอทีเอ็มออนไลน์ในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน.....	148
รูปที่ ก-3	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์ช่วยสอนอโตเมตาในความสัมพันธ์แบบเจนเนอรัลไลเซชัน.....	149
รูปที่ ก-4	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์ช่วยสอนอโตเมตาในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน.....	150
รูปที่ ก-5	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์อนุมัติบัตรเครดิตในความสัมพันธ์แบบเจนเนอรัลไลเซชัน.....	151



	หน้า
รูปที่ ก-6	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์อนุมัติบัตรเครดิต ในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน..... 152
รูปที่ ก-7	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์การจัดการเรียนการสอนในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน..... 153
รูปที่ ก-8	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์การจัดการเรียนการสอนในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน..... 154
รูปที่ ก-9	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์หน้าร้านขายหนังสือในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน..... 155
รูปที่ ก-10	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์หน้าร้านขายหนังสือในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน..... 156
รูปที่ ก-11	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์การจัดการสายการบินและการบริหารการบินในความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน..... 158
รูปที่ ก-12	โครงสร้างคลาสของซอฟต์แวร์การจัดการสายการบินและการบริหารการบินในความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน..... 159