กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

นายเอกชัย ตั้งสุขสันต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RISK ANALYSIS FRAMEWORK OF FUNCTIONAL MODEL USING OBJECT BEHAVIORS

Mr. Akekachai Tangsuksant

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 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501740

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
โดย	นายเอกชัย ตั้งสุขสันต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริ้วไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ หมื่นไชยศรี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกชัย ตั้งสุขสันต์ : กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ. (RISK ANALYSIS FRAMEWORK OF FUNCTIONAL MODEL USING OBJECT BEHAVIORS) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล, 216 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซอฟต์แวร์จากแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยเน้นการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากพฤติกรรมของวัตถุ กรอบงานนี้ช่วยประเมินความเสี่ยงในช่วงการวิเคราะห์และออกแบบระบบซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาระบบ ทำให้ผู้พัฒนาระบบทราบถึงโอกาสที่จะเกิดขึ้นของข้อผิดพลาดต่างๆ ในการพัฒนาระบบ ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงช่วยจัดการและควบคุมความเสี่ยง เพื่อที่จะทำให้ได้ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพสูง ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และทรัพยากร

กรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซอฟต์แวร์ที่ได้นำเสนอ ใช้แผนภาพยูสเคสที่แสดงฟังก์ชันงานของซอฟต์แวร์ที่จัดเตรียมโดยระบบ ใช้แผนภาพคลาสแสดงถึงโครงสร้างของระบบ และใช้แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีนในการแสดงพฤติกรรมของวัตถุและพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุสำหรับระบบเพื่อจัดเตรียมการใช้บริการตามที่ได้ระบุ การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุคำนวณจากจำนวนค่าความจริงของประพจน์ที่เกิดขึ้นจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน และวิเคราะห์ความเสี่ยงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุคำนวณจากค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ในแผนภาพลำดับ ผลของการคำนวณความเสี่ยงในระดับวัตถุนำไปคำนวณเป็นความเสี่ยงระดับชีนนาริโอซึ่งแสดงถึงการทำงานของฟังก์ชันงานในแบบจำลองเชิงฟังก์ชันของซอฟต์แวร์

นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง เพื่อสนับสนุนการคำนวณความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน และได้ตรวจสอบเครื่องมือโดยคำนวณความเสี่ยงจากเครื่องมือเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยมือ ผลปรากฏว่าผลลัพธ์ของทั้งสองมีค่าเท่ากัน อีกทั้งผลลัพธ์จากกรอบงานที่ได้นำเสนอมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่เพิ่มเติมที่สำคัญของกรอบงานนี้ คือ การคำนวณความเสี่ยงจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะซึ่งเป็นสาเหตุที่แท้จริงของการเปลี่ยนพฤติกรรมของวัตถุ ดังนั้นเครื่องมือที่ได้พัฒนาจึงเป็นประโยชน์สำหรับการคำนวณความเสี่ยงตามที่ได้นำเสนอในกรอบงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต.....เอกชัย ตั้งสุขสันต์.....
สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....นครทิพย์ พร้อมพูล.....
ปีการศึกษา 2550

4870566221 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEY WORD : RISK MANAGEMENT / RISK ANALYSIS FRAMEWORK / OBJECT / OBJECT BEHAVIOR / UML / FUNCTIONAL MODEL / USE CASE DIAGRAM / CLASS DIAGRAM / SEQUENCE DIAGRAM / STATE MACHINE DIAGRAM

AKEKACHAI TANGSUKSANT : RISK ANALYSIS FRAMEWORK OF FUNCTIONAL MODEL USING OBJECT BEHAVIOR. THESIS ADVISOR : NAKORNTHIP PROMPOON, 216 pp.

This thesis proposes the risk analysis framework of software from a functional model which emphasizes on analyzing the risk of object behaviors. This framework assesses risk during analysis and design which are in an early step of system development. It may help system developers know the probability of each failure which may occur. The obtained result can be used to manage and control risks in order to produce software with high quality, and reduce time, cost and resources.

The proposed framework for software risk analysis uses Use Case diagram to represent software functions provided by the system, Class diagram represents structure of the system, and Sequence diagram and State Machine diagram represent object behavior and interaction among objects for system to provide a promised service. Risk analysis of object is computed from a number of truth values of predicate which are generated from a condition of transition of a state machine diagram, and risk analysis of interactions among objects is computed from dynamic coupling of object interaction in a Sequence diagram. Finally, all risks caused from each single object are integrated into a scenario risk and a functional risk of the functional model.

Moreover, a risk analysis tool is developed to support the functional model risk computation. Tool validation is done by computing the results from tool generation and manual computation. Both results are the same. Also, the result from the proposed framework is consistent with the other related research. An additional important part of this framework is the risk computation caused from a condition of a changing state which is the root cause of the changing of object behavior. Thus, the developed tool is benefical for software risk computation proposed in the framework.

Department Computer Engineering Student's Signature Akekachai Tangsuksant

Field of Study Software Engineering Advisor's Signature Nakornthip Prompoon

Academic Year 2007

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์นครทิพย์ พร้อมพูล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาแนะนำให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำทางด้านการศึกษา คุณธรรม และจริยธรรม ตลอดจนคอยดูแลให้การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริ้วไพบูลย์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี และอาจารย์ ดร.พิษณุ คนองชัยยศ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลา ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า รวมถึงชี้แนะสิ่งดีๆ ตลอดเวลาที่ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียนในระดับมหาบัณฑิต ณ สถาบันแห่งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา เป็นอย่างยิ่งที่ช่วยอุปการะเลี้ยงดู อบรมบ่มนิสัย ตลอดจนส่งเสริมและให้กำลังใจเสมอมาจนการทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายที่สุด ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัว พี่ๆ เพื่อนๆ และ น้องๆ ทุกคนผู้มีส่วนสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6

2.1.1 การบริหารความเสี่ยง 6

2.1.2 กรอบงาน 8

2.1.3 ภาวะขัดข้องและการวิเคราะห์ผลกระทบ 11

2.1.4 ยูเอ็มแอล 12

2.1.5 กฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น 17

2.1.6 เอ็กซ์เอ็มไอ 18

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

2.2.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล 19

2.2.2 บี-เอสซีพี: กรอบงานการวิเคราะห์ความต้องการ สำหรับการตรวจสอบการปรับแนวยุทธศาสตร์ของเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงองค์กรบนพื้นฐานของ ยุทธศาสตร์ บริบท และกระบวนการ 20

2.2.3 การสร้างข้อมูลการทดสอบจากข้อกำหนดตามพื้นฐานสถานะ 21

บทที่ 3 วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน 23
3.2 แนวคิดการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 25
3.2.1 การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอล 28
3.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุ 28
3.2.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน 37
บทที่ 4 การออกแบบกรอบงานและเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 46
4.1 การออกแบบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 46
4.2 การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 48
4.2.1 การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 48
4.2.2 การออกแบบเครื่องมือ 51
4.3 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ 56
4.3.1 ฮาร์ดแวร์ 56
4.3.2 ซอฟต์แวร์ 57
4.4 โครงสร้างของเครื่องมือ 57
บทที่ 5 การทดสอบเครื่องมือ 63
5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ 63
5.2 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น 63
5.3 กรณีศึกษาที่ใช้ในการทดสอบเครื่องมือ 64
5.3.1 กรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม 64
5.3.2 กรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ 67
5.4 สรุปผลการทดสอบ 70
บทที่ 6 การตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง 71
6.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการตรวจสอบ 71
6.2 ขั้นตอนการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

6.3 กรณีศึกษาที่ใช้ในการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง....72
6.3.1 กรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม....72
6.3.2 กรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....77
6.4 สรุปผลการตรวจสอบ....81
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและแนวทางการวิจัยต่อ....91
7.1 สรุปผลการวิจัย....91
7.2 แนวทางการวิจัยต่อ....93
รายการอ้างอิง....95
ภาคผนวก....97
ภาคผนวก ก แผนภาพยูเอ็มแอล....98
ภาคผนวก ข คำอธิบายคอมโพเนนต์ของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ....107
ภาคผนวก ค แฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ....116
ภาคผนวก ง การใช้งานเครื่องมือ....144
ง.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากเครื่องมือ....144
ภาคผนวก จ ความต้องการระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลของกรณีศึกษา....152
จ.1 ระบบเอทีเอ็ม....152
จ.1.1 ความต้องการของระบบเอทีเอ็ม....152
จ.1.2 แผนภาพยูสเคสของระบบ....153
จ.1.3 แผนภาพคลาสของระบบ....153
จ.1.4 แผนภาพลำดับของระบบ....153
จ.1.5 แผนภาพสเตทแมชชีนของระบบ....153
จ.2 ระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....163
จ.2.1 ความต้องการของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....163
จ.2.2 แผนภาพยูสเคสของระบบ....164
จ.2.3 แผนภาพคลาสของระบบ....164
จ.2.4 แผนภาพลำดับของระบบ....164
จ.2.5 แผนภาพสเตทแมชชีนของระบบ....164
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา....174

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ฉ.1 การคำนวณความเสี่ยงของระบบเอทีเอ็ม 174
ฉ.1.1 การพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ 174
ฉ.1.2 การพิจารณาความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 175
ฉ.1.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชัน 176
ฉ.2 การคำนวณความเสี่ยงของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ 188
ฉ.2.1 การพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ 188
ฉ.2.2 การพิจารณาความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 189
ฉ.2.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชัน 189
ภาคผนวก ช ผลงานที่ตีพิมพ์ 207
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 216

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนสถานะของกระบวนการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม 30
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดประพจน์ที่ทำการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์.....31
ตารางที่ 3.3 ค่าความจริงของประพจน์ที่ 2 31
ตารางที่ 3.4 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ.....32
ตารางที่ 3.5 ค่าคลัปปลิงเชิงพลวัตของแผนภาพลำดับการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม.....36
ตารางที่ 3.6 ความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง.....39
ตารางที่ 3.7 ค่าของเมทริกซ์ Q แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากโหนด
สถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราว.....42
ตารางที่ 3.8 ค่าของเมทริกซ์ C ที่แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากโหนด
สถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน.....43
ตารางที่ 3.9 ค่าของเมทริกซ์ที่อธิบายความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนด
สถานะชั่วคราว และสิ้นสุดการทำงานที่โหนดสถานะดูดกลืนใดๆ.....44
ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างรายงานความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม.....45
ตารางที่ 3.11 ความเสี่ยงของฟังก์ชันในระบบเอทีเอ็ม.....45
ตารางที่ 4.1 แผ่นแบบคำอธิบายคอมโพเนนต์ของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง.....49
ตารางที่ 4.2 รายละเอียดยูสเคสการสกัดข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ.....52
ตารางที่ 4.3 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความน่าจะเป็นของความเสี่ยง.....53
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ.....54
ตารางที่ 4.5 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความเสี่ยงของซีนนาริโอ.....55
ตารางที่ 4.6 รายละเอียดของคลาสของเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยง.....57
ตารางที่ 6.1 การคำนวณค่าความซับซ้อนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะในระบบเอทีเอ็ม.....73
ตารางที่ 6.2 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดง
ซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง.....74
ตารางที่ 6.3 ค่าของเมทริกซ์ Q ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่
รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง.....75
ตารางที่ 6.4 ค่าของเมทริกซ์ C ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่
รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง.....75

หน้า

ตารางที่ 6.5 ค่าของเมทริกซ์ A ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง....76
ตารางที่ 6.6 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม....76
ตารางที่ 6.7 การคำนวณค่าความซับซ้อนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....78
ตารางที่ 6.8 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า....78
ตารางที่ 6.9 ค่าของเมทริกซ์ Q ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า....79
ตารางที่ 6.10 ค่าของเมทริกซ์ C ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า....80
ตารางที่ 6.11 ค่าของเมทริกซ์ A ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า....80
ตารางที่ 6.12 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....81
ตารางที่ 6.13 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณความเสี่ยงทั้งสองวิธีในระบบเอทีเอ็ม.... 85
ตารางที่ 6.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณความเสี่ยงทั้งสองวิธีในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....86
ตารางที่ 6.15 เปรียบเทียบขอบเขตและขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงทั้งสองวิธี....87
ตารางที่ 6.16 เปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุในระบบเอทีเอ็มของทั้งสองวิธี....87
ตารางที่ 6.17 เปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อของทั้งสองวิธี....88
ตารางที่ 6.18 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ จากแผนภาพสเตทแมชชีนลักษณะต่างๆ....88
ตารางที่ ก.1 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพยูสเคส....100
ตารางที่ ก.2 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส....101
ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส....102
ตารางที่ ก.4 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพลำดับ....103
ตารางที่ ก.5 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพสเตทแมชชีน....104
ตารางที่ ก.6 แสดงชนิดของเหตุการณ์....105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ ก.7 แสดงชนิดของแทรนซิชัน....105
ตารางที่ ข.1 คำอธิบายคอมโพเนนต์การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์....108
ตารางที่ ข.2 คำอธิบายคอมโพเนนต์การประเมินความเสี่ยง....109
ตารางที่ ข.3 คำอธิบายคอมโพเนนต์การระบุความเสี่ยง....110
ตารางที่ ข.4 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยง....111
ตารางที่ ข.5 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ....112
ตารางที่ ข.6 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ....113
ตารางที่ ข.7 คำอธิบายคอมโพเนนต์การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง....114
ตารางที่ ข.8 คำอธิบายคอมโพเนนต์รายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน....115
ตารางที่ จ.1 แผ่นแบบของคำอธิบายยูสเคส....155
ตารางที่ จ.2 คำอธิบายยูสเคสตรวจสอบรหัส....156
ตารางที่ จ.3 คำอธิบายยูสเคสสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี....157
ตารางที่ จ.4 คำอธิบายยูสเคสถอนเงิน....160
ตารางที่ จ.5 คำอธิบายยูสเคสซื้อสินค้า....166
ตารางที่ จ.6 คำอธิบายยูสเคสชำระเงิน....167
ตารางที่ จ.7 คำอธิบายยูสเคสส่งรายงานการขายประจำวัน....168
ตารางที่ ฉ.1 ตารางการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController....177
ตารางที่ ฉ.2 การขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController..177
ตารางที่ ฉ.3 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P1 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....178
ตารางที่ ฉ.4 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P2 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....178
ตารางที่ ฉ.5 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P3 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....178
ตารางที่ ฉ.6 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P4 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....178
ตารางที่ ฉ.7 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P5 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....179
ตารางที่ ฉ.8 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P6 ของการเปลี่ยนสถานะของ คลาส ATMController....179

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ จ.9 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P7 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController 179
ตารางที่ จ.10 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ..... 180
ตารางที่ จ.11 ความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางของแผนภาพสเตท-แมชชีน 182
ตารางที่ จ.12 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของ ATMController 182
ตารางที่ จ.13 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ ATMController ในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม 182
ตารางที่ จ.14 คำนวณความเสี่ยงของวัตถุ 182
ตารางที่ จ.15 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 183
ตารางที่ จ.16 ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 183
ตารางที่ จ.17 ค่าของเมทริกซ์ P ของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 184
ตารางที่ จ.18 ค่าของเมทริกซ์ Q ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 185
ตารางที่ จ.19 ค่าของเมทริกซ์ C ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 186
ตารางที่ จ.20 ค่าของเมทริกซ์ A ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง..... 186
ตารางที่ จ.21 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม..... 187
ตารางที่ จ.22 ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบเอทีเอ็ม..... 187
ตารางที่ จ.23 ตารางการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController..... 191
ตารางที่ จ.24 การขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController..... 192
ตารางที่ จ.25 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P1 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController..... 193
ตารางที่ จ.26 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P2 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController..... 193

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ จ.27 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P3 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 193
ตารางที่ จ.28 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P4 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 194
ตารางที่ จ.29 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P5 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 194
ตารางที่ จ.30 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P6 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 195
ตารางที่ จ.31 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P7 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 195
ตารางที่ จ.32 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P8 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 196
ตารางที่ จ.33 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P9 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 196
ตารางที่ จ.34 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P10 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 196
ตารางที่ จ.35 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P11 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 197
ตารางที่ จ.36 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P12 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 197
ตารางที่ จ.37 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P13 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 198
ตารางที่ จ.38 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P14 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 198
ตารางที่ จ.39 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ 198
ตารางที่ จ.40 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน 201
ตารางที่ จ.41 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของ InventoryController 201
ตารางที่ จ.42 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ InventoryController ในซีนนาริโอการซื้อสินกรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า 201

หน้า

ตารางที่ จ.43 คำนวณความเสี่ยงของวัตถุ.....202
ตารางที่ จ.44 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดง
ซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....202
ตารางที่ จ.45 ค่าความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดง
ซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....202
ตารางที่ จ.46 ค่าของเมทริกซ์ P ของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์
ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....203
ตารางที่ จ.47 ค่าของเมทริกซ์ Q ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้า
กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....204
ตารางที่ จ.48 ค่าของเมทริกซ์ C ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้า
กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....205
ตารางที่ จ.49 ค่าของเมทริกซ์ A ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้า
กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....205
ตารางที่ จ.50 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุน
สำหรับร้านสะดวกซื้อ.....206
ตารางที่ จ.51 ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ 206

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบแผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม 13
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบแผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม 14
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบแผนภาพลำดับของการตรวจสอบรหัส 15
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController 16
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบแผนภาพสเตทแมชชีนย่อยภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input 17
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 22
รูปที่ 3.2 ลำดับการเรียกใช้งานระหว่างคลาส ATMController และคลาสอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในยูสเคสการตรวจสอบรหัส 24
รูปที่ 3.3 แผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController 25
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของแนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 26
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน 27
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนของกระบวนการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม 30
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม 36
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ 38
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ 41
รูปที่ 4.1 กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ 47
รูปที่ 4.2 ภาพรวมกระบวนการทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุของเครื่องมือที่ออกแบบ 50
รูปที่ 4.3 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน 51
รูปที่ 4.4 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน 56
รูปที่ 4.5 โครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องมือ 58
รูปที่ 4.6 หน้าจอหลักของเครื่องมือ 59

หน้า

รูปที่ 4.7 ส่วนเปิดแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 60
รูปที่ 4.8 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ 60
รูปที่ 4.9 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 61
รูปที่ 4.10 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ 61
รูปที่ 4.11 ส่วนแสดงผลลัพธ์ของความเสี่ยง 62
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น 64
รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็มที่ได้จากเครื่องมือ 67
รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อที่ได้จากเครื่องมือ 70
รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง 72
รูปที่ 6.2 ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีการเปลี่ยนสถานะในเส้นทางไม่เกิน 3 ครั้ง 89
รูปที่ ค.1 แผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็มนำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 117
รูปที่ ค.2 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพยูสเคส 117
รูปที่ ค.3 แผนภาพคลาสแสดงโครงสร้างข้อมูลของยูสเคสการตรวจสอบรหัสที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 118
รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส 119
รูปที่ ค.5 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการทำงานในกรณีปกติของการตรวจสอบรหัสที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 123
รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ 124
รูปที่ ค.7 แผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 134
รูปที่ ค.8 แผนภาพสเตทแมชชีนของสถานะประกอบ Processing PIN input ที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 134
รูปที่ ค.9 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีน 135
รูปที่ ค.10 โครงสร้างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของระบบ 139
รูปที่ ค.11 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูสเคส 140
รูปที่ ค.12 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพคลาส 141
รูปที่ ค.13 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพลำดับ 142
รูปที่ ค.14 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพสเตทแมชชีน 143
รูปที่ ง.1 หน้าจอแรกของเครื่องมือ 146

หน้า

รูปที่ ง.2 หน้าจอแสดงการเลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ....146
รูปที่ ง.3 หน้าจอแสดงการนำเข้าข้อมูลสำเร็จเรียบร้อย....147
รูปที่ ง.4 หน้าจอแสดงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่ได้นำเข้า....147
รูปที่ ง.5 หน้าจออธิบายการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุ....148
รูปที่ ง.6 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ....148
รูปที่ ง.7 หน้าจอแสดงการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ....149
รูปที่ ง.8 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ....149
รูปที่ ง.9 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์....150
รูปที่ ง.10 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ....150
รูปที่ ง.11 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอในฟังก์ชันงาน....151
รูปที่ ง.12 หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของแต่ละเมทริกซ์ในแต่ละซีนนาริโอ....151
รูปที่ จ.1 แผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม....154
รูปที่ จ.2 แผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม....159
รูปที่ จ.3 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง....159
รูปที่ จ.4 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มไม่ถูกต้อง....160
รูปที่ จ.5 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการสอบถามยอดเงินคงเหลือ....160
รูปที่ จ.6 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอปกติกรณีลูกค้าถอนเงิน....161
รูปที่ จ.7 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการถอนเงิน กรณีลูกค้าต้องการถอนเงินมากกว่าจำนวนเงินในบัญชี....162
รูปที่ จ.8 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController....162
รูปที่ จ.9 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส TransactionController....163
รูปที่ จ.10 แผนภาพสเตทแมชชีนย่อยแสดงการเปลี่ยนสถานะภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input....163
รูปที่ จ.11 แผนภาพยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....165
รูปที่ จ.12 แผนภาพคลาสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ....169
รูปที่ จ.13 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้า กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า....170
รูปที่ จ.14 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้า กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ใน

หน้า

บัญชีรายการสินค้า 170
รูปที่ จ.15 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการชำระเงิน 171
รูปที่ จ.16 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการส่งรายงานการขายสินค้าประจำวัน 172
รูปที่ จ.17 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการเรียกดูรายงาน 172
รูปที่ จ.18 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController 173
รูปที่ จ.19 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส PaymentController 173
รูปที่ จ.20 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ReportController 173
รูปที่ ฉ.1 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณี ลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง 180
รูปที่ ฉ.2 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง 180
รูปที่ ฉ.3 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณี ลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง 181
รูปที่ ฉ.4 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง 181
รูปที่ ฉ.5 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณี ลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง 181
รูปที่ ฉ.6 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง 181
รูปที่ ฉ.7 แบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของขีนนาริโอการตรวจสอบ รหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง 186
รูปที่ ฉ.8 แบบจำลองความเสี่ยงของขีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้า ใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง 187
รูปที่ ฉ.9 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีตรวจสอบสินค้าที่มีอยู่ในบัญชีรายการร้านและสินค้าครบตามความต้องการ ลูกค้า 199
รูปที่ ฉ.10 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการร้าน 200
รูปที่ ฉ.11 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีตรวจสอบสินค้าและจำนวนสินค้ายังไม่ครบตามความต้องการลูกค้า 200

หน้า

รูปที่ จ.12 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าที่ลูกค้าซื้อเพื่อคำนวณราคารวมและออกใบเสร็จ 200
รูปที่ จ.13 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าจากรายการของสินค้าที่เก็บไว้ในร้าน 200
รูปที่ จ.14 แบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการซื้อสินค้า กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า.....203
รูปที่ จ.15 แบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ใน บัญชีรายการสินค้า 204

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ขององค์กรต้องการซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพ และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ขององค์กรภายใต้เงื่อนไขด้านต้นทุน กำหนดเวลา และทรัพยากร นั่นหมายถึงการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นต้องมีกระบวนการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพด้วย เพื่อจัดการและป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในภายหลัง อันจะเป็นการทำให้องค์กรต้องสูญเสียค่าใช้จ่าย เวลา และทรัพยากรในการแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าว เช่น เมื่อระบบที่พัฒนาไม่สามารถทำงานได้ หรือทำงานผิดพลาดผู้พัฒนาระบบอาจต้องสูญเสียงบประมาณในการแก้ไขปรับปรุงให้ระบบสามารถทำงานได้ และยังจะสูญเสียเวลาตลอดจนทรัพยากรต่างๆ ที่ต้องใช้ในการแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังส่งผลให้การส่งมอบซอฟต์แวร์ล่าช้าด้วย ดังนั้นการพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบันจึงมีการนำเทคนิคหรือกระบวนการต่างๆ เข้ามาใช้ควบคู่กับการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อที่จะปรับปรุงกระบวนการพัฒนาและให้ได้รับซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพ กระบวนการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ คือ การบริหารความเสี่ยง (Risk Management) ซึ่งกระบวนการบริหารความเสี่ยงนี้จะถูกใช้ในการประเมินและควบคุมความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ทำให้องค์กรที่พัฒนาซอฟต์แวร์สามารถทราบได้ว่า ขั้นตอนการพัฒนามีจุดบกพร่องหรือมีสิ่งที่อาจจะก่อให้เกิดความเสี่ยงที่ใดบ้าง เพื่อที่จะควบคุมความเสี่ยงดังกล่าวไม่ให้เกิดขึ้นในภายหลัง

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการบริหารความเสี่ยง ซึ่งช่วยในการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น หากการประเมินความเสี่ยงของการพัฒนาซอฟต์แวร์เกิดขึ้นในช่วงวิเคราะห์และออกแบบระบบ จะทำให้ผู้พัฒนาระบบรู้ได้ว่าส่วนใดของระบบมีโอกาสเกิดความผิดพลาดขึ้น และความผิดพลาดนั้นมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด เพื่อจะช่วยในการตัดสินใจและจัดการกับความเสี่ยงดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ช่วงต้นๆ ของการพัฒนาระบบ ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องสูญเสียเวลา และค่าใช้จ่ายเมื่อเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น

ในปัจจุบันได้มีการนำเสนอแนวคิดต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น งานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova et.al [8] ได้นำเสนอ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล (Architectural-Level Risk Analysis Using UML) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความเสี่ยงในเฟสการวิเคราะห์และออกแบบระบบของวัฏจักรชีวิตซอฟต์แวร์ โดยการใช้แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) และแผนภาพสเตทแมชชีน (State Machine Diagram) ในการระบุปัจจัยความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากคอมโพเนนต์ (Component) ซึ่งคอมโพเนนต์ในที่นี้ หมายถึง วัตถุ (Object) และระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการส่งข้อความ (Message) กันระหว่างวัตถุ ในขณะที่งานวิจัยของ Steven J. Bleistein et.al [12] ได้นำเสนอกรอบงาน (Framework) ในการวิเคราะห์ความต้องการขององค์กรซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ยุทธศาสตร์ (Strategic) บริบท (Context) และกระบวนการ (Process) จากนั้นนำแบบจำลอง (Model) และแผนภาพต่างๆ มาใช้ในการอธิบายส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน เพื่อเป็นขั้นตอนให้สามารถนำไปปฏิบัติ และบรรลุเป้าหมายขององค์กรได้ ส่วนงานวิจัยของ Jeff Offutt et.al [5] และงานวิจัยของ Karunee Bowornprasirtkul [7] ได้นำเสนอการสร้างข้อมูลการทดสอบจากข้อกำหนดตามพื้นฐานสถานะ (Generating Test Data from State-based Specifications) ซึ่งเป็นแนวทางที่สนใจเกี่ยวกับรายละเอียดพฤติกรรมของวัตถุที่เสนอในรูปแบบของแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งช่วยในการสร้างกรณีทดสอบ (Test Case) จากแผนภาพสเตทแมชชีนโดยพิจารณาจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะ

จากการศึกษาพบว่า วิธีในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของ [8] นั้นสนใจที่ความซับซ้อนของวัตถุโดยพิจารณาจากจำนวน สถานะ (State) และแทรนซิชัน (Transition) ของแผนภาพสเตทแมชชีนซึ่งแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะภายในวัตถุ แต่ในความเป็นจริงนั้นพฤติกรรมของวัตถุเกิดจากองค์ประกอบต่างๆ ภายในสเตทแมชชีน กล่าวคือ เส้นทาง (Path) การเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะจะต้องพิจารณาจากเงื่อนไขต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งถ้าการเปลี่ยนสถานะของเส้นทางนั้นมีความซับซ้อนมากอาจแสดงได้ว่าพฤติกรรมของวัตถุนั้นมีความซับซ้อนมากหรือมีโอกาสในการเกิดความเสี่ยงมากเช่นกัน จากแนวคิดในการนำเสนอกรอบงานการวิเคราะห์ความต้องการของงานวิจัย [12] ทำให้เห็นถึงการนำกรอบงานมาใช้งานกับองค์กรโดยมีการนำแบบจำลองหรือแผนภาพต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบมาทำงานร่วมกัน ทำให้องค์กรสามารถนำกรอบงานไปใช้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรได้ ส่วนแนวคิดการสร้างกรณีทดสอบของงานวิจัย [5] และ [7] นั้นแสดงให้เห็นถึงการพิจารณาแผนภาพสเตทแมชชีน โดยการพิจารณาที่การเปลี่ยนสถานะซึ่งมีความสำคัญต่อพฤติกรรมการทำงานของวัตถุ

ดังนั้นงานวิทยานิพนธ์นี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษากรอบงาน สำหรับการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการ

ตัดสินใจและจัดการกับความเสี่ยง โดยเริ่มจากการนำความต้องการมาออกแบบเป็นแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงฟังก์ชันทำให้เห็นถึงฟังก์ชันงานของระบบ จากนั้นจึงนำฟังก์ชันงานนั้นไปออกแบบเป็นแผนภาพคลาส (Class Diagram) แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งงานวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ความเสี่ยงจากปัจจัยความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการสื่อสารระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ และเน้นการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะของสเตทแมชชีนภายในวัตถุ โดยการพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งสังเกตได้จากเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะบนแทรนซิชันตามแนวคิด [5] ที่อาศัยหลักการที่ครอบคลุมประพจน์ (Full-predicate Coverage Level) ในการหาค่าความจริง (Truth Value) ของตรรกะของประพจน์ (Predicate Logic) จากนั้นจะสามารถคำนวณหาความน่าจะเป็นจากค่าความจริงที่ทำให้เส้นทางการทำงานในสเตทแมชชีนไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็น ซึ่งการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุในลักษณะนี้จะทำให้สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้จะถูกนำไปพิจารณาในระดับของซีนนาริโอ (Scenario) และในระดับฟังก์ชันงานของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน ทำให้รู้ได้ว่าแต่ละฟังก์ชันงานของระบบมีความเสี่ยงมากน้อยเท่าใด และความเสี่ยงของฟังก์ชันงานนั้นเกิดขึ้นที่วัตถุใด เพื่อที่จะสามารถจัดการกับความเสี่ยงดังกล่าวได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อนำเสนอกรอบงานสำหรับการประเมินความเสี่ยงช่วงการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุ และพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างวัตถุ

2) พัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ และจัดการกับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระดับวัตถุ ตามที่เสนอในข้อ 1)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) แผนภาพยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language: UML) ที่นำมาพิจารณาจะประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งการออกแบบแผนภาพนี้จะต้องถูกต้องตามกฎของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0

2) จะพิจารณาคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ (State-dependent) เป็นคลาสที่มีพฤติกรรมที่หลากหลายในแต่ละสถานะที่เกิดขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่รับเข้ามาแล้วทำให้แทรนซิชันของสถานะเกิดการเปลี่ยนแปลง

3) แผนภาพคลาสและแผนภาพสเตทแมชชีนที่นำมาพิจารณา จะประกอบไปด้วยสถานะ ในแผนภาพสเตทแมชชีนที่เป็นแบบสถานะธรรมดา และแบบสถานะประกอบ (Composite State) ซึ่งสถานะประกอบ คือ สถานะที่ประกอบด้วยสถานะย่อยภายในหลายๆ สถานะรวมอยู่ โดยมีการทำงานเหมือนสถานะธรรมดา สำหรับงานวิทยานิพนธ์นี้จะไม่พิจารณาสถานะที่มีการทำงานพร้อมกัน (Concurrent State)

4) แผนภาพสเตทแมชชีนที่นำมาพิจารณาจะต้องเป็นแผนภาพที่ประกอบด้วยเหตุการณ์แบบเช้จอีเวนท์ (Change Event) ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ โดยมีค่าของประพจน์เป็นจริงหรือเท็จเท่านั้น นอกจากนี้ยังพิจารณาเหตุการณ์แบบเงื่อนไขการ์ด (Guard Condition) ที่ประกอบด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะ 3 แบบ คือ แอนด์ (AND) ออร์ (OR) และ นอต (NOT) เท่านั้น และพิจารณาแทรนซิชันที่เป็นแบบเอนนาเบิลแทรนซิชัน (Enable Transition) ซึ่งเป็นแทรนซิชันที่มีเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่ง และแทรนซิชันกับตัวเอง (Self Transition) เป็นแทรนซิชันที่เมื่อมีเหตุการณ์ใดๆ เข้ามากระตุ้นแล้วเกิดการกระทำขึ้นภายนอกสถานะ เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานจะเข้าสู่สถานะเดิม

5) แผนภาพสเตทแมชชีนที่นำมาพิจารณาจะต้องมีเส้นทางของการทำงานเพียงหนึ่งแบบจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด หากแผนภาพสเตทแมชชีนใดมีเส้นทางของการทำงานหลายเส้นทาง จะต้องออกแบบแผนภาพสเตทแมชชีนของแต่ละเส้นทางของการทำงานจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด เพื่อใช้สำหรับการพิจารณาแยกกัน

6) สำหรับการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน จะใช้พื้นฐานของจำนวนค่าความจริงของประพจน์ ซึ่งพิจารณาจากประพจน์ในเงื่อนไขการ์ดของสเตทแมชชีน โดยใช้หลักการแบบครอบคลุมประพจน์

7) พัฒนาเครื่องมือสำหรับคำนวณ และวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

8) ใช้กรณีตัวอย่างระบบการทำงาน อย่างน้อย 2 ระบบ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีความเสี่ยง และปัจจัยความเสี่ยง

2) ศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของแผนภาพยูเอ็มแอลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน

3) วิเคราะห์แต่ละฟังก์ชันงานในแผนภาพยูสเคสและออกแบบแผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ตามฟังก์ชันการทำงานดังกล่าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ทำการระบุ และวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นโดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังรายการต่อไปนี้

(1) พิจารณาการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุ ในแผนภาพลำดับ ซึ่งแสดงพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ของวัตถุ

(2) พิจารณาผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ของเส้นทาง โดยดูจากเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะบนแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของวัตถุ

5) สร้างกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันจากพฤติกรรมของวัตถุ

6) ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรม

7) สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8) จัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้กรอบงานสำหรับการประเมินความเสี่ยงในช่วงของการวิเคราะห์และออกแบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจและจัดการกับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุน เวลา และเพิ่มคุณภาพของกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์

2) ได้สูตรสำหรับการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ ที่พิจารณาความเสี่ยงจากเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ

3) ได้เครื่องมือเพื่อช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในช่วงการวิเคราะห์และออกแบบ ซึ่งเป็นช่วงการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และช่วยลดขั้นตอนการทำงานด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัย โดยทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่ผู้วิจัยศึกษา มีดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในเบื้องต้นของการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาแล้วพบว่ามีความจำเป็นต้องเรียนรู้แนวคิด และทฤษฎีต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 การบริหารความเสี่ยง (Risk Management)

ความเสี่ยง [2, 10] หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความสูญเสีย ความเสียหาย หรือการบาดเจ็บ ทำให้ไม่สามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ขององค์กรได้ ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของการบริหารความเสี่ยง บางครั้งความเสี่ยงอาจถูกเรียกว่า ผลกระทบความเสี่ยง (Risk Impact) หรือปัจจัยความเสี่ยง (Risk Factor) ซึ่งถูกนิยามเป็น

$$RF = P(UO) \cdot L(UO)$$

โดย RF คือ ปัจจัยความเสี่ยง

$P(UO)$ คือ ความน่าจะเป็น (Probability) ของการเกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนา (Unsatisfactory Outcome: UO)

$L(UO)$ คือ ความเสียหาย (Loss) ที่จะได้รับเมื่อเกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาดังกล่าวเกิดขึ้น

จากนิยามของความเสี่ยงนั้น เป็นหลักการซึ่งเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไม่พึงปรารถนาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น ระบบหรือโปรแกรมทำงานผิดพลาดไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ทำให้องค์กรได้รับความเสียหาย ซึ่งความเสี่ยงจำเป็นจะต้องพิจารณาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น และการประมาณความเสียหาย หรือผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมาถ้าเหตุการณ์ดังกล่าวนั้นเกิดขึ้น ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้จะช่วยในการตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากร หรือการแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ก่อนเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาจะเกิดขึ้นจริง ดังนั้นจากนิยามจะสังเกตได้ว่า เหตุการณ์ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นต่ำแต่มีผลกระทบมาก ก็อาจจะถูกสนใจ

ในการแก้ไขมากกว่า เหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นสูงแต่ไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบน้อยมาก จนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

สำหรับโครงการที่มีผู้เกี่ยวข้องหลากหลาย เช่น ลูกค้า ผู้พัฒนา ผู้ใช้ ผู้บำรุงรักษา เป็นต้น จะมีการพิจารณาผลลัพธ์ของเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาที่ต่างกันออกไปตามมุมมอง และเป้าหมายของผู้เกี่ยวข้องแต่ละบุคคล

ดังนั้น การบริหารความเสี่ยง หมายถึง การกระทำหรือการปฏิบัติ เพื่อที่จะจัดการกับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นขั้นตอนหลักที่เกี่ยวข้องกับรายการ ต่อไปนี้

(1) การระบุความเสี่ยง (Risk Identification) เป็นการระบุความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงการ ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการระบุความเสี่ยงนั้นจะรวมถึง การทำบัญชีสำรวจ (Checklist) การเปรียบเทียบกับประสบการณ์ และการแยกออกเป็นส่วนย่อย (Decomposition)

(2) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) เป็นการประเมินความน่าจะเป็นของการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น และความรุนแรงของแต่ละความเสี่ยงที่ได้ระบุไว้ ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะรวมถึง แบบจำลองการปฏิบัติงาน (Performance Model) แบบจำลองต้นทุน (Cost Model) การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์การตัดสินใจทางสถิติ (Statistical Decision Analysis) และการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงคุณภาพ (Quality-factor Analysis) เช่น ความน่าเชื่อถือ สภาพพร้อมใช้งาน และความมั่นคง เป็นต้น

(3) การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Prioritization) เป็นการจัดลำดับของความสำคัญของความเสี่ยงที่ได้มีการถูกระบุและวิเคราะห์ไว้แล้ว ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจะรวมถึง การวิเคราะห์ส่วนที่มีความเสี่ยง และการวิเคราะห์ผลกระทบของการลดความเสี่ยง

2) การควบคุมความเสี่ยง (Risk Control) เป็นขั้นตอนหลักที่เกี่ยวข้องกับรายการต่อไปนี้

(1) การวางแผนการบริหารความเสี่ยง (Risk Management Planning) เป็นกระบวนการของการพัฒนาและการทำเอกสารต่างๆ ช่วยจัดเตรียมในการระบุรายการความเสี่ยง ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการบริหารความเสี่ยงจะรวมถึง การทำบัญชีสำรวจของเทคนิคการแยกความเสี่ยง การวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุน และมาตรฐานเค้าโครงและรูปแบบการวางแผนการบริหารความเสี่ยง

(2) การแยกความเสี่ยง (Risk Resolution) เป็นการสร้างสถานการณ์ซึ่งรายการความเสี่ยงถูกกำจัด หรือถูกแก้ไข ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการแยกความเสี่ยงจะรวมถึง

การทำต้นแบบ (Prototype) การจำลอง (Simulation) การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark) การวิเคราะห์ภาระหน้าที่ (Mission Analysis) และข้อตกลงของบุคคลหลักที่เกี่ยวข้อง

(3) การตรวจสอบความเสี่ยง (Risk Monitoring) เป็นกระบวนการติดตามความก้าวหน้าในการแก้ไข และประเมินการกระทำการแก้ไขความเสี่ยงอย่างเหมาะสมของโครงการ ซึ่งเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความเสี่ยงจะรวมถึง ช่วงเวลาในการติดตามความก้าวหน้า และรายการความเสี่ยงที่ถูกทำในแต่ละสัปดาห์ แต่ละเดือน หรือช่วงเวลาในการทบทวนโครงการ และติดตามการประเมินความเสี่ยงและแก้ไขความเสี่ยงอย่างเหมาะสม

2.1.2 กรอบงาน (Framework)

กรอบงาน ตามพจนานุกรมออนไลน์ [19] ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า เป็นโครงสร้างที่ถูกออกแบบเพื่อสนับสนุนบางสิ่งโดยโครงสร้างจะเป็นพื้นฐานสำหรับสิ่งที่ต้องการสร้าง หรือเป็นกรอบหรือโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนที่ถูกกำหนดและถูกทำงานร่วมกัน หรือเป็นการทำงานในกรอบ

สำหรับทางด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ [15] กรอบงาน หมายถึง การออกแบบเชิงแนวคิดของกลุ่มโปรแกรมประยุกต์ที่สัมพันธ์กันในโดเมนหนึ่ง ซึ่งแนวความคิดนี้สามารถนำมาสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์เชิงรูปธรรมได้ ด้วยกรอบงานนี้ผู้พัฒนาไม่ต้องเริ่มร่างการเขียนโปรแกรมประยุกต์ที่มีลักษณะเฉพาะตั้งแต่ต้นทุกครั้ง แต่กรอบงานจะช่วยผู้พัฒนาในการจัดเตรียมวิธีการแก้ปัญหาสำหรับโดเมนปัญหาและวิธีการปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น คำว่า กรอบงาน ถูกใช้อย่างมากในวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะกับการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ ซึ่งกรอบงานเชิงวัตถุแรกสุดที่ถูกพิจารณา คือ เอ็มวีซี (Model View Controller: MVC) โดยนิยามของกรอบงานเชิงวัตถุ คือ กรอบงานเป็นเซตของคลาสซึ่งรวบรวมการออกแบบเชิงนามธรรมสำหรับวิธีการแก้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกัน

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ [21] กรอบงาน คือ โครงสร้างสนับสนุนที่ถูกกำหนดไว้สำหรับโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งสามารถถูกนำไปใช้และพัฒนาได้ กรอบงานอาจจะรวมถึงโปรแกรมสนับสนุน ไลบรารีรหัสคำสั่ง (Code Library) ภาษาบทคำสั่ง (Scripting Language) หรือซอฟต์แวร์อื่นๆ ที่ช่วยพัฒนาและเชื่อมต่อกันของคอมโพเนนต์ต่างๆ ในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์

จากนิยามต่างๆ ของกรอบงานที่ได้กล่าวมา กรอบงานมีนิยามที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการนำกรอบงานไปใช้ทางด้านใด หรือโดเมนใด สำหรับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กรอบงานจะหมายถึง กรอบหรือโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ที่ถูกกำหนดให้มีการทำงาน

ร่วมกัน โดยแต่ละส่วนประกอบจะมีขั้นตอนหรือกระบวนการในการทำงานเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของงาน

คุณสมบัติของกรอบงานที่มีการออกแบบที่ดี [15]

1) กรอบงานเป็นพฤติกรรมของส่วนประกอบต่างๆ ที่จัดเตรียมการนำกลับมาใช้ใหม่ ในส่วนของการวิเคราะห์ การออกแบบ และชุดคำสั่ง ซึ่งกรอบงานต้องมีความสมบูรณ์ (Complete) สามารถยืดหยุ่นได้ (Flexible) สามารถขยายได้ (Extensible) และสามารถเข้าใจได้ง่าย (Understandable)

2) กรอบงานที่ออกแบบดีหรือมีโครงสร้างที่ดี เมื่อมีส่วนที่ถูกสร้างขึ้นใหม่และต้องการจะเพิ่มเข้าไป ส่วนที่เพิ่มเข้าไปจะสามารถประกอบกันโดยมีผลกระทบกับส่วนประกอบของกรอบงานเดิมน้อยที่สุด

3) กรอบงานจะกำหนดเป็นแบบจำลองที่ผู้พัฒนาต้องนำไปใช้อย่างเหมาะสม เพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพของการพัฒนา

4) กรอบงานในการสร้างโปรแกรมประยุกต์จากคอมโพเนนต์ที่มีอยู่ ต้องใช้จำนวนของคอมโพเนนต์ให้น้อย และเขียนคำสั่งให้น้อยเท่าที่เป็นไปได้

5) กรอบงานมักจะมีบทบาทในการพิจารณาโครงสร้างโดยรวม และการไหลของการควบคุมในโปรแกรม

6) กรอบงานที่ดี จะอธิบายชนิดของส่วนประกอบที่สำคัญ และจัดเตรียมคำศัพท์สำหรับการพูดคุยเกี่ยวกับปัญหา เพื่อที่จะอธิบายระบบที่ต้องการสร้างไปในทิศทางเดียวกัน

การจำแนกประเภทของกรอบงาน

แนวทางในการจำแนกกรอบงานมีหลายลักษณะ ในที่นี้จะกล่าวถึงการจำแนกประเภทของกรอบงานเป็น 3 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) การจำแนกกรอบงานตามขอบเขตและหน้าที่ [14] มีการแบ่งประเภท ดังนี้

(1) กรอบงานโปรแกรมประยุกต์ (Application Framework) สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ หรือส่วนของโปรแกรมประยุกต์

(2) กรอบงานโดเมน (Domain Framework) สนับสนุนการพัฒนาสำหรับโปรแกรมโดเมนหนึ่งๆ

(3) กรอบงานสนับสนุน (Support Framework) ให้บริการในระดับระบบเหมือนการเข้าถึงแฟ้มข้อมูล หรือสนับสนุนการคำนวณแบบกระจาย

2) การจำแนกกรอบงานตามชนิดของการขับเคลื่อน มีการแบ่งประเภท ดังนี้

(1) กรอบงานที่ถูกขับโดยสถาปัตยกรรม (Architecture-driven Framework) อาศัยการสืบทอดเพื่อนำมาปรับแต่ง ซึ่งผู้ที่นำมาใช้ต้องเขียนคำสั่งเพื่อให้สามารถใช้งานได้จำนวนมาก

(2) กรอบงานที่ถูกขับโดยข้อมูล (Data-driven Framework) อาศัยส่วนประกอบของวัตถุ ไม่ต้องเขียนคำสั่งเพื่อให้สามารถใช้งานจำนวนมาก แต่จะทำให้ผลลัพธ์มีข้อจำกัด

3) การจำแนกกรอบงานในลักษณะของกรอบงานซอฟต์แวร์ [11] ซึ่งเป็นที่ถูกยอมรับมากที่สุด มีการแบ่งประเภท ดังนี้

(1) กรอบงานแบบไวท์บอกซ์ (White-box Framework) กรอบงานถูกใช้ในลักษณะการสืบทอด ต้องเข้าใจการสร้างกรอบงานเพื่อที่จะสามารถใช้กรอบงานได้

(2) กรอบงานแบบแบล็กบอกซ์ (Black-box Framework) ส่วนประกอบต่างๆ ของกรอบงานต้องถูกทำงานร่วมกันเพื่อที่จะสร้างโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งผู้ใช้เพียงแค่เข้าใจส่วนต่อประสาน (Interface) หรือโพรโทคอล (Protocol) ของส่วนประกอบก็จะสามารถใช้งานได้

กระบวนการพัฒนากรอบงาน

การพัฒนากรอบงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุสาระสำคัญและวิธีการแก้ปัญหาจากล่างขึ้นบน (Bottom-up) โดยเริ่มจากการตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่ และความสามารถในการทำให้เป็นลักษณะทั่วๆ ไปของการแก้ปัญหา ในการใช้กระบวนการพัฒนากรอบงานมักจะเริ่มพัฒนากรอบงานแบบไวท์บอกซ์ก่อนแล้วค่อยพัฒนาไปเป็นกรอบงานแบบแบล็กบอกซ์ ขั้นตอนในการพัฒนากรอบงานแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) วิเคราะห์ขอบเขตของปัญหา เรียนรู้แนวคิด และเก็บรวบรวมตัวอย่างของโปรแกรมที่ต้องการสร้าง

2) ออกแบบแนวคิดที่สามารถเจาะจงให้ครอบคลุมทุกตัวอย่าง และทฤษฎีในการอธิบายโปรแกรมประยุกต์นั้น

3) ทดสอบกรอบงาน โดยใช้กรอบในการแก้ปัญหาตัวอย่าง

กรอบงานถูกออกแบบเพื่อมุ่งหมายให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ง่ายขึ้น โดยอนุญาตให้ผู้ออกแบบและผู้พัฒนาโปรแกรมใช้เวลาพิจารณาความต้องการของซอฟต์แวร์มากกว่าที่จะเสียเวลาสำหรับการพิจารณารายละเอียดระดับล่างของการจัดเตรียมระบบที่กำลังทำงาน นอกจากนี้กรอบงานยังสามารถถูกพิจารณาเป็นกระบวนการและเทคโนโลยีที่ถูกใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 **ภาวะขัดข้องและการวิเคราะห์ผลกระทบ** (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

ภาวะขัดข้องและการวิเคราะห์ผลกระทบ หรือเอฟเอ็มอีเอ [4] คือ กระบวนงานที่ภาวะขัดข้อง (Failure) ในระบบถูกวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลลัพธ์ หรือผลกระทบของภาวะขัดข้องนั้นในระบบ และแบ่งภาวะขัดข้องตามระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้น ภาวะขัดข้องและการวิเคราะห์ผลกระทบเป็นมาตรฐานทางการทหารที่ถูกปรับปรุงสำหรับใช้ในทุกส่วนหรือแผนกของกระทรวงกลาโหม แต่ภายหลังหลายองค์กรมีการนำมาปรับใช้กับภายในองค์กรต่างๆ อย่างแพร่หลาย

กระบวนการเอฟเอ็มอีเอ (FMEA Process) ควรจะเริ่มต้นเช่นเดียวกับกระบวนการออกแบบระบบเบื้องต้น และควรจะถูกทำซ้ำเมื่อการออกแบบถูกเปลี่ยนแปลง ปัจจุบันการวิเคราะห์เอฟเอ็มอีเอควรจะพิจารณาที่การออกแบบตั้งแต่ขั้นต้นจนถึงสิ้นสุดการออกแบบ การวิเคราะห์ควรจะถูกใช้เพื่อประเมินรายการความเสี่ยงและกิจกรรม ทุกกิจกรรมที่ถูกประเมินผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เอฟเอ็มอีเอควรจะถูกประเมินและกำหนดอย่างเหมาะสม รวมถึงการทำเอกสารอย่างสมเหตุสมผล ขั้นตอนในการกระทำเอฟเอ็มอีเอ มีดังต่อไปนี้

1) กำหนดระบบที่จะวิเคราะห์ การกำหนดระบบที่สมบูรณ์รวมถึงการระบุฟังก์ชันภายในและการเชื่อมต่อ การกำหนดความขัดข้อง การบรรยายเชิงฟังก์ชันของระบบซึ่งควรจะรวมการอธิบายของแต่ละภาระหน้าที่ (Mission) ในพจน์ของฟังก์ชันซึ่งระบุงานที่จะทำสำหรับแต่ละภาระหน้าที่ เฟสภาระหน้าที่ และภาวะการดำเนินงาน การบรรยายควรจะอธิบายข้อมูลแสดงลักษณะเฉพาะเชิงแวดล้อม เวลาของภาระหน้าที่ที่คาดหวัง การใช้ประโยชน์ของเครื่องมือและฟังก์ชัน และข้อมูลนำออกของแต่ละรายการ

2) สร้างบล็อกของแผนภาพ โดยแผนภาพเชิงฟังก์ชันซึ่งแสดงการดำเนินการความสัมพันธ์ระหว่างกัน และการขึ้นต่อกันของเอนทิตี (Entity) เชิงฟังก์ชันที่ควรจะได้รับหรือถูกสร้างสำหรับแต่ละโครงแบบ (Configuration) รายการที่เกี่ยวกับการใช้ของระบบ ทุกระบบที่เชื่อมต่อควรจะแสดงไว้

3) ระบุทุกรายการและภาวะขัดข้องของส่วนต่อประสานที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งหมด และกำหนดผลกระทบของทุกรายการบนฟังก์ชันของระบบ และภาระหน้าที่ควรกระทำ

4) ประเมินแต่ละภาวะขัดข้องของผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นซึ่งถูกแบ่งเป็นประเภทของความรุนแรง

5) ระบุวิธีการตรวจหาความขัดข้อง และข้อกำหนดสำหรับการชดเชยของแต่ละภาวะขัดข้อง

6) ระบุการออกแบบที่ถูกต้อง หรือการกระทำอื่นๆ ที่ต้องการ เพื่อที่จะกำจัดความขัดข้อง หรือควบคุมความเสี่ยง

7) ระบุผลกระทบของการกระทำที่ถูกต้อง หรือลักษณะประจำของระบบอื่นๆ

8) จัดทำเอกสารการวิเคราะห์ และสรุปปัญหาซึ่งไม่สามารถทำให้ถูกต้องได้โดยการออกแบบ และระบุการควบคุมเฉพาะ ซึ่งจำเป็นสำหรับการลดความเสี่ยงความขัดข้อง

การจำแนกความรุนแรง (Severity Classification) เป็นการกำหนดเพื่อที่จะจัดเตรียมการวัดเชิงปริมาณของผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ผิดพลาด หรือความขัดข้องของการออกแบบ การจำแนกควรจะถูกกำหนดสำหรับแต่ละภาวะขัดข้องที่ถูกระบุ การจำแนกประเภทความรุนแรงแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) ระดับหายนะ (Catastrophic) เป็นความขัดข้องที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการตาย หรือความเสียหายต่อระบบอาวุธ เช่น อากาศยานทุกชนิด รถถัง เครื่องยิง และเรือ เป็นต้น

2) ระดับวิกฤต (Critical) เป็นความผิดพลาดซึ่งเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บที่รุนแรง ความเสียหายของทรัพย์สินที่สำคัญ หรือความเสียหายของระบบที่สำคัญ ซึ่งเป็นผลให้เสียหายต่อภารกิจ

3) ระดับค่อนข้างวิกฤต (Marginal) เป็นความผิดพลาดซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บเล็กน้อย ความเสียหายของทรัพย์สินที่ไม่สำคัญ หรือความเสียหายของระบบเพียงเล็กน้อยซึ่งส่งผลให้เกิดการล่าช้าหรือความเสียหายของภารกิจที่ถดถอยลง

4) ระดับเล็กน้อย (Minor) ความผิดพลาดที่ไม่สำคัญไม่เป็นสาเหตุของการบาดเจ็บ การเสียหายของทรัพย์สิน หรือการเสียหายของระบบ แต่จะมีผลในการบำรุงรักษาที่จะไม่เป็นตามกำหนดการ

2.1.4 ยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language: UML)

ยูเอ็มแอล [1, 3, 6, 13] คือ แบบจำลองมาตรฐานที่ใช้หลักการออกแบบเชิงวัตถุ รูปแบบของภาษายูเอ็มแอลจะมีสัญลักษณ์ที่นำไปใช้สำหรับการออกแบบ ซึ่งยูเอ็มแอลจะประกอบไปด้วยแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน (Functional Model) แบบจำลองเชิงโครงสร้าง (Structural Model) และแบบจำลองเชิงพฤติกรรม (Behavioral Model) แผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับงานวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นยูเอ็มแอล รุ่น 2.0 ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพ ดังต่อไปนี้

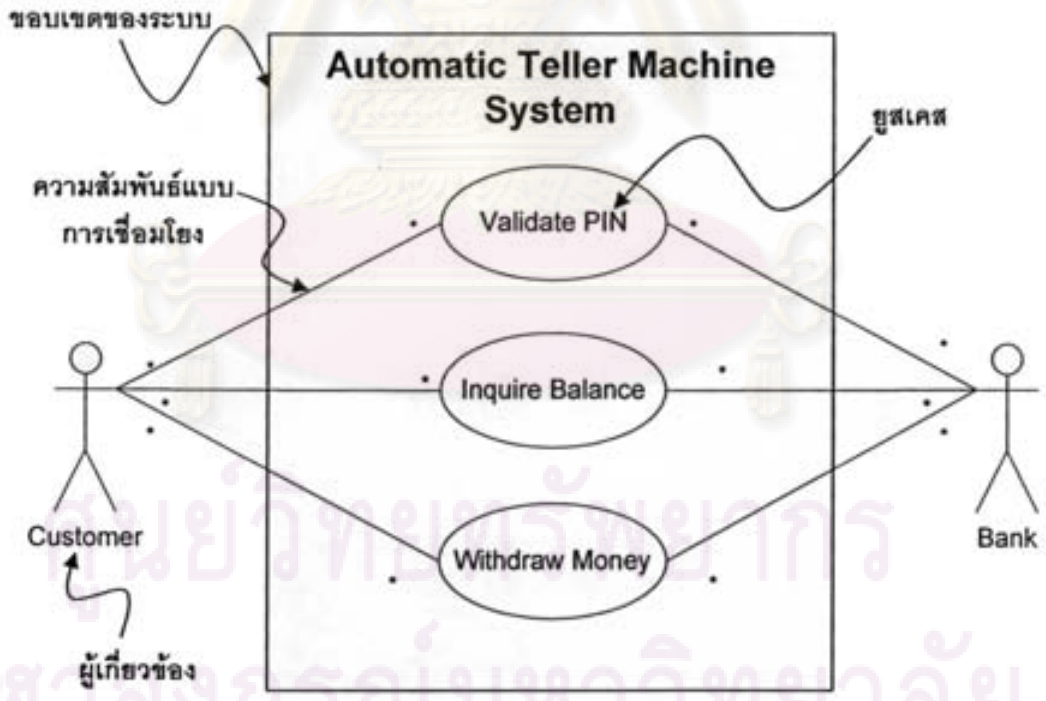
1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) เป็นแบบจำลองเชิงฟังก์ชันแสดงถึงฟังก์ชันงานหลักของระบบ และชนิดของผู้ใช้งานระบบที่ทำการปฏิสัมพันธ์กับฟังก์ชันงานของระบบ (โดยแผนภาพยูสเคสประกอบด้วยวากยสัมพันธ์ในภาคผนวก ก) ในรูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของแผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็มอย่างง่าย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ขอบเขตของระบบ (System Boundary) คือ ขอบเขตของกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่งมีชื่อของระบบนั้นกำกับอยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม

(2) ผู้เกี่ยวข้อง (Actor) คือ บุคคลหรือระบบที่ได้รับประโยชน์หรือเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันงานหลักของระบบ เช่น ระบบเอทีเอ็มจะมีลูกค้า (Customer) และธนาคาร (Bank) เป็นผู้เกี่ยวข้องกับระบบ

(3) ยูสเคส (Use Case) คือ ส่วนของฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบ โดยแสดงเป็นวงรีและกำกับชื่อฟังก์ชันงานในวงรีนั้น เช่น ระบบเอทีเอ็มจะมีฟังก์ชันงานการตรวจสอบรหัส (Validate PIN) การสอบถามยอดเงินคงเหลือ (Inquiry Balance) และการถอนเงิน (Withdraw Money) เป็นต้น

(4) ความสัมพันธ์แบบการเชื่อมโยง (Association Relationship) คือ เส้นเชื่อมที่แสดงการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เกี่ยวข้องและยูสเคส เช่น เส้นเชื่อมระหว่างลูกค้าและการตรวจสอบรหัส เป็นความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลาย ซึ่งหมายความว่าลูกค้าหนึ่งคนจะกระทำการตรวจสอบรหัสได้หลายครั้ง เช่นเดียวกันการตรวจสอบรหัสสามารถถูกกระทำได้โดยลูกค้าหลายคนที่ต่างกัน



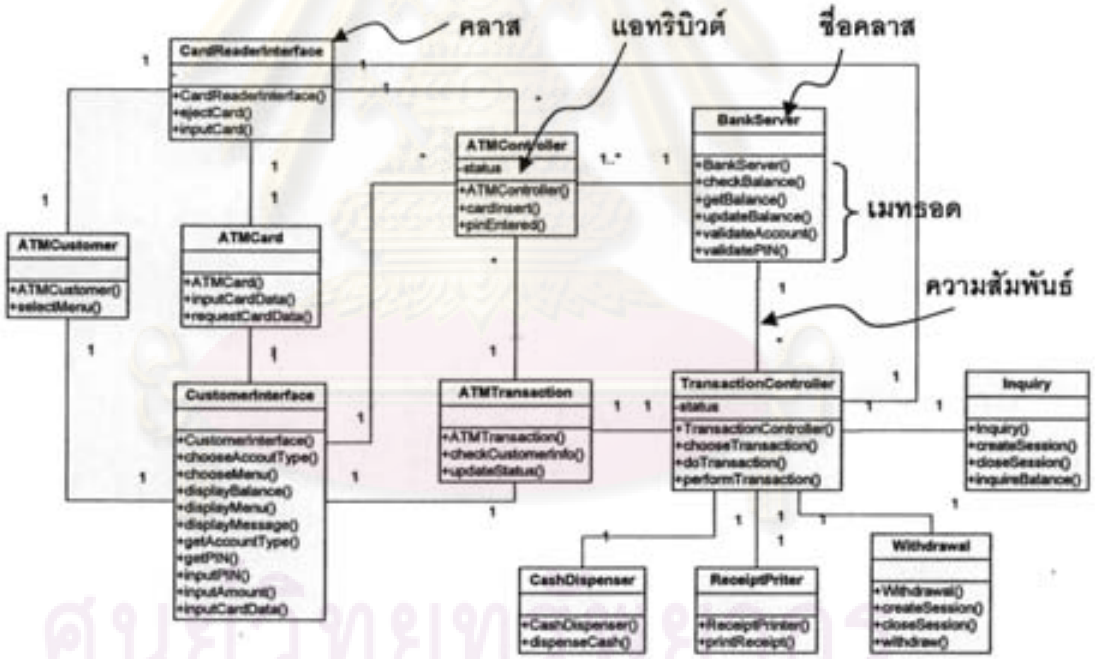
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบแผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม

2) แผนภาพคลาส (Class Diagram) เป็นแบบจำลองสถิต (Static Model) หรือแบบจำลองเชิงโครงสร้าง คลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส รวมถึงคุณสมบัติของคลาส ในรูป

ที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของแผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม (โดยวากยสัมพันธ์ของแผนภาพคลาสแสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) คลาส (Class) คือ บล็อกที่สร้างขึ้น เพื่อจัดเก็บ และจัดการข้อมูลของระบบ แต่ละคลาสจะประกอบด้วยชื่อคลาส (Class Name) แอทริบิวต์ (Attribute) และเมทธอด (Method) ซึ่งจะบอกคุณสมบัติของคลาส เช่น คลาส ATMController ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ชื่อคลาส คือ ATMController
- แอทริบิวต์ คือ status เป็นคุณสมบัติของคลาส ที่แสดงถึงส่วนของข้อมูลหลายๆ ส่วน ที่รวมกันเป็นรายละเอียดของคลาสนั้น ซึ่งส่วนของแอทริบิวต์ต่างๆ ภายในคลาสอาจจะนำไปแทนเป็นสถานะต่างๆ ภายในแผนภาพสเตทแมชชีนได้
- เมทธอด หรือโอเปอร์เรชัน (Operation) คือ cardInsert() และ pinEntered() เป็นการกระทำหรือฟังก์ชัน ที่คลาสสามารถกระทำได้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบแผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม

(2) ความสัมพันธ์ (Association) วัตถุประสงค์หลักของแผนภาพคลาส คือ การแสดงความสัมพันธ์กันกับคลาสอื่น ความสัมพันธ์จะวาดเป็นเส้นและมีชื่อกำกับไว้ที่เส้นนั้น ซึ่งเป็นบทบาทของความสัมพันธ์ นอกจากนี้ยังมีตัวเลขที่กำกับไว้บนเส้นซึ่งบอกถึงจำนวน

ความสัมพันธ์ของอินสแตนท์ (Instance) ของคลาส กับอินสแตนท์ของคลาสอื่น แสดงเป็นตัวเลขจำนวนน้อยที่สุดและมากที่สุด

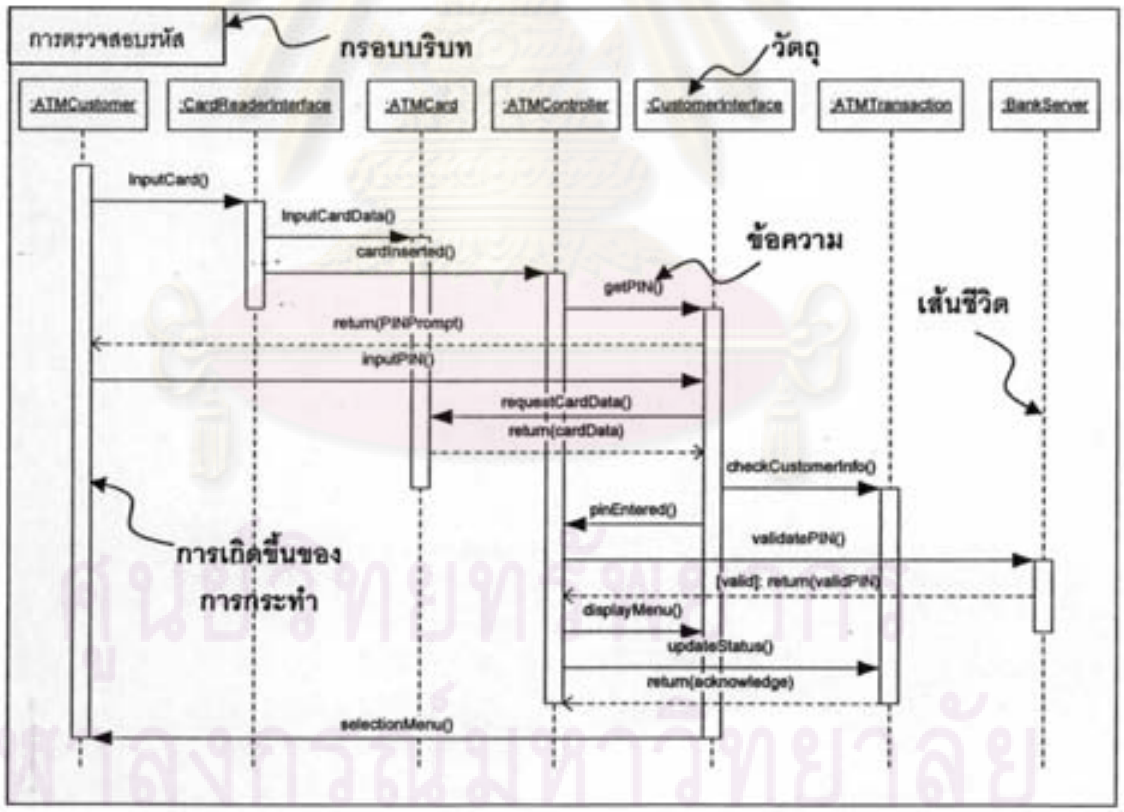
3) แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram)

แผนภาพลำดับ เป็นแบบจำลองพลวัต (Dynamic Model) หรือแบบจำลองเชิงพฤติกรรม ที่แสดงให้เห็นถึงการติดต่อกันระหว่างวัตถุหรือฟังก์ชันการทำงานในซีนนาริโอ รวมถึงการส่งผ่านข้อความระหว่างฟังก์ชันการทำงานในหนึ่งซีนนาริโอ ในรูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของแผนภาพลำดับของการตรวจสอบรหัส (โดยวากยสัมพันธ์ของแผนภาพคลาสแสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) วัตถุ คือ วัตถุที่เกี่ยวข้องกับลำดับการทำงานโดยการรับหรือส่งข้อความ

(2) เส้นชีวิต (Lifeline) คือ เส้นที่ถูกกำหนดเป็นเส้นชีวิตของวัตถุในระหว่างลำดับการทำงาน

(3) การเกิดขึ้นของการกระทำ (Execution Occurrence) คือ สี่เหลี่ยมลักษณะแคบๆ ที่วางทับอยู่บนเส้นชีวิต ถูกกำหนดเมื่อวัตถุรับหรือส่งข้อความ



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบแผนภาพลำดับของการตรวจสอบรหัส

(4) ข้อความ คือ เส้นทางในการส่งข้อมูลจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง โดยที่การเรียกดำเนินการอีกวัตถุหนึ่งจะแสดงเป็นลูกศรเส้นทึบ และมีข้อความกำกับอยู่บนลูกศร ชี้ไปยังวัตถุที่ต้องการเรียกดำเนินการ ในขณะที่การส่งกลับจะแสดงเป็นลูกศรเส้นประ และค่าที่ถูกกำกับไว้บนลูกศร

(5) กรอบบริบท (Frame) คือ บริบทของแผนภาพลำดับ

4) แผนภาพสเตทแมชชีน (State Machine Diagram)

แผนภาพสเตทแมชชีน เป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรม ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของสถานะของวัตถุในระหว่างการทำงานว่ามีเหตุการณ์ใดบ้างที่ทำให้วัตถุหนึ่งเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง ในรูปที่ 2.4 ส่วนประกอบแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController (โดยวากยสัมพันธ์ของแผนภาพสเตทแมชชีนแสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) สถานะเริ่มต้น (Initial State) คือ จุดเริ่มต้นของแผนภาพสเตทแมชชีน

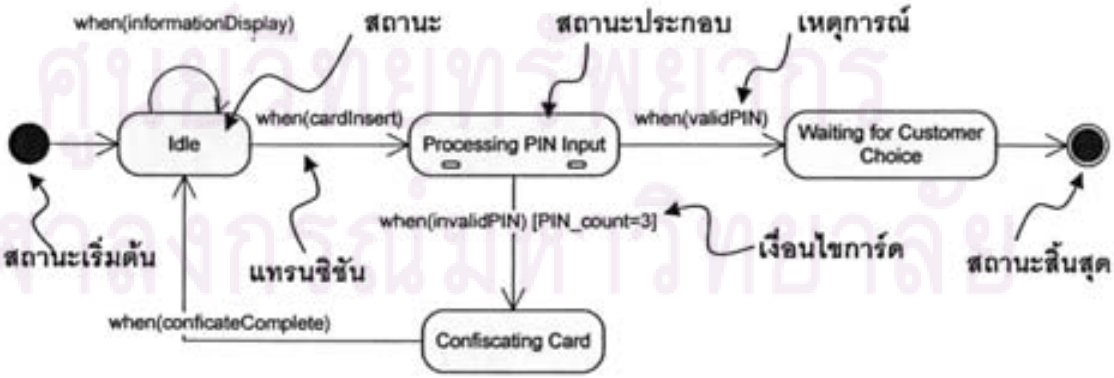
(2) สถานะ คือ สถานะของวัตถุในแผนภาพ

(3) สถานะประกอบ คือ สถานะที่ประกอบด้วยสถานะย่อยภายใน ดังรูปที่ 2.4 ในแผนภาพสเตทแมชชีนมีสถานะประกอบชื่อ Processing PIN Input ซึ่งภายในประกอบด้วยสถานะย่อยที่แสดงการเปลี่ยนสถานะภายใน ดังรูปที่ 2.5

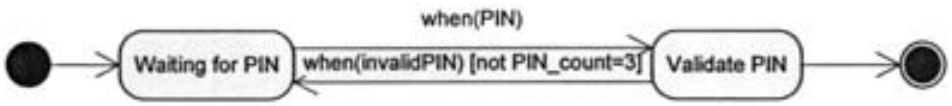
(4) สถานะสิ้นสุด (Final State) คือ จุดสิ้นสุดของแผนภาพสเตทแมชชีน

(5) เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัตถุ

(6) เงื่อนไขการ์ด คือ นิพจน์บูลีนซึ่งต้องถูกตรวจสอบให้เป็นจริงก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบแผนภาพสเตทแมชชีนย่อยภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input

(7) แทรนซิชัน คือ ลูกศรที่เป็นสัญลักษณ์แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัตถุจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

2.1.5 กฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น (Triggering Event Expansion Rule)

เหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น (Triggering Event) คือ เหตุการณ์ที่ทำให้แทรนซิชันเกิดการเปลี่ยนแปลงในแผนภาพสเตทแมชชีน โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง ในงานวิจัย [5] ได้ระบุกฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น ซึ่งพิจารณากฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น ดังนี้

$$@T(X) \equiv \neg X \wedge X' \quad \text{---(1)}$$

$$\begin{aligned} @T(X \wedge Y) &\equiv \neg(X \wedge Y) \wedge (X' \wedge Y') \\ &\equiv (\neg X \vee \neg Y) \wedge (X' \wedge Y') \end{aligned} \quad \text{---(2)}$$

$$\begin{aligned} @T(X \vee Y) &\equiv \neg(X \vee Y) \wedge (X' \vee Y') \\ &\equiv (\neg X \wedge \neg Y) \wedge (X' \wedge Y') \end{aligned} \quad \text{---(3)}$$

$$@F(X) \equiv X \wedge \neg X' \quad \text{---(4)}$$

$$\begin{aligned} @F(X \wedge Y) &\equiv (X \wedge Y) \wedge \neg(X' \wedge Y') \\ &\equiv (X \wedge Y) \wedge (\neg X' \vee \neg Y') \end{aligned} \quad \text{---(5)}$$

$$\begin{aligned} @F(X \vee Y) &\equiv (X \vee Y) \wedge \neg(X' \vee Y') \\ &\equiv (X \vee Y) \wedge (\neg X' \wedge \neg Y') \end{aligned} \quad \text{---(6)}$$

จากกฎข้างต้นนิยามแต่ละค่าได้ ดังนี้

$@T$ หรือ $@F$ แทนเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น ซึ่งหมายความว่า ค่าของ X ต้องเปลี่ยนเมื่อมีการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสถานะในแทรนซิชัน โดยที่ X คือ ค่าในวงเล็บของ $@T$ หรือ $@F$

$@T(X)$ หมายความว่า ค่า X ต้องเปลี่ยนจากเท็จ เป็น จริง จึงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ

$@F(X)$ หมายความว่า ค่า X ต้องเปลี่ยนจากจริง เป็น เท็จ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

X และ X' แทนค่าของเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้น และ ค่าของเหตุการณ์หลังการกระตุ้นซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ

จากกฎทั้ง 6 กฎที่ได้แสดงข้างต้น จะมีการแยกพิจารณาค่าของเหตุการณ์เป็น 2 ค่า คือ ค่าของเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้น และค่าของเหตุการณ์หลังจากมีการกระตุ้นเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน ตัวอย่างเช่น จากกฎข้อที่ 1 เมื่อทำการขยายกฎจะได้ค่าของเหตุการณ์ก่อนและหลังการกระตุ้น โดยจะเกิดการเปลี่ยนสถานะได้ก็ต่อเมื่อค่าของเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้นต้องเป็นเท็จ และค่าหลังการกระตุ้นต้องเป็นจริง โดยจะให้ค่า X และ X' คือ เท็จและจริง เมื่อเข้าสู่กฎที่ 1 จะได้ ¬ (เท็จ) ∧ (จริง) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นจริง ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนสถานะขึ้น ส่วนกฎข้ออื่นๆ พิจารณาเหมือนกับกฎข้อที่ 1 เป็นต้น

จากทฤษฎีดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎการขยายเหตุการณ์ในการพิจารณาเงื่อนไขบนแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีนด้วยการสร้างค่าความจริงของประพจน์ เพื่อให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน เนื่องจากมีการพิจารณาค่าของเหตุการณ์ก่อนและหลังการกระตุ้นซึ่งทำให้เห็นค่าของเหตุการณ์ก่อนและหลังการเปลี่ยนสถานะได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งจะทำให้สะดวกในการพิจารณาเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะ

2.1.6 เอ็กซ์เอ็มไอ (XMI: XML Metadata Interchange)

เอ็กซ์เอ็มไอ [16, 22] เป็นมาตรฐานของโอเอ็มจี (OMG: Object Management Group) ซึ่งถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการแลกเปลี่ยนสารสนเทศเมตาเดตา (Meta-data) ผ่านเอ็กซ์เอ็มแอล (XML: Extensible Markup Language) เอ็กซ์เอ็มไอสามารถใช้ได้ในหลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น การวิเคราะห์ยูเอ็มแอล ซอฟต์แวร์ภาษาจาวาและภาษาซีพลัสๆ คอมโพเนนต์ต่างๆ ฐานข้อมูล เป็นต้น สำหรับจุดประสงค์หลักของเอ็กซ์เอ็มไอ คือ อำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนเมตาเดตาระหว่างเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทำโมเดล (บนพื้นฐานของยูเอ็มแอล) กับที่เก็บเมตาเดตา (Metadata Repositories) ที่มีพื้นฐานมาจากเอ็มโอเอฟ โดยเอ็กซ์เอ็มไอเป็นการรวมเอามาตรฐาน 3 มาตรฐานดังต่อไปนี้เข้าไว้ด้วยกัน

1) เอ็กซ์เอ็มแอล [20] เป็นมาตรฐานของดับเบิลยูทรีซี (W3C : World Wide Web Consortium)

2) ยูเอ็มแอล เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดยโอเอ็มจี เพื่อใช้ในการทำโมเดล

3) เอ็มโอเอฟ (MOF: Meta Object Facility) เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานสำหรับการอธิบายแบบจำลองวัตถุ ซึ่งถูกกำหนดโดยโอเอ็มจี เพื่อใช้ในการทำเมตาโมเดลและที่เก็บเมตาเดตา

การรวมกันของมาตรฐานทั้ง 3 นี้ จึงถือเป็นการรวมเอาเทคโนโลยีเกี่ยวกับเมตาเดตาและการทำโมเดลของโอเอ็มจีและดับเบิลยูทรีซีเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งทำให้นักพัฒนา

ซอฟต์แวร์และผู้ใช้งานสามารถแลกเปลี่ยนโมเดลของวัตถุหรือเมตาเดตาชนิดอื่นๆ ได้สะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันทางอินเทอร์เน็ต (Internet)

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้แฟ้มข้อมูลตามมาตรฐานเอ็กซ์เอ็มไอ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นกับเครื่องมือสำหรับสร้างภาพยูเอ็มแอล (ซึ่งโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงได้ดังภาคผนวก ค)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยนี้ มี 3 งานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล (Architectural-level Risk Analysis Using UML)

งานวิจัยนี้ [8] ได้นำเสนอ วิธีในการประเมินความเสี่ยง ซึ่งถูกใช้ในเฟสการออกแบบที่เป็นช่วงต้นของวัฏจักรชีวิตซอฟต์แวร์ โดยการวิเคราะห์ที่แต่ละวัตถุ และการเรียกใช้กันระหว่างวัตถุในระดับสถาปัตยกรรม

วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงเริ่มจากการอธิบายกระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยง ซึ่งใช้ยูสเคสและซีนนาริโอของข้อกำหนดยูเอ็มแอลในการวิเคราะห์ความเสี่ยง จากนั้นจึงอธิบายเทคนิคสำหรับพิจารณาปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุ และการเรียกใช้กันระหว่างวัตถุ ในซีนนาริโอใดๆ โดยค่าความเสี่ยงของวัตถุ คือ ผลคูณระหว่างค่าความซับซ้อนและระดับความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับวัตถุนั้น และค่าความเสี่ยงของการเรียกใช้กันระหว่างวัตถุ คือ ผลคูณระหว่างค่าคลัปปลิง (Coupling) และระดับความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับการเข้าคู่ใดๆ ซึ่งความซับซ้อนของวัตถุสามารถหาได้จาก ค่าความซับซ้อนแบบพลวัต (Dynamic Complexity) ที่ทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalize) แล้วของแผนภาพสเตทแมชซีนในวัตถุนั้น และคลัปปลิงของการเรียกใช้กันระหว่างวัตถุสามารถหาได้จาก ค่าไดนามิกคลัปปลิง (Dynamic Coupling) ที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วของข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ทำการประเมิน โดยจะมีการแบ่งความรุนแรงเป็นช่วงระดับความรุนแรง 4 ช่วง คือ

1) ระดับหายนะ เป็นระดับที่อาจจะเป็นสาเหตุต่อการเสียชีวิต หรือระบบเสียหายทั้งหมด

2) ระดับวิกฤต เป็นระดับที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง ทรัพย์สิน หรือระบบที่สำคัญเกิดความเสียหาย

3) ระดับค่อนข้างวิกฤต เป็นระดับที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บเล็กน้อย ทรัพย์สิน หรือระบบเสียหายเล็กน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ระดับเล็กน้อย เป็นระดับที่เป็นสาเหตุต่อการบาดเจ็บ ทรัพย์สินหรือระบบเสียหาย ซึ่งจะมีผลต่อการบำรุงรักษาที่ไม่เป็นไปตามเวลา

จากนั้นใช้แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov Model) ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ แล้วจึงประมาณความเสี่ยงของปัจจัยที่จะเกิดขึ้นของยูสเคสและระบบทั้งหมด

จากงานวิจัยนี้จะเห็นว่าวิธีในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะสนใจที่ความซับซ้อนของวัตถุ โดยพิจาณาจากจำนวนสถานะ และแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน แต่ไม่ได้พิจารณาถึงองค์ประกอบภายในสเตทแมชชีน เช่น ตัวกระตุ้น หรือเงื่อนไขการ์ด เป็นต้น ซึ่งพฤติกรรมของวัตถุเกิดจากองค์ประกอบเหล่านั้น การเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งจะต้องพิจารณาจากเงื่อนไขต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งถ้าการเปลี่ยนสถานะมีความซับซ้อนมาก แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมของวัตถุนั้นมีความซับซ้อนมากหรือมีโอกาสในการเกิดความเสี่ยงมากเช่นกัน

2.2.2 **บี-เอสซีพี: กรอบงานการวิเคราะห์ความต้องการ สำหรับการตรวจสอบการปรับแนวยุทธศาสตร์ของเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงองค์กรบนพื้นฐานของ ยุทธศาสตร์ บริบท และกระบวนการ** (B-SCP: A Requirements Analysis Framework for Validating Strategic Alignment of Organizational IT based on Strategy, Context, and Process)

งานวิจัยนี้ [12] ได้นำเสนอ กรอบงานในการวิเคราะห์ความต้องการสำหรับเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงองค์กร ที่ชื่อว่า บี-เอสซีพี ซึ่งใช้ในการตรวจสอบและทวนสอบความต้องการ ตามยุทธศาสตร์ทางธุรกิจขององค์กรและการปรับความต้องการของเทคโนโลยีสารสนเทศไปพร้อมกับยุทธศาสตร์นั้นโดยตรง โดยกรอบงานนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ยุทธศาสตร์ บริบท และกระบวนการ ซึ่งแต่ละส่วนจะถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ทางวิศวกรรมความต้องการ ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงเป้าหมายใช้ในการแสดงยุทธศาสตร์ทางธุรกิจเช่นเดียวกับความต้องการ

2) แผนภาพบริบทแจ็คสัน (Jackson Context Diagrams) ใช้ในการแสดงบริบทของแบบจำลองทางธุรกิจและระบบ

3) แผนภาพกิจกรรมเชิงบทบาท (Role Activity Diagrams: RADs) ใช้สำหรับการแสดงกระบวนการ

จากงานวิจัยนี้จะทำให้เห็นถึง การออกแบบกรอบงานที่นำมาใช้กับองค์กร โดยมีการนำส่วนประกอบต่างๆ มาทำงานร่วมกัน เพื่อที่จะวิเคราะห์ความต้องการขององค์กร และสนับสนุนการจัดการความต้องการที่เป็นมุมมองในเชิงธุรกิจที่อยู่ในระดับแนวคิดให้เป็นเป้าหมายเชิงระบบและฟังก์ชันงาน โดยนำเสนอเป็นแบบจำลองของกรอบงานเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งจะทำให้บรรลุถึงเป้าหมายขององค์กรที่ตั้งไว้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 **การสร้างข้อมูลการทดสอบจากข้อกำหนดตามพื้นฐานสถานะ** (Generating Test Data from State-based Specifications)

งานวิจัยนี้ [5] ได้นำเสนอ เกณฑ์ในการสร้างกรณีทดสอบจากแผนภาพสเตทแมชชีน โดยการสังเกตที่พฤติกรรมการทำงานของคลาส ทำให้ทราบถึงสถานะการทำงานเมื่อมีเหตุการณ์เข้ามากระตุ้น มีหลักเกณฑ์อยู่ 4 ระดับ ดังต่อไปนี้

1) ระดับที่ครอบคลุมทุกแทรนซิชัน (Transition Coverage Level) หมายถึง ทุกแทรนซิชันต้องถูกทดสอบอย่างน้อย 1 ครั้ง

2) ระดับที่ครอบคลุมประพจน์ (Full-Predicate Coverage Level) หมายถึง ประโยค (Clause) ในแต่ละประพจน์ (Predicate) บนแต่ละแทรนซิชัน ต้องถูกทดสอบอย่างเป็นอิสระ

3) ระดับที่ครอบคลุมคู่ของเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลง (Transition-Pair Coverage Level) หมายถึง การทดสอบลำดับของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (Sequence of State Transition)

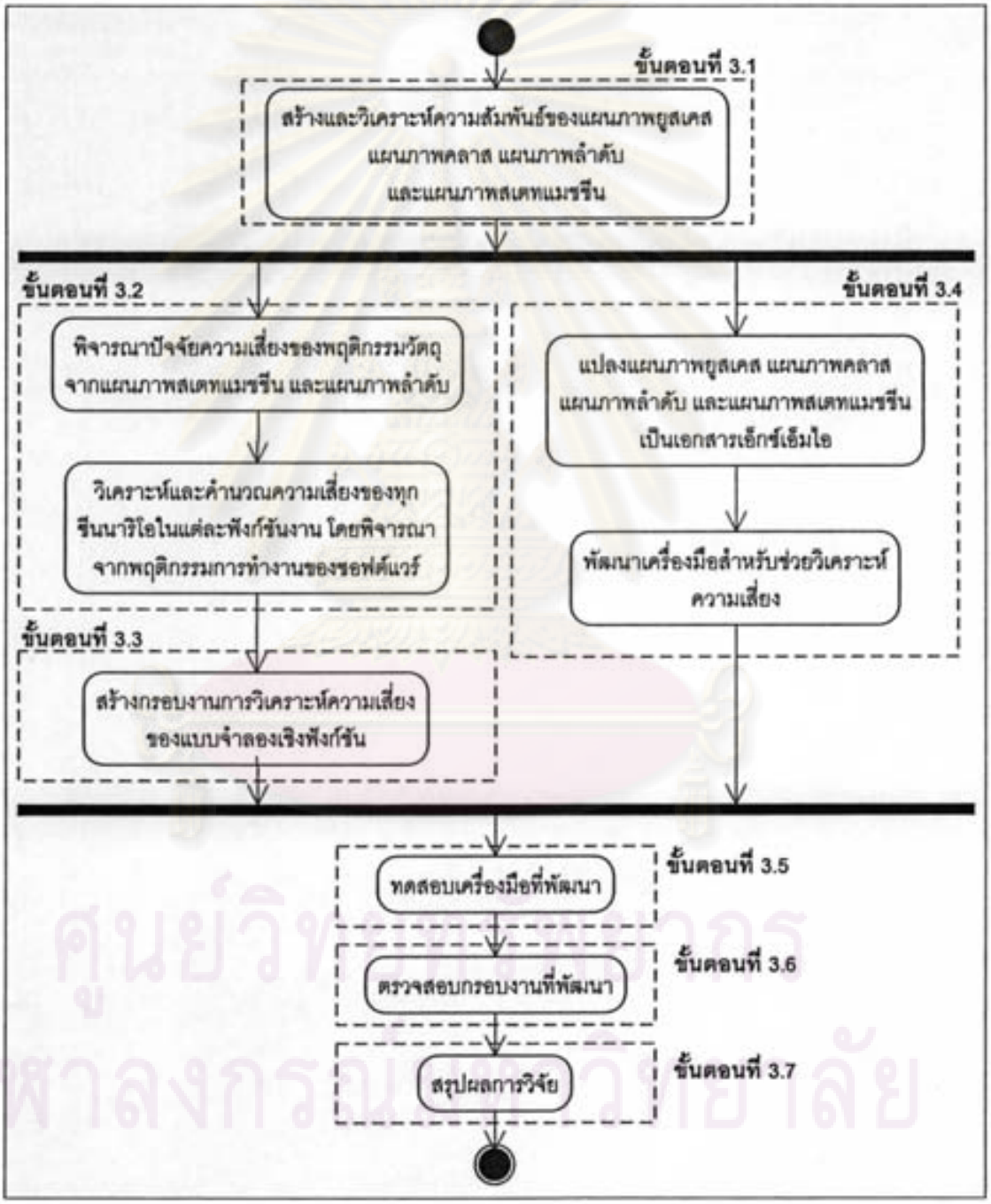
4) ระดับที่มีลำดับที่สมบูรณ์ (Complete-Sequence Level) หมายถึง การทดสอบซึ่งคำนึงถึงลำดับเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องกันของการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งก่อให้เกิดการใช้งานที่สมบูรณ์ของระบบ

โดยในงานวิจัยนี้ได้สรุปไว้ว่ากรณีทดสอบที่สร้างจากการพิจารณาหลักเกณฑ์ครอบคลุมประพจน์สามารถค้นพบข้อผิดพลาดได้มากที่สุด จากเหตุผลดังกล่าวทำให้งานวิจัยนี้ได้แสดงการหากรณีทดสอบจากแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีสถานะธรรมดา (Simple State) และพิจารณาเฉพาะแทรนซิชันแบบเอนนาเบิล ที่มีเหตุการณ์แบบเข้จอีเว้นท์เข้ามากระตุ้นด้วยหลักเกณฑ์ที่ครอบคลุมประพจน์ ซึ่งทำให้เห็นค่าของเหตุการณ์ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงสถานะได้ชัดเจนขึ้น ในขณะที่งานวิจัย [7] ได้มีการขยายงานวิจัยนี้ให้สามารถสร้างกรณีทดสอบจากแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีสถานะประกอบได้อีกด้วย

จากงานวิจัยนี้จะเห็นว่าการพิจารณาแผนภาพสเตทแมชชีน ควรพิจารณาที่เงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมการทำงานภายในวัตถุ ซึ่งอาจจะเกิดความเสี่ยงเกิดขึ้นได้ในกรณีที่เงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะทำให้เกิดการทำงานในเส้นทางที่ไม่พึงประสงค์ของการเปลี่ยนสถานะ จากเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะนี้สามารถนำมาสร้างค่าความจริงของตรรกะของประพจน์ที่จะแสดงให้เห็นได้ว่ามีเหตุการณ์เข้ามากระตุ้น และเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะแบบใดบ้างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ และเงื่อนไขแบบใดบ้างที่ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนสถานะหรือทำให้เส้นทางการทำงานไม่เป็นตามที่ควรจะเป็น ดังนั้นทำให้สังเกตได้ว่าโอกาสที่วัตถุไม่เกิดการเปลี่ยนสถานะมีเท่าใด โดยพิจารณาจากกรณีทดสอบที่ไม่ทำเกิดการเปลี่ยนสถานะ แสดงได้ว่าเงื่อนไขดังกล่าวไม่เป็นไปตามที่ระบบควรจะเป็น

บทที่ 3
วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอน สามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพกิจกรรม ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 3.1 เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการสร้างแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีนสำหรับระบบที่ต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพต่างๆ เหล่านี้ ขั้นตอนที่ 3.2 นำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ขั้นตอนที่ 3.3 นำเสนอกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง ขั้นตอนที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยง โดยจะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและสถาปัตยกรรมของเครื่องมือ รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนแสดงในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนที่ 3.3 และ 3.4 ซึ่งแสดงการออกแบบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง และการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะกล่าวถึงในบทที่ 4 ส่วนขั้นตอนที่ 3.5 3.6 และ 3.7 ซึ่งแสดงขั้นตอนของการทดสอบเครื่องมือ การตรวจสอบกรอบงาน และการสรุปผลการวิจัย จะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 5 บทที่ 6 และบทที่ 7 ตามลำดับ

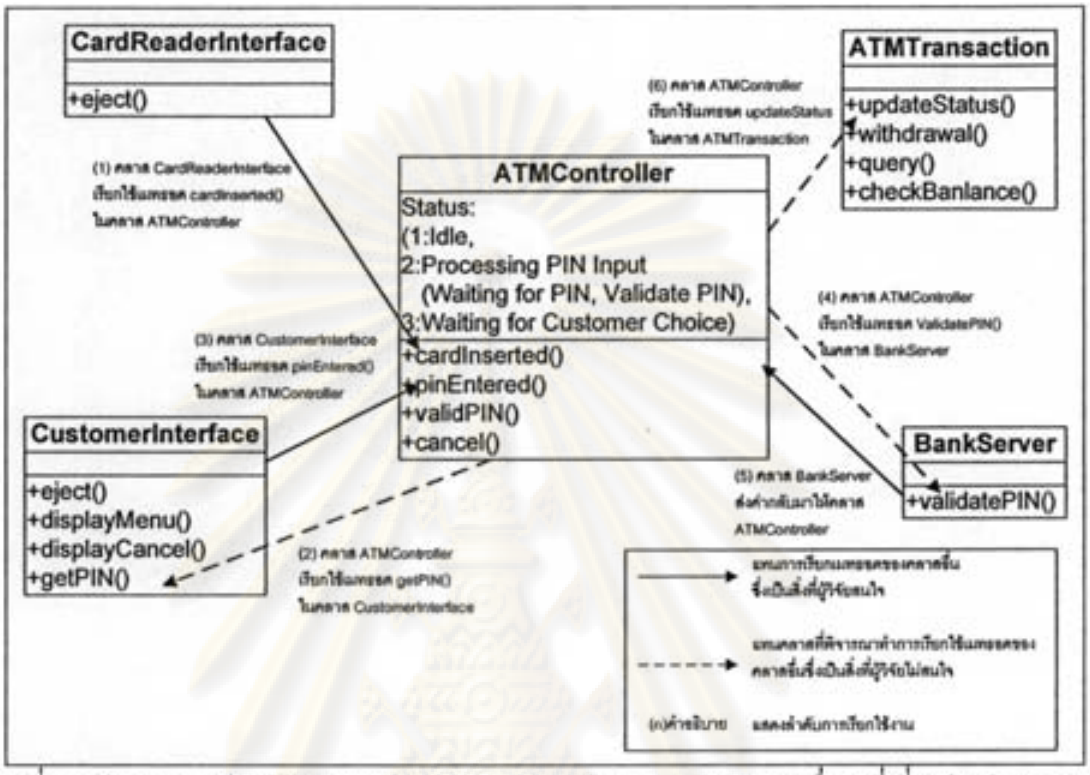
3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาการสร้างแผนภาพยูเอ็มแอลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง สำหรับแผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน โดยการออกแบบระบบด้วยการใช้แผนภาพยูเอ็มแอลต่างๆ เหล่านี้ แต่ละแผนภาพจะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะอธิบายถึงการทำงานของระบบ

แผนภาพยูสเคสถูกใช้ในการออกแบบระบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันงานของระบบที่จะพัฒนา โดยแต่ละยูสเคสหมายถึงฟังก์ชันงานที่ระบบจะต้องทำได้ แผนภาพคลาสแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างข้อมูลของระบบโดยแสดงเป็นคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส สำหรับยูสเคสแต่ละยูสเคสอาจจะประกอบด้วยซีนนาริโอหนึ่งซีนนาริโอหรือหลายๆ ซีนนาริโอซึ่งแสดงถึงขั้นตอนหรือกิจกรรมการทำงานของแต่ละยูสเคสนั้น โดยแต่ละซีนนาริโอจะสามารถถูกออกแบบด้วยแผนภาพลำดับ ที่แสดงให้เห็นถึงลำดับของการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุซึ่งเป็นอินสแตนซ์ของคลาสที่ถูกออกแบบในแผนภาพคลาส สำหรับแผนภาพสเตทแมชชีนถูกใช้ในการออกแบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานะที่เป็นไปได้ทั้งหมด และการเปลี่ยนสถานะของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะในแผนภาพคลาส

ความสัมพันธ์ที่มีในการอ้างอิงถึงกันระหว่างแผนภาพคลาสและแผนภาพสเตทแมชชีนจะแสดงให้เห็นว่าสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีนมาจากส่วนใดของคลาสที่ทำการพิจารณา รูปที่

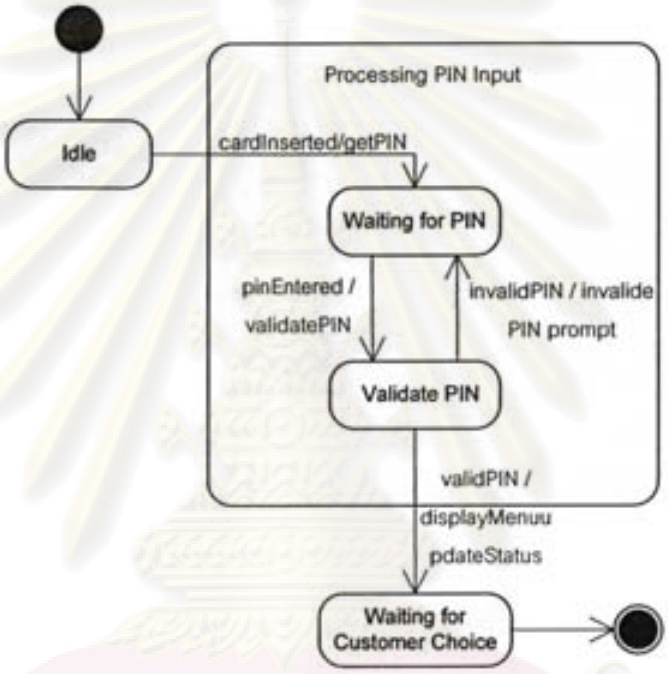
3.2 และรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคลาส ATMController และแผนภาพสเตทแมชชีนที่เกิดขึ้นของคลาสนี้ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 ลำดับการเรียกใช้งานระหว่างคลาส ATMController และคลาสอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในยูสเคสการตรวจสอบรหัส

จากรูปที่ 3.2 ตัวอย่างนี้แสดงคลาส ATMController ซึ่งในแผนภาพคลาสที่แสดงจะมีคลาสต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน เช่น คลาส CardReaderInterface ที่เรียกใช้เมทธอด cardInserted() ภายในคลาส ATMController ซึ่งในคลาส ATMController จะมีสถานะการทำงานอยู่ภายใน แสดงได้ด้วยแผนภาพสเตทแมชชีน ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งสถานะของคลาสจะเก็บเป็นแอทริบิวต์หนึ่งของคลาสที่พิจารณา โดยมีการให้ค่ากับแต่ละสถานะที่เกิดขึ้น เช่น คลาส ATMController มีแอทริบิวต์ชื่อ Status ซึ่งมีการเก็บสถานะของคลาส โดยค่า 1 แทนสถานะ Idle ค่า 2 แทนสถานะประกอบ Processing PIN Input ซึ่งภายในประกอบด้วยสถานะย่อย 2 สถานะ คือสถานะ Waiting for PIN และสถานะ Validate PIN และค่า 3 แทนสถานะ Waiting for Customer Choice เพื่อทำให้ทราบว่า ณ ปัจจุบันคลาสที่กำลังพิจารณาอยู่ในสถานะใดบ้าง ซึ่งในแผนภาพสเตทแมชชีนจะมีการทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีเหตุการณ์มากระตุ้น ซึ่งเรียกว่า เหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง โดยจากตัวอย่าง คลาส CardReaderInterface ทำการเรียกใช้เมทธอดภายในคลาส ATMController จึงทำให้สถานะภายในคลาสเกิดการทำงาน ซึ่ง

เหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้นในแผนภาพสเตทแมชชีนจะเป็นเมทธอดหนึ่งในคลาส ATMController ซึ่งจะถูกเรียกใช้โดยคลาส CardReaderInterface นั่นเอง ส่วนการกระทำที่เกิดขึ้นในแผนภาพสเตทแมชชีนจะแทนด้วย การที่คลาส ATMController เรียกใช้เมทธอดภายในคลาสหรือส่งข้อความไปเรียกใช้เมทธอดในคลาสอื่น เช่น คลาส ATMController เมื่อมีเหตุการณ์ภายนอกมากระตุ้นแล้วทำให้เกิดการกระทำ คือ getPIN ก็จะส่งข้อความไปยังคลาส CustomerInterface เพื่อให้ผู้ใช้ใส่รหัสเข้ามา



รูปที่ 3.3 แผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController

โดยที่ผู้วิจัยให้ความสนใจกับเหตุการณ์ที่เข้ามาในคลาสโดยมีคลาสอื่นเรียกใช้เมทธอดในคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะที่พิจารณา ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะภายในคลาสที่พิจารณา ในที่นี้คือเหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้น โดยไม่สนใจเมทธอดของคลาสที่พิจารณาไปเรียกใช้คลาสอื่น ซึ่งในที่นี้คือ การกระทำที่เกิดขึ้นภายในแผนภาพสเตทแมชชีน

3.2 แนวคิดการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

วิทยานิพนธ์นี้ต้องการนำเสนอกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ โดยมีแนวทางการประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับซอฟต์แวร์ ด้วยการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงในช่วงการวิเคราะห์และการออกแบบของวัฏจักร

ซีวิตซอฟต์แวร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเสนอกรอบงานในการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ประยุกต์ใช้เพิ่มเติมจากงานวิจัย [8] โดยเพิ่มเติมการพิจารณาความเสี่ยงจากปัจจัยการเปลี่ยนสถานะของวัตถุด้วย การวิเคราะห์ความเสี่ยงจะสนใจความเสี่ยงของแผนภาพที่แสดงพฤติกรรมของวัตถุ โดยพิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะภายในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากจำนวนค่าความจริงของประพจน์เงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะที่ได้จากการสร้างขึ้นด้วยหลักการเดียวกับหลักการครอบคลุมประพจน์ที่นำเสนอในงานวิจัย [5] และพิจารณาการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุภายในแผนภาพลำดับ

ขั้นตอนของแนวคิดที่นำเสนอกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงเป็นดังรูปที่ 3.4 เริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอล ดังหัวข้อ 3.2.1 จากนั้นจึงนำแผนภาพยูเอ็มแอลที่ได้ไปพิจารณาความเสี่ยงในระดับวัตถุ ดังหัวข้อ 3.2.2 ซึ่งแยกการพิจารณาความเสี่ยงในระดับวัตถุออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนสถานะของวัตถุในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งวัตถุนั้นเป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะที่ทำงานร่วมกัน

2) การระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ซึ่งพิจารณาจากการส่งข้อความระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอของยูสเคส

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของแนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุแล้ว ผลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน รวมถึงจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงดังหัวข้อ 3.2.3

รายละเอียดของแผนภาพกิจกรรม ได้นำเสนอเป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน

3.2.1 การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอล

ขั้นตอนนี้จะเริ่มขึ้นหลังจากที่มีการเก็บรวบรวมความต้องการของระบบที่ต้องการพัฒนาจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ จากนั้นจะนำมาออกแบบเป็นแผนภาพยูสเคสเพื่ออธิบายถึงฟังก์ชันงานของระบบ และออกแบบเป็นแผนภาพคลาสเพื่อแสดงถึงโครงสร้างและข้อมูลของระบบ โดยที่แต่ละฟังก์ชันงานอาจจะประกอบด้วยหนึ่งซีนนาริโอหรือหลายซีนนาริโอ ซึ่งสามารถแสดงด้วยแผนภาพลำดับที่ทำให้เห็นถึงพฤติกรรมการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุ สำหรับแต่ละวัตถุที่ขึ้นอยู่กับสถานะจะถูกออกแบบด้วยแผนภาพสเตทแมชชีน เพื่อแสดงถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะภายในวัตถุ โดยที่แผนภาพต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงในขั้นตอนถัดไป

3.2.2 กระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุ

กระบวนการทำงานต่างๆ ของงานวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ความเสี่ยงทุกซีนนาริโอที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบฟังก์ชันงานเป็นแผนภาพยูเอ็มแอลจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยจะพิจารณาความเสี่ยงของทุกวัตถุ และความเสี่ยงของการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุ ซึ่งในที่นี้ หมายถึง การปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแต่ละซีนนาริโอ โดยความเสี่ยงของของวัตถุสามารถพิจารณาได้จากแผนภาพสเตทแมชชีนซึ่งแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ และความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุสามารถพิจารณาได้จากแผนภาพลำดับซึ่งแสดงการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุในซีนนาริโอ จากนั้นจึงนำค่าความเสี่ยงที่ได้เหล่านี้มาใช้สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอ ซึ่งกระบวนการทำงานต่างๆ ประกอบด้วยรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

1) การพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ

กำหนดให้ $SN_x = \{object_1, object_2, ..., object_{n-1}, object_n\}$ ในซีนนาริโอ x (Scenario x: SN_x)

การพิจารณาความเสี่ยงของปัจจัยความเสี่ยง (Risk Factor: RF) RF_i ของวัตถุ i ในซีนนาริโอ x สามารถกำหนดได้ ดังนี้

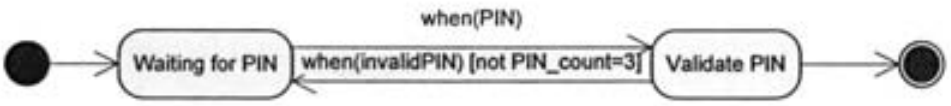
$$RF_i = PUOOS_i \cdot Svt_i \qquad \text{ซึ่ง } i \in SN_x$$

โดย $PUOOS_i$ คือ ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ i ซึ่งถูกปรับค่าความน่าจะเป็นตามโอกาสที่จะเกิดวัตถุนั้นในซีนนาริโอ x (Probability of Unsatisfactory Outcome of an Object in a Scenario: PUOOS) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

และ Svt_i คือ ระดับความเสียหาย (Severity: Svt) ที่จะได้รับเมื่อผลลัพธ์ที่ไม่ปรารถนาเกิดขึ้นจากวัตถุ i ในซีนนาริโอ x มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

สำหรับค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ i ที่อยู่ในซีนนาริโอ x หรือ $PUOOS_i$ สามารถหาได้จากผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีน โดยการพิจารณาจากเงื่อนไขบนแทรนซิชัน ซึ่งการพิจารณาผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของการเปลี่ยนสถานะจะถูกพิจารณาจากจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ของตรรกะของประพจน์จากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะ

ในที่นี้ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างประกอบเพื่อให้เห็นถึงแต่ละขั้นตอนของการพิจาณา ดังตัวอย่างรูปที่ 3.6 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input ซึ่งเป็นสถานะหนึ่งของแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController ในระบบเอทีเอ็ม เริ่มต้นการทำงานของสถานะประกอบ สถานะภายในจะอยู่ Waiting for PIN เพื่อรอรับรหัสของบัตรเอทีเอ็มเมื่อมีเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้นเป็นรหัส PIN จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ Waiting for PIN ไปยังสถานะ Validate PIN เพื่อทำการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม หากรหัสบัตรเอทีเอ็มไม่ถูกต้องและจำนวนครั้งของการใส่รหัสบัตรยังไม่ถึง 3 ครั้ง จะเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ Validate PIN กลับไปยัง Waiting for PIN เพื่อรอรับรหัสบัตรเอทีเอ็มอีกครั้ง สำหรับขั้นตอนในการพิจารณาเงื่อนไขของแทรนซิชันว่ามีประพจน์ใดภายใต้เงื่อนไขอะไรบ้างในแต่ละแทรนซิชันที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 โดยมี 4 สดมภ์ คือ สดมภ์แรกเป็น สถานะแม่ (Parent State) หรือเรียกว่าสถานะประกอบ จะแทนสถานะที่มีสถานะย่อยภายใน โดยที่สถานะย่อยภายในเป็นสถานะปัจจุบันที่กำลังพิจารณาอยู่ กรณีที่ไม่มีสถานะย่อยภายในจะใส่เครื่องหมาย "-" สดมภ์ที่สอง คือ สถานะปัจจุบัน (Current State) เป็นสถานะที่กำลังพิจารณาในแต่ละแทรนซิชันที่มีเหตุการณ์เข้ามากระตุ้น สดมภ์ที่สาม คือ เงื่อนไขเหตุการณ์ (Conditioned Event) จะประกอบไปด้วยเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้นและเงื่อนไขการ์ด และสดมภ์ที่สี่ คือ สถานะเป้าหมาย (Target State) เป็นสถานะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อมีเหตุการณ์เข้ามากระตุ้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะหรือยังคงอยู่สถานะเดิม โดยในแต่ละแถวของตารางจะทำการกำหนดค่าเงื่อนไขเหตุการณ์ที่ไปกระตุ้นแทรนซิชันทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะปัจจุบันไปยังสถานะเป้าหมาย โดยแถวที่มีการใส่สัญลักษณ์ @T(C) หรือ @F(C) ที่ใส่ภายใต้สดมภ์ของเงื่อนไขเหตุการณ์จะแทนเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น และแถวที่มีการใส่ค่า t หรือ f แทนค่าของเงื่อนไขการ์ด ตามกฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้นที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนของกระบวนการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนสถานะของกระบวนการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อนไขเหตุการณ์			สถานะเป้าหมาย
		PIN	invalid PIN	PIN_count=3	
Processing PIN Input	Waiting for PIN	@T	-	-	Validate PIN
Processing PIN Input	Validate PIN	-	@T	f	Waiting for PIN

จากตารางที่ 3.1 นี้ เหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้นสามารถนำมาทำการเขียนขยายออกมาได้ โดยพิจารณาตามกฎการขยายเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น ดังประพจน์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ประพจน์ที่ 1 มีเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น คือ PIN เมื่อใช้กฎการขยายจะได้ดังนี้

$@T(PIN) \equiv \neg PIN \wedge PIN'$ หมายถึง ค่าเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้น (PIN) ต้องเป็นเท็จ และค่าของเหตุการณ์หลังการกระตุ้น (PIN') ต้องเป็นจริง

ประพจน์ที่ 2 มีเหตุการณ์ที่มีการกระตุ้น คือ invalidPIN และมีเงื่อนไขการ์ด คือ PIN_count=3 เมื่อใช้กฎการขยายจะได้ดังนี้

$@T(invalidPIN) \wedge \neg(PIN_count = 3) \equiv \neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge \neg(PIN_count = 3)$ หมายถึง ค่าเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้น $(invalidPIN)$ ต้องเป็นเท็จ และค่าของเหตุการณ์หลังการกระตุ้น $(invalidPIN')$ ต้องเป็นจริง นอกจากนี้จะต้องพิจารณาเงื่อนไขการ์ด $(PIN_count = 3)$ ต้องเป็นเท็จด้วย

เมื่อทำการขยายกฎครบทุกประพจน์แล้ว นำค่าที่ได้ไปใส่ในตารางที่ 3.2 เพื่อนำไปสร้างค่าความจริงของประพจน์ ในขั้นตอนต่อไป

เมื่อได้ข้อกำหนดรายละเอียดประพจน์แล้ว จะสามารถสร้างค่าความจริงในแต่ละประพจน์ให้ครอบคลุม โดยอาศัยวิธีการตามหลักการสร้างกรณีทดสอบแบบครอบคลุมประพจน์ ดังตารางที่ 3.3 แสดงตามประพจน์ที่ 2 (P2) ค่าของตัวแปรจะได้มาจากการพิจารณาแต่ละประพจน์ ซึ่งแสดงได้ด้วย T F t หรือ f โดยที่ T หรือ F หมายถึง เหตุการณ์ที่พิจารณาเป็นเหตุการณ์

ที่มีการกระตุ้น ประกอบด้วยค่าของเหตุการณ์ก่อนและหลังการกระตุ้น ส่วนค่า t และ f มาจากการพิจารณาค่าความจริงของเงื่อนไขการ์ด

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดประพจน์ที่ทำการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อไขเหตุการณ์	สถานะเป้าหมาย
P1	Processing PIN Input	Waiting for PIN	$\neg PIN \wedge PIN'$	Validate PIN
P2	Processing PIN Input	Validate PIN	$\neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge \neg PIN_count = 3$	Waiting for PIN

ตารางที่ 3.3 ค่าความจริงของประพจน์ที่ 2 (P2)

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	invalidPIN	PIN_count=3	invalidPIN′	สถานะเป้าหมาย
P2-1	Processing PIN Input	Validate PIN	F	f	T	Waiting for PIN
P2-2	Processing PIN Input	Validate PIN	T	f	T	Validate PIN
P2-3	Processing PIN Input	Validate PIN	F	t	T	Validate PIN
P2-4	Processing PIN Input	Validate PIN	F	f	F	Validate PIN

จากตารางที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าสถานะปัจจุบัน Validate PIN จะถูกเปลี่ยนไปยังสถานะเป้าหมาย Waiting for PIN ได้เพียงเมื่อ invalidPIN เป็นเท็จ PIN_count=3 เป็นเท็จ และ invalidPIN′ เป็นจริง (หมายเลขประพจน์ P2-1) กรณีเดียวเท่านั้น นั่นคือผลลัพธ์ของค่าความจริงเป็นจริง แสดงว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะภายในวัตถุสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง ส่วนในกรณีอื่นๆ ผลลัพธ์ของค่าความจริงเป็นเท็จ เพราะเนื่องจากสถานะปัจจุบันยังคงเป็นสถานะเดียวกับสถานะเป้าหมาย (หมายเลขประพจน์ P2-2 P2-3 และ P2-4) นั่นก็หมายความว่ามีการกำหนดเงื่อนไข หรือการกระตุ้นเงื่อนไขที่ผิดทำให้พฤติกรรมของวัตถุไม่สามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง

ดังนั้นจากแนวคิดข้างต้นสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ i ที่อยู่ในซีนนาริโอ x หรือ $PUOOS_i$ ได้ ดังนี้

(1) คำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา (Probability of Satisfactory Outcome: PSO) ในการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งของแต่ละเงื่อนไขบนแทรนซิชัน ดังสูตร

$$PSO_{pq} = \frac{\left|True\ Truth\ Value_{pq}\right|}{\left|Total\ Truth\ Value_{pq}\right|}$$

โดย $\left|True\ Truth\ Value_{pq}\right|$ คือ จำนวนค่าความจริงที่เกิดขึ้นจากเงื่อนไขบนแทรนซิชันซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นจริง ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ p ไปเป็นสถานะ q

$\left|Total\ Truth\ Value_{pq}\right|$ คือ จำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาเงื่อนไขบนแทรนซิชัน ระหว่างสถานะ p และสถานะ q

PSO_{pq} คือ ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ p ไปเป็นสถานะ q

จากตัวอย่าง ตารางที่ 3.3 เป็นค่าความจริงที่สร้างขึ้นจากประพจน์ P2 ซึ่งเป็นประพจน์บนแทรนซิชันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ Validate PIN ไปยังสถานะ Waiting for PIN ของแผนภาพสเตทแมชชีนในรูปที่ 3.6 จากตาราง จำนวนค่าความจริงที่เกิดขึ้นจากเงื่อนไขบนแทรนซิชันซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นจริง หรือ $\left|True\ Truth\ Value_{pq}\right|$ มีเพียง P2-1 กรณีเดียวเท่านั้น และจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการพิจารณาเงื่อนไขบนแทรนซิชัน หรือ $\left|Total\ Truth\ Value_{pq}\right|$ มีทั้งหมด 4 กรณี คือ P2-1 ถึง P2-4 ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา PSO_{pq} ของทั้ง 2 ประพจน์จะสามารถหาได้ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ

หมายเลขประพจน์	สถานะปัจจุบัน (p)	สถานะเป้าหมาย (q)	$\left\|True\ Truth\ Value_{pq}\right\|$	$\left\|Total\ Truth\ Value_{pq}\right\|$	PSO_{pq}
P1	Waiting for PIN	Validate PIN	1	3	0.33333
P2	Validate PIN	Waiting for PIN	1	4	0.25000

(2) พิจารณาเส้นทางการทำงานที่เป็นไปได้ของแผนภาพสเตทแมชชีนแต่ละเส้นทางแยกกัน โดยการพิจารณาจากสถานะเริ่มต้นไปยังสถานะสิ้นสุดและคำนวณความน่าจะ

เป็นของแต่ละเส้นทางที่พิจารณา หลังจากได้ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของแต่ละแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีนแล้ว ต่อมาจะคำนวณความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทาง โดยใช้การคำนวณความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดต่อเนื่องกัน ดังสูตร

$$PSO_{initial-final} = \prod_{i=1}^{n-1} PSO_{P_i P_{i+1}}$$

โดย $PSO_{initial-final}$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งเส้นทางเริ่มจากสถานะ p_1 สิ้นสุดที่สถานะ p_n โดยเกิดจากผลคูณของความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ p_1 ไปสถานะ p_2 และสถานะ p_3 ตามลำดับ จนถึงสถานะสุดท้าย คือ สถานะ p_n

จากตัวอย่าง รูปที่ 3.6 สามารถหาค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน $PSO_{initial-final}$ ได้ โดยนำค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา PSO_{pq} ของแต่ละแทรนซิชันที่อยู่ในเส้นทางมาคูณกัน ดังตัวอย่าง สมมติให้เส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนมีเพียงเส้นทางเดียว ซึ่งในเส้นทางประกอบด้วยแทรนซิชัน 2 แทรนซิชัน ซึ่งมีเงื่อนไขของแต่ละแทรนซิชันตามหมายเลขประพจน์ P1 และ P2 ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน $PSO_{initial-final}$ จึงเท่ากับ 0.33333 คูณด้วย 0.25000 เท่ากับ 0.0833325

(3) หาค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของแต่ละเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ดังสูตร

$$PUO_{initial-final} = 1 - PSO_{initial-final}$$

โดย $PUO_{initial-final}$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนา (Probability of Unsatisfactory Outcome: PUO) ของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งเส้นทางเริ่มจากสถานะ p_1 สิ้นสุดที่สถานะ p_n

จากตัวอย่าง รูปที่ 3.6 จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน มีค่าเท่ากับ 1 ลบด้วย 0.08333 ซึ่งเท่ากับ 0.91667

(4) หาค่าความน่าจะเป็นของวัตถุ (Probability of Unsatisfactory Outcome of an Object: PUOO) ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการ

ทำงานทุกเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน โดยมีการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเส้นทางด้วยจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังสูตร

$$PUOO_i = \sum_{k=1}^{m} \left(\left(\frac{PP_k}{\sum_{l=1}^{m} PP_l} \right) \cdot (PUO_{initial-final})_k \right)$$

โดย $PUOO_i$ คือ ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ i ที่มีจำนวนเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน m เส้นทาง

PP_k คือ จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเส้นทางการทำงาน (Possible Path: PP) ที่ k ในแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งคำนวณได้จากการคูณกันของจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแต่ละแทรนซิชันที่อยู่ในเส้นทางนั้น

$\sum_{l=1}^{m} PP_l$ คือ ผลรวมของจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน m เส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน

$(PUO_{initial-final})_k$ คือ ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานที่ k ในแผนภาพสเตทแมชชีน

(5) เนื่องด้วยภายในซีนนาริโอประกอบด้วยวัตถุอื่นๆ ที่ทำงานร่วมกัน ซึ่งอาจเป็นวัตถุที่ขึ้นอยู่กับสถานะ ดังนั้นจึงต้องปรับให้ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ หรือ $PUOO_i$ ให้เป็นค่าความน่าจะเป็นของโอกาสที่จะเกิดวัตถุนั้นในซีนนาริโอ x ดังสูตร

$$PUOOS_i = \frac{PPO_i}{\sum_{j=1}^{n} PPO_j} \cdot PUOO_i \qquad \text{ซึ่ง } i \in SN_x$$

โดย $PUOOS_i$ คือ ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ i ซึ่งถูกปรับค่าความน่าจะเป็นตามโอกาสที่จะเกิดวัตถุนั้นในซีนนาริโอ x (Probability of Unsatisfactory Outcome of an Object in a Scenario: PUOOS)

PPO_i คือ จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวัตถุ i ซึ่งถูกคำนวณจากผลรวมของจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนของวัตถุ i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\sum_{j=1}^{n} PPO_j$ คือ ผลรวมของจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ n วัตถุในซีนนาริโอ x

2) การพิจารณาความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

การพิจาณาความเสี่ยงของปัจจัยความเสี่ยง RF_{ij} ของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ i และ j ในซีนนาริโอใดๆ สามารถพิจารณาได้จากการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุ ซึ่งกำหนดสูตรได้ ดังนี้

$$RF_{ij} = NDC_{ij} \cdot Svt_{ij} \quad \text{ซึ่ง } i, j \in SN_x$$

โดย NDC_{ij} คือ ค่าคลัปปลิงเชิงพลวัต (Normalized Dynamic Coupling: NDC) ของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ i และ j ในซีนนาริโอ x ซึ่งถูกทำให้เป็นค่าบรรทัดฐาน มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

Svt_{ij} คือ ระดับความเสียหายที่จะได้รับเมื่อผลลัพธ์ที่ไม่ปรารถนาเกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ i และ j ในซีนนาริโอใดๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

สำหรับค่าคลัปปลิงเชิงพลวัตของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ NDC_{ij} จะสามารถคำนวณได้ ดังสูตร

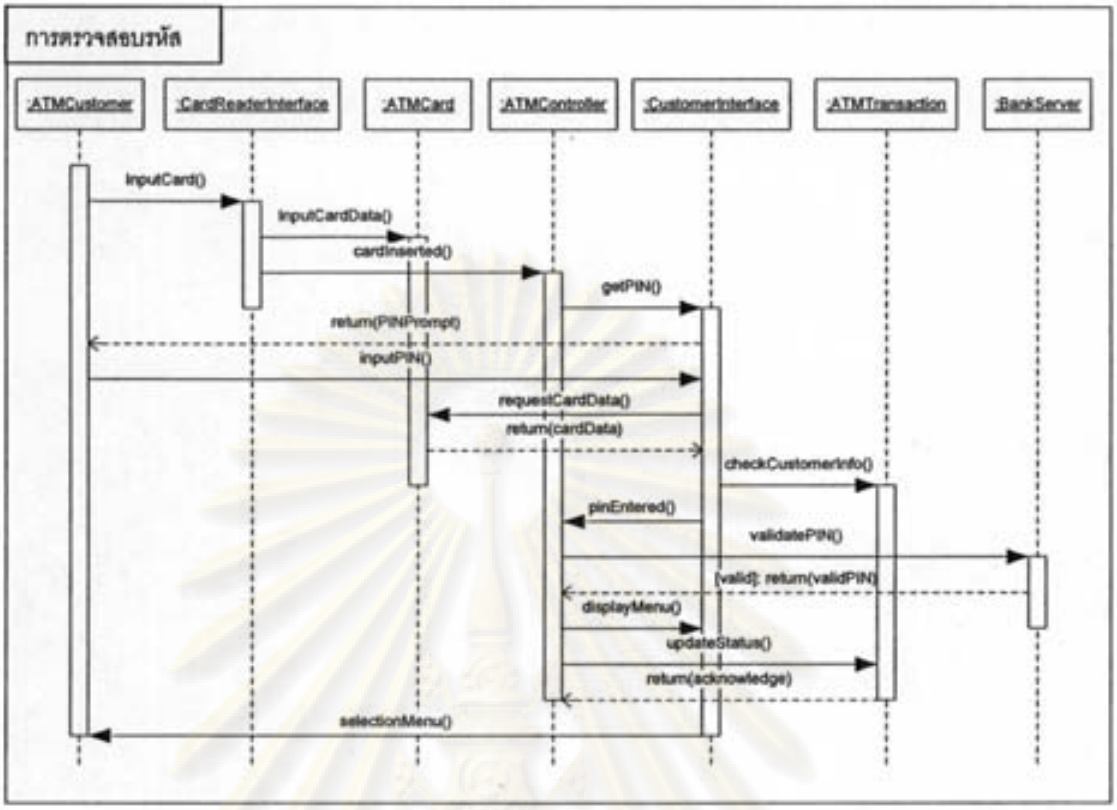
$$NDC_{ij} = \frac{\left|M_{ij}\right|_{i,j \in SN_x, i \neq j}}{|M|}$$

โดย $|M_{ij}|$ คือ จำนวนข้อความที่ส่งจากวัตถุ i ไปยังวัตถุ j ระหว่างการทำงานในซีนนาริโอ x

$|M|$ คือ จำนวนข้อความทั้งหมดที่มีการรับส่งกันระหว่างทุกๆ วัตถุที่ทำงานในซีนนาริโอ x

ตัวอย่างแผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง ดังรูปที่ 3.7 สามารถคำนวณค่าคลัปปลิงเชิงพลวัตของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ATMCustomer ไปยัง CardReaderInterface ได้จากจำนวนข้อความที่ส่งจากวัตถุ ATMCustomer ไปยัง CardReaderInterface หรือ $|M_{ij}|$ ซึ่งมีจำนวน 1 ข้อความ หารด้วยจำนวนข้อความทั้งหมดที่มีการรับส่งกันระหว่างทุกๆ วัตถุที่ทำงานในซีนนาริโอนี้ หรือ $|M|$ ซึ่งมีจำนวน 16 ข้อความ ดังนั้นค่าคลัปปลิงเชิงพลวัตจึงเท่ากับ 0.0625

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

การคำนวณจะคำนวณทุกการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง แสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ได้ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่าคลัปปลิงเชิงพลวัตของแผนภาพลำดับการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

วัตถุที่รับข้อความ / วัตถุที่ส่งข้อความ	ATMCustomer	CardReader Interface	ATMCard	ATMController	Customer Interface	ATMTransaction	BankServer
ATMCustomer	0	0.0625	0	0	0.0625	0	0
CardReaderInterface	0	0	0.0625	0.0625	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0.0625	0	0
ATMControlier	0	0	0	0	0.125	0.0625	0.0625
CustomerInterface	0.125	0	0.0625	0.0625	0	0.0625	0
ATMTransaction	0	0	0	0.0625	0	0	0
BankServer	0	0	0	0.0625	0	0	0

3) การพิจาณาระดับความเสียหายที่จะได้รับเมื่อผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ระดับความเสียหายที่จะได้รับเมื่อผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาเกิดขึ้นจะถูกพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้จะแบ่งระดับความเสียหายโดยใช้วิธีของเอฟเอ็มอีเอ ตามที่ได้กล่าวไว้ใน [8, 17] ซึ่งได้มีการจัดกลุ่มของระดับความเสียหายไว้ นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดค่าให้กับแต่ละระดับความรุนแรงไว้ด้วย ดังนี้

(1) ระดับหายนะ คือ ความผิดพลาดที่อาจจะเป็นสาเหตุต่อการเสียชีวิต หรือระบบเสียหายทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.95

(2) ระดับวิกฤต คือ ความผิดพลาดที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง ทรัพย์สินที่สำคัญเสียหาย หรือระบบที่สำคัญเสียหาย มีค่าเท่ากับ 0.75

(3) ระดับค่อนข้างวิกฤต คือ ความผิดพลาดอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บเล็กน้อย ทรัพย์สินเสียหายเล็กน้อย หรือระบบเสียหายเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 0.50

(4) ระดับเล็กน้อย คือ ความผิดพลาดเล็กน้อยที่ไม่เป็นสาเหตุต่อการบาดเจ็บทรัพย์สินเสียหาย หรือระบบเสียหาย แต่จะมีผลต่อการบำรุงรักษาหรือซ่อมแซม ซึ่งอาจจะไม่เป็นไปตามเวลา มีค่าเท่ากับ 0.25

3.2.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน

หลังจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ และความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแต่ละซีนนาริโอแล้ว ต่อมาจะเป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน ซึ่งได้รับจากการสร้างแบบจำลองเชิงวิเคราะห์ โดยจะอาศัยวิธีการสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของสถานะ (State-base Modeling) [8, 9] สามารถทำได้ใน 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์สำหรับซีนนาริโอใดๆ และเมทริกซ์ความเป็นไปได้ของการแทรนซิชัน โดยแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์จะอาศัยคุณสมบัติของมาร์คอร์ฟ (Markov Property) และสร้างเป็นลักษณะของแบบจำลองมาร์คอร์ฟ (Markov Model) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกราฟควบคุมการไหล (Control Flow Graph) กำหนดให้โหนดแต่ละโหนดเป็นวัตถุ และเส้นเชื่อมเป็นการส่งข้อมูลควบคุมกันระหว่างวัตถุ โดยสมมติให้ โหนดที่เริ่มต้นการทำงานของซีนนาริโอเป็นโหนด S และ โหนดสิ้นสุดการทำงานของซีนนาริโอเป็นโหนด T แบบจำลองนี้จะมีการสร้างเส้นเชื่อมระหว่างโหนดโดยพิจารณาจากการส่งข้อความกันในแผนภาพลำดับ เพื่อเป็นการดูว่าวัตถุใดส่งข้อความกับวัตถุใด เมื่อได้แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์แล้ว จะสามารถนำมาเขียนเป็นเมทริกซ์ P_R แสดงความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งในซีนนาริโอ x ดังนี้

$$P_R = [p_{ij}]$$

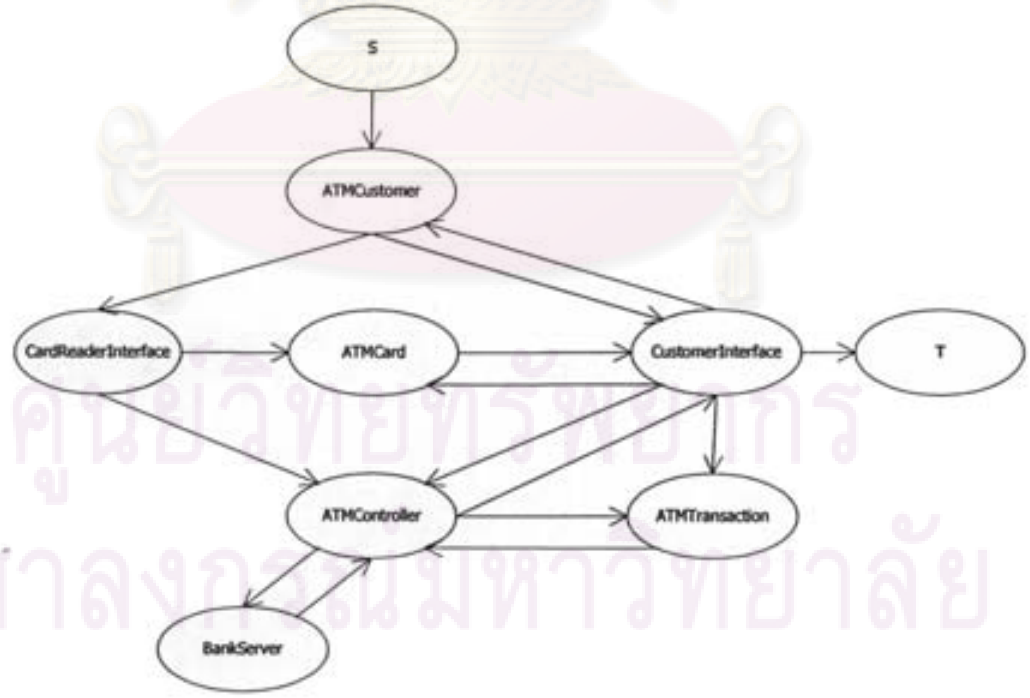
ซึ่ง $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$ โดยที่ $i,j \in R$ และ R เป็นความสัมพันธ์จากโหนดหนึ่ง ไปยังอีกโหนดหนึ่ง ในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอ x

โดย p_{ij} คือ ความน่าจะเป็นเชิงเงื่อนไขที่โปรแกรมจะเรียกใช้วัตถุ i เสร็จสมบูรณ์ แล้วจึงเรียกใช้วัตถุ j เป็นวัตถุถัดไป ในซีนนาริโอ x

n_{ij} คือ จำนวนข้อความที่ส่งออกจากวัตถุ i ไปยังวัตถุ j ในซีนนาริโอ x

n_i คือ จำนวนข้อความที่ส่งออกจากวัตถุ i ไปยังวัตถุอื่นทุกวัตถุในซีนนาริโอ x

ตัวอย่าง รูปที่ 3.8 แสดงแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้องของแผนภาพลำดับรูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุถูกนำมาสร้างใหม่ โดยวัตถุในแผนภาพลำดับถูกสร้างเป็นโหนดในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์และการปฏิสัมพันธ์จากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งในแผนภาพลำดับถูกสร้างเป็นเส้นเชื่อมระหว่างโหนดในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์จะมีการกำหนดจุดเริ่มต้นการทำงานของซีนนาริโอเป็นโหนด S และจุดสิ้นสุดการทำงานของซีนนาริโอเป็นโหนด T



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์

จากแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์จะสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ได้ดังตารางที่ 3.6 จากตารางความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนด S ไปยังโหนด ATMCustomer มีเพียงแทรนซิชันเดียวเท่านั้น ดังนั้นความน่าจะเป็นจึงเท่ากับ 1 ส่วนความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนด ATMCustomer ไปยังโหนด CardReaderInterface จะมีค่าเท่ากับ 0.5 เท่านั้น เนื่องจาก ATMCustomer สามารถแทรนซิชันไปยังโหนด CardReaderInterface หรือ CustomerInterface ก็ได้

ตารางที่ 3.6 ความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง

โหนดส่ง \ โหนดรับ	S	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer	T
S	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0
CardReaderInterface	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ATMController	0	0	0	0	0	0.33333	0.33333	0.33333	0
CustomerInterface	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2
ATMTransaction	0	0	0	0	1	0	0	0	0
BankServer	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2) การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ เพื่อพิจารณาความเสี่ยงของทุกๆ วัตถุและการปฏิสัมพันธ์ และการสร้างเมทริกซ์ความเป็นไปได้ในการแทรนซิชันของแบบจำลองความเสี่ยงซีนนาริโอ โดยแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอจะมีลักษณะเหมือนแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ แต่จะมีการเพิ่มโหนดของสถานะระดับความผิดพลาดเข้าไปในแบบจำลอง ซึ่งในที่นี้จะเรียกโหนดที่เป็นวัตถุทุกโหนด และโหนด S ว่า โหนดสถานะชั่วคราว (Transient State) และเรียกโหนดของสถานะระดับความผิดพลาดทุกโหนด และโหนด T ว่า โหนดสถานะดูดกลืน (Absorbing State) จากแบบจำลองนี้จะอธิบายความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดใดๆ ไปยังโหนดอื่นๆ ซึ่งรวมถึงโหนดสถานะระดับความผิดพลาดด้วย เมื่อได้

แบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอแล้วจะสามารถนำมาเขียนเมทริกซ์ $\overline{P}_R$ แสดงความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันในซีนนาริโอ x และสามารถคำนวณหาเมทริกซ์ A_U ซึ่งอธิบายความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราว และทำงานสิ้นสุดที่โหนดสถานะดูดกลืนใดๆ ดังนี้

$$\overline{P}_R = \begin{bmatrix} Q_S & C_T \\ 0 & I \end{bmatrix}$$

ซึ่ง R เป็นความสัมพันธ์จากโหนดใดๆ ไปยังโหนดใดๆ ในแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ x

$$A_U = (I - Q_S)^{-1} C_T$$

ซึ่ง U เป็นความสัมพันธ์จากโหนดสถานะชั่วคราวใดๆ ไปยังโหนดสถานะดูดกลืนใดๆ ในซีนนาริโอ x

โดย Q_S คือ เมทริกซ์ย่อยที่อธิบายความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราว ไปยังโหนดสถานะชั่วคราวในซีนนาริโอ x เพื่อแสดงให้เห็นโอกาสในการทำงานของซอฟต์แวร์ที่จะมีการเปลี่ยนสถานะจากโหนดวัตถุหนึ่งไปยังอีกโหนดวัตถุหนึ่งในระหว่างการทำงาน ซึ่งค่าในเมทริกซ์สามารถนิยามได้ดังนี้

$$Q_S = \left[q_{ij} \right]$$

ซึ่ง $q_{ij} = (1 - RF_i) \cdot p_{ij} \cdot (1 - RF_{ij})$ โดยที่ $i,j \in S$ และ S เป็นความสัมพันธ์จากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราว ในแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ x

q_{ij} คือ ค่าของเมทริกซ์ในแถวที่ i หลักที่ j ของซีนนาริโอ x ที่คำนวณได้จากกรณีที่โหนดวัตถุ i ไม่เกิดความเสี่ยง $(1\text{-}RF_i)$ คูณกับความน่าจะเป็นเชิงเงื่อนไขที่โปรแกรมจะกระทำวัตถุ i เสร็จสมบูรณ์ แล้วโปรแกรมจะกระทำวัตถุ j (p_{ij}) และคูณกับกรณีที่การปฏิสัมพันธ์ระหว่างโหนดวัตถุ i และ j ไม่เกิดความเสี่ยงเช่นกัน $(1\text{-}RF_{ij})$

C_T คือ เมทริกซ์ย่อยที่อธิบายความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจาก โหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืนในซีนนาริโอ x เพื่อแสดงให้เห็นถึงโอกาสความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระดับต่างๆ ระหว่างการทำงานของวัตถุในซอฟต์แวร์

$$C_T = [c_{ij}]$$

ซึ่ง $c_{ij} = RF_i + (1 - RF_i) \cdot p_{ij} \cdot RF_{ij}$ $i,j \in T$ และ T เป็นความสัมพันธ์จากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน ในแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ x

c_{ij} คือ ค่าของเมทริกซ์ในแถวที่ i หลักที่ j ของซีนนาริโอ x ที่คำนวณได้จากความเสี่ยงของโหนดวัตถุ i (RF_i) บวกกับ ผลคูณของกรณีโหนดวัตถุ i ไม่เกิดความเสี่ยง $(1\text{-}RF_i)$ และความน่าจะเป็นเชิงเงื่อนไขที่โปรแกรมจะกระทำวัตถุ i เสร็จสมบูรณ์ แล้วโปรแกรมจะกระทำวัตถุ j (p_{ij}) และกรณีที่การปฏิสัมพันธ์ระหว่างโหนดวัตถุ i และ j เกิดความเสี่ยงเช่นกัน (RF_{ij})

I คือ เมทริกซ์เอกลักษณ์

0 คือ เมทริกซ์ศูนย์

A_U คือ เมทริกซ์ที่อธิบายความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราว และสิ้นสุดการทำงานที่โหนดสถานะดูดกลืนใดๆ

ตัวอย่าง รูปที่ 3.9 แสดงแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง ซึ่งถูกปรับปรุงจากแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์โดยเพิ่มโหนดระดับความผิดพลาดและสร้างเส้นแทรนซิชันจากโหนดทุกโหนดที่มีความเสี่ยงตามแต่ละระดับความผิดพลาดไปยังโหนดระดับความผิดพลาดนั้น เช่น โหนด ATMCustomer มีความเสี่ยงของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุอยู่ในระดับเล็กน้อย ก็จะสร้างเส้นแทรนซิชันไปยังโหนดระดับความผิดพลาดเล็กน้อย

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ

ค่าในตาราง 3.7 เป็นค่าของเมทริกซ์ Q_S ที่แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราว ไปยังโหนดสถานะชั่วคราว สามารถคำนวณได้จากนิยามข้างต้นที่ได้กล่าวไว้แล้ว เช่น ค่าของอิลิเมนต์ในเมทริกซ์ Q_S ที่แสดงความสัมพันธ์จากโหนด ATMCustomer ซึ่งในที่นี้ให้เป็นโหนด i ไปยัง CardReaderInterface ซึ่งในที่นี้ให้เป็นโหนด j สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$q_{ij} = (1 - RF_i) \cdot p_{ij} \cdot (1 - RF_{ij})$$

จากสูตร หมายถึง ความน่าจะเป็นของการเกิดแทรนซิชันได้ก็ต่อเมื่อ โหนด i ไม่เกิดการทำงานที่ผิดพลาด $(1 - RF_i)$ และโหนด i และโหนด j มีความน่าจะเป็นของการแทรนซิชันต่อกัน และการแทรนซิชันดังกล่าวต้องไม่เกิดข้อผิดพลาด $(1 - RF_{ij})$ ทำให้เกิดการทำงานจากวัตถุ i ไปยังวัตถุ j ได้

ตารางที่ 3.7 ค่าของเมทริกซ์ Q แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราว ไปยังโหนดสถานะชั่วคราว

โหนดส่ง \ โหนดรับ	S	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer
S	0	1	0	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0	0.4921875	0	0	0.4921875	0	0
CardReaderInterface	0	0	0	0.4921875	0.4921875	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0	0.9843750	0	0
ATMController	0	0	0	0	0	0.1888364	0.1986037	0.1986037
CustomerInterface	0	0.1875000	0	0.1937500	0.1937500	0	0.1937500	0
ATMTransaction	0	0	0	0	0.9843750	0	0	0
BankServer	0	0	0	0	0.9687500	0	0	0

ค่าในตาราง 3.8 เป็นค่าของเมทริกซ์ C_T ที่แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจาก โหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน สามารถคำนวณได้จากนิยามข้างต้นที่ได้กล่าวไว้แล้ว เช่น ค่าของอิลิเมนต์ในเมทริกซ์ C_T ที่แสดงความสัมพันธ์จากโหนด ATMCustomer ซึ่งในที่นี้ให้เป็นโหนด i ไปยัง F(Minor) กรณีเกิดความเสี่ยงจากวัตถุ ATMCustomer หรือเกิดความผิดพลาดจากการปฏิสัมพันธ์กับ CardReaderInterface ซึ่งในที่นี้

ให้เป็นโหนด j หรือเกิดความผิดพลาดจากการปฏิสัมพันธ์กับ CustomerInterface ซึ่งในที่นี้ให้เป็นโหนด k สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$c_{ij} = RF_i + ((1 - RF_i) \cdot p_{ij} \cdot RF_{ij}) + ((1 - RF_i) \cdot p_{ik} \cdot RF_{ik})$$

จากสูตร หมายถึง ความน่าจะเป็นของการเกิดแทรนซิชันไปยังโหนดระดับความผิดพลาด เกิดจากผลรวมความผิดพลาดที่เกิดจากโหนด i คือ RF_i รวมกับความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างโหนด i ไปยังโหนด j คือ $(1 - RF_i) \cdot p_{ij} \cdot RF_{ij}$ และความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างโหนด i ไปยังโหนด k คือ $(1 - RF_i) \cdot p_{ik} \cdot RF_{ik}$

ตารางที่ 3.8 ค่าของเมทริกซ์ C ที่แสดงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจาก โหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0.0156250	0	0	0
CardReaderInterface	0	0.0156250	0	0	0
ATMCard	0	0.0156250	0	0	0
ATMController	0	0	0	0.4139562	0
CustomerInterface	0.200000	0	0.0312500	0	0
ATMTransaction	0	0.0156250	0	0	0
BankServer	0	0	0.0312500	0	0

หลังจากที่ได้เมทริกซ์ Q_S และ C_T แล้วจะสามารถคำนวณหาเมทริกซ์ A_U ได้ดังตารางที่ 3.9 ซึ่งแสดงค่าของความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราวและสิ้นสุดการทำงานที่โหนดสถานะดูดกลืนใดๆ

ผลของเมทริกซ์ A ที่เริ่มต้นด้วยโหนด S และไปสิ้นสุดที่โหนด T และโหนดความเสี่ยงระดับต่างๆ ถูกสนใจและนำมาเขียน ดังตารางที่ 3.10 เป็นตัวอย่างรายงานความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม ซึ่งได้มีการแยกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเป็นแต่ละระดับความเสี่ยง รวมเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ และโอกาสการทำงานสำเร็จโดยไม่มีความผิดพลาดของการทำงานเกิดขึ้น ทุกซีนนาริโอในฟังก์ชันงานทุกฟังก์ชันงานถูกคำนวณเช่นเดียวกัน ความเสี่ยงในแต่ละซีนนาริโอที่ได้จะถูกจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงตาม

โอกาสของความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอที่จะเกิดขึ้น หลังจากที่ได้ความเสี่ยงในแต่ละซีนนาริโอที่ได้มีการจัดลำดับไว้ตามโอกาสของความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นแล้ว แต่ละฟังก์ชันจึงสามารถคำนวณหาความเสี่ยงของฟังก์ชันงานได้ ดังสูตร

$$RiskFunction_i = \sum_{k=1}^{n} (\alpha_k \bullet RiskScenario_k)$$

โดย $RiskFunction_i$ คือ ความเสี่ยงของฟังก์ชันงาน i ในระบบ

$RiskScenario_k$ คือ ค่าความเสี่ยงของซีนนาริโอ k ภายในฟังก์ชันงาน i

α_k คือ ค่าน้ำหนักซึ่งแสดงถึงโอกาสที่ซีนนาริโอ k ใดๆ จะถูกเรียกใช้งาน มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยผลรวมของ α_k ในทุกซีนนาริโอของทุกฟังก์ชันงานจะต้องมีค่าเป็น 1 ค่านี้จะถูกกำหนดได้จากการทดลองหรือเก็บค่าทางสถิติ เพื่อแสดงถึงโอกาสการเกิดการใช้งานของฟังก์ชัน

ตารางที่ 3.9 ค่าของเมทริกซ์ที่อธิบายความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราว และสิ้นสุดการทำงานที่โหนดสถานะดูดกลืนใดๆ

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0.2984812	0.048201	0.055599	0.597719	0
ATMCustomer	0.2984812	0.048201	0.055599	0.597719	0
CardReaderInterface	0.2358315	0.041512	0.046979	0.675678	0
ATMCard	0.3648158	0.039913	0.064953	0.530317	0
ATMController	0.1143338	0.012682	0.030496	0.842488	0
CustomerInterface	0.3706065	0.024674	0.065984	0.538735	0
ATMTransaction	0.1125474	0.028109	0.030019	0.829325	0
BankServer	0.1107609	0.012285	0.060793	0.816160	0

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิทยานิพนธ์นี้ คือ รายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่แสดงความเสี่ยงของระบบโดยแยกความเสี่ยงออกเป็นฟังก์ชันการทำงาน ดังตารางที่ 3.11 แสดงค่าความเสี่ยงของระบบ ซึ่งในระดับวิกฤตมีค่า 0.60195 โดยฟังก์ชัน Validate PIN มีสัดส่วนของความเสี่ยงสูงสุด คือ 0.28545 จากผลนี้สามารถตามรอย (Trace) กลับไปดูได้ว่าความเสี่ยงของฟังก์ชันงานที่เกิดขึ้นนี้ เกิดจากความเสี่ยงของซีนนาริโอใดสูงที่สุด ในตาราง 3.10 นอกจากนี้ยังสามารถตามรอยกลับไปดูในตารางที่ 3.9 ได้ว่าความเสี่ยงของซีนนาริโอใดๆ ที่มี

ความเสี่ยงสูงมาก เกิดจากความเสี่ยงของวัตถุใดที่ทำงานอยู่ในซีนนาริโอนั้น เพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดการกับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ขั้นตอนของแนวคิดกระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาสร้างเป็นกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากพฤติกรรมของวัตถุได้

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างรายงานความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชันงาน ความน่าจะเป็น	ซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง / ฟังก์ชันการตรวจสอบรหัส (Validate PIN)	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสไม่ถูกต้อง / ฟังก์ชันการตรวจสอบรหัส (Validate PIN)
ระดับเล็กน้อย	0.0414235	0.0487383
ระดับค่อนข้างวิกฤต	0.0393018	0.0587515
ระดับวิกฤต	0.6818948	0.5571484
ระดับหายนะ	0	0
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.7626201	0.6646481
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.2373799	0.3353519
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0

ตารางที่ 3.11 ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบเอทีเอ็ม

ฟังก์ชันงาน	ซีนนาริโอ	ความเสี่ยงของซีนนาริโอ ($RiskScenario_k$)	ค่าน้ำหนัก (α)	ความเสี่ยงของฟังก์ชันงาน ($RiskFunction_i$)
Validate PIN	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง	0.7626201	0.2	0.2854536
	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสไม่ถูกต้อง	0.6646481	0.2	
Withdraw Money	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินถูกต้อง	0.5240825	0.2	0.2116751
	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินมากกว่าเงินที่มีอยู่ในบัญชี	0.5342931	0.2	
Inquire Balance	การสอบถามยอดเงินคงเหลือ	0.5241223	0.2	0.1048245
รวม			1.0	0.6019532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การออกแบบกรอบงานและเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบกรอบงานและเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว โดยจะกล่าวถึงการออกแบบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยง สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนา โครงสร้างเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การออกแบบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

หลังจากที่ได้นำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนในบทที่ 3 แล้ว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแนวคิดดังกล่าว นำเสนอเป็นกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ ดังรูปที่ 4.1

จากรูปแสดงกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง อธิบายการทำงานของกรอบงานซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนข้อมูลนำเข้า ส่วนกระบวนการประเมินความเสี่ยง และส่วนข้อมูลส่งออก โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

1) ส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย ข้อมูลนำเข้าส่วนย่อยแรกเป็นสถาปัตยกรรมของซอฟต์แวร์ ซึ่งรวมถึงแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่แสดงด้วยแผนภาพยูสเคส แบบจำลองเชิงโครงสร้างที่แสดงด้วยแผนภาพคลาส และแบบจำลองเชิงพฤติกรรมที่แสดงด้วยแผนภาพลำดับและแผนภาพสเตทแมชชีน ข้อมูลนำเข้าส่วนย่อยที่สองคือค่าความรุนแรงของแต่ละปัจจัยความเสี่ยงซึ่งถูกวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

2) ส่วนกระบวนการประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

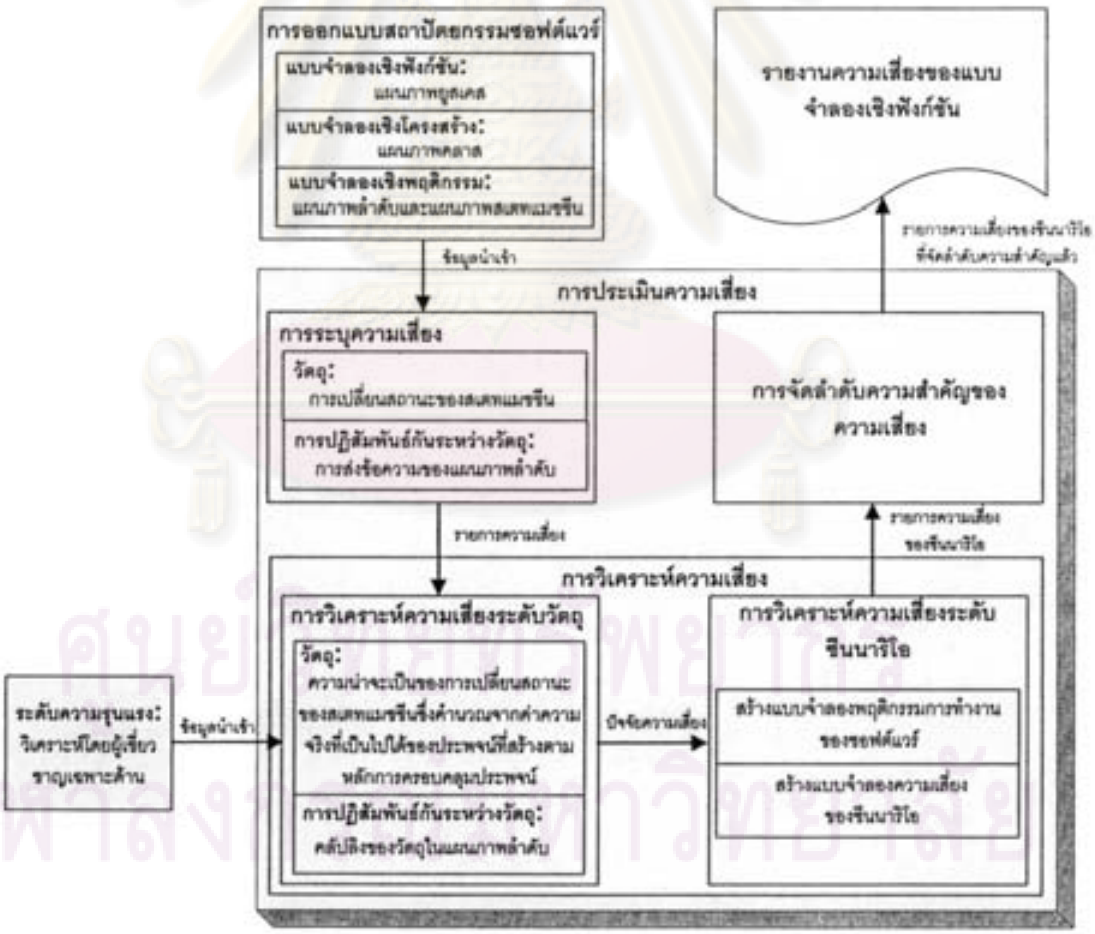
(1) ขั้นตอนการระบุความเสี่ยง เป็นกระบวนในการระบุความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ จากแผนภาพสเตทแมชชีนและแผนภาพลำดับตามลำดับ ผลลัพธ์ของกระบวนการนี้คือรายการของความเสี่ยงที่เป็นไปได้

(2) ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยง เป็นกระบวนการในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของแต่ละปัจจัยความเสี่ยงที่ระบุในขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยจะวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของพฤติกรรมของวัตถุจากจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ของตรรกะของประพจน์ที่ถูกสร้างขึ้นจาก

เงื่อนไขบนแต่ละแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีนกับระดับความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้น และวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละปัจจัยความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุจากค่าคลัปปลิงของข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับกับระดับความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้น หลังจากวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุแล้ว ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์เพื่อแสดงความน่าจะเป็นของการเรียกใช้กันของวัตถุในการทำงานซอฟต์แวร์ จากนั้นแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์นี้จะถูกปรับปรุงไปเป็นแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันงานต่อไป

(3) การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง เป็นกระบวนการที่จะเรียงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในแต่ละซีนนาริโอของฟังก์ชันการทำงานจากมากไปน้อย

3) ส่วนข้อมูลส่งออก เป็นรายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน ที่จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ จัดการ และควบคุมความเสี่ยงต่อไป



รูปที่ 4.1 กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้ประกอบด้วยคอมโพเนนต์ต่างๆ หลายส่วนที่ทำงานร่วมกัน ดังนี้

4) การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์
5) การประเมินความเสี่ยง
6) การระบุความเสี่ยง
7) การวิเคราะห์ความเสี่ยง
8) การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ
9) การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ
10) การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง
11) รายงานความเสี่ยง

โดยแต่ละคอมโพเนนต์ของกรอบงานนี้ผู้วิจัยได้ใช้แผ่นแบบ (Template) ที่ได้ปรับปรุงมาจากคำอธิบายยูสเคส (Use Case Description) และมาตรฐานไอทริปเปิลอีสำหรับการพัฒนากระบวนการวงจรชีวิตซอฟต์แวร์ (IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processess) [18] เพื่อให้ได้รายละเอียดครบถ้วนสำหรับการอธิบายขั้นตอนการทำงานของแต่ละคอมโพเนนต์ในกรอบงาน ดังตารางที่ 4.1 (คำอธิบายคอมโพเนนต์ต่างๆ ของกรอบงานแสดงในภาคผนวก ข)

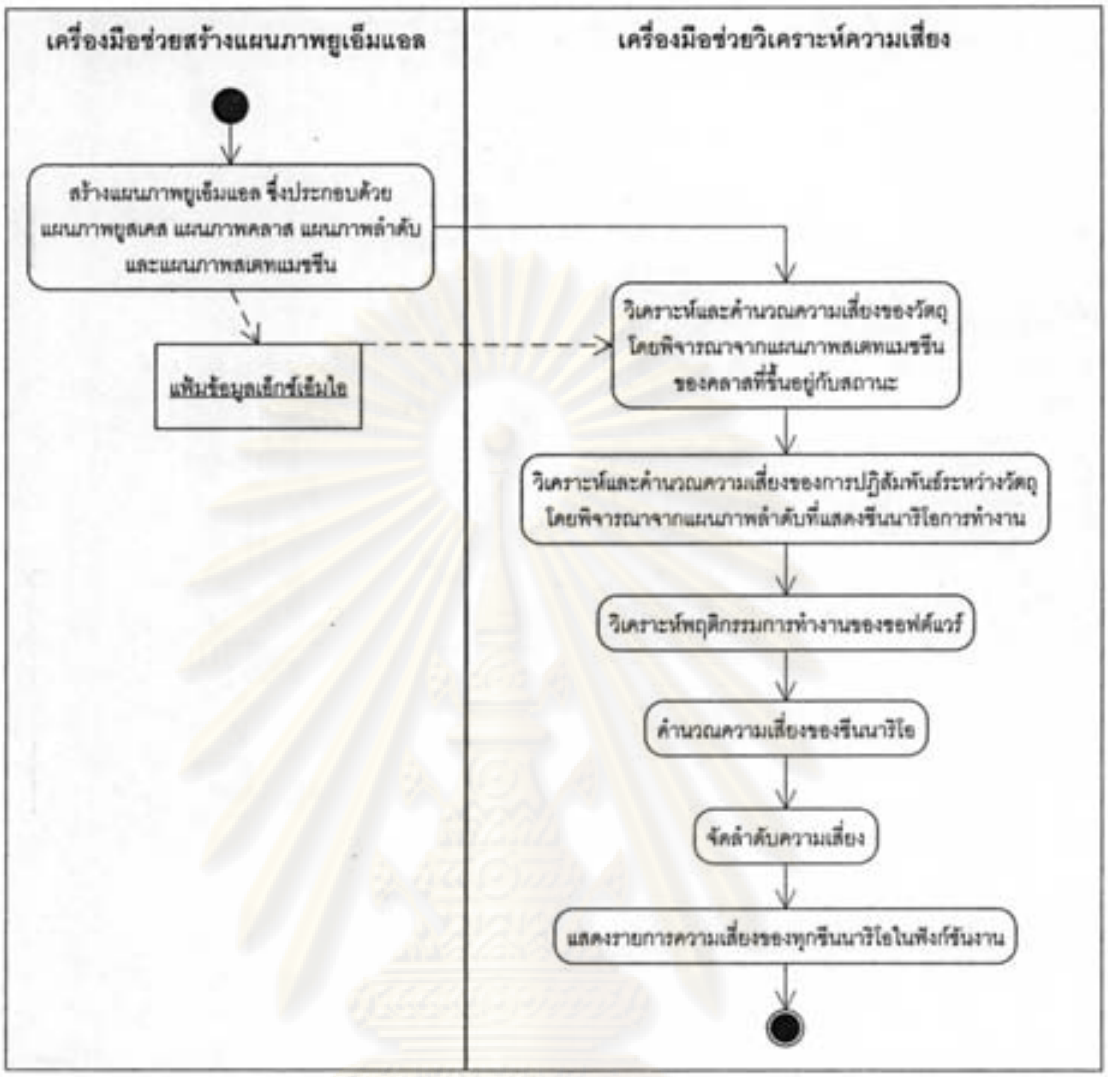
4.2 การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

4.2.1 การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

รูปที่ 4.2 เป็นภาพรวมของกระบวนการทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุของเครื่องมือที่ออกแบบ ซึ่งผู้พัฒนาหรือผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบเป็นผู้ใช้เครื่องมือ เริ่มต้นจากการสร้างแผนภาพยูเอ็มแอลโดยในการวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือช่วยสร้างแผนภาพยูเอ็มแอล วิชวลพาราไดม์สำหรับยูเอ็มแอล (Visual Paradigm for UML) สำหรับการสร้างแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน แล้วส่งออกข้อมูลของแผนภาพยูเอ็มแอลดังกล่าวให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับเครื่องมือ ในส่วนของการทำงานของเครื่องมือจะนำแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอไปสกัดเอาข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ และวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ

ตารางที่ 4.1 แผ่นแบบคำอธิบายคอมโพเนนต์ของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

[ชื่อกรอบงาน]			
ผู้เขียน (Author):	[ชื่อขององค์กรหรือผู้เขียนเอกสาร]	**วันที่** (Date):	[วันที่ที่สร้างเอกสาร]
		รุ่น (Version):	[รุ่นของเอกสาร]
ชื่อคอมโพเนนต์ (Component Name):	[ชื่อของคอมโพเนนต์ ใช้สำหรับอ้างอิง]		
รหัสคอมโพเนนต์ (Component ID):	[หมายเลขคอมโพเนนต์ ใช้สำหรับอ้างอิง]		
ผู้เกี่ยวข้องหลัก (Primary Actor):	[ผู้ที่เกี่ยวข้องกับคอมโพเนนต์ ซึ่งเป็นผู้กระตุ้นและได้รับผลลัพธ์จากคอมโพเนนต์]		
เอกสารที่เกี่ยวข้อง (Related Document):	[เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมโพเนนต์ หรือเอกสารที่คอมโพเนนต์อ้างอิงถึง]		
คำอธิบายประกอบ (Description):	[คำอธิบายประกอบของคอมโพเนนต์ อธิบายถึงหน้าที่ของคอมโพเนนต์]		
เงื่อนไขก่อน (Precondition):	[เงื่อนไขหรือข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาก่อนการดำเนินกิจกรรมภายในคอมโพเนนต์]		
การกระตุ้น (Trigger):	[ผู้ที่เกี่ยวข้องกับคอมโพเนนต์ หรือคอมโพเนนต์อื่นที่มากระตุ้นให้คอมโพเนนต์นี้เริ่มทำกิจกรรม]		
ความสัมพันธ์ (Relationships):	คอมโพเนนต์แม่: [คอมโพเนนต์แม่ หรือคอมโพเนนต์หลักของคอมโพเนนต์นี้] คอมโพเนนต์ย่อย: [คอมโพเนนต์ย่อยของคอมโพเนนต์นี้]		
ข้อมูลนำเข้า (Input):	[ข้อมูลนำเข้าของคอมโพเนนต์ ซึ่งอาจจะมาจากผู้เกี่ยวข้องหรือมาจากคอมโพเนนต์อื่น]		
กระบวนการ (Process):	[กิจกรรมหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในการทำงานของคอมโพเนนต์นี้]		
กระบวนการทางเลือก (Alternative Process):	[สำหรับกำหนดบางกิจกรรมหรือบางกระบวนการที่มีทางเลือกมากกว่าหนึ่ง]		
ข้อมูลส่งออก (Output):	[ข้อมูลส่งออกของคอมโพเนนต์]		
เงื่อนไขหลัง (Postcondition):	[เงื่อนไขหรือข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาหลังการดำเนินกิจกรรมภายในคอมโพเนนต์]		
สรุป (Conclusion):	[สรุปกิจกรรมภายในคอมโพเนนต์]		
ข้อสมมุติฐาน (Assumptions):	[สมมุติฐานที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาการทำงานของคอมโพเนนต์]		



รูปที่ 4.2 ภาพรวมกระบวนการทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุของเครื่องมือที่ออกแบบ

สาเหตุที่ต้องมีการแปลงแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีนเป็นเอกสารเอ็กซ์เอ็มไอ เนื่องจากไม่สามารถนำแผนภาพทั้ง 4 มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเครื่องมือได้โดยตรง ผู้วิจัยจึงได้สำรวจวิธีการในการที่จะได้มาซึ่งข้อมูลจากแผนภาพยูเอ็มแอล พบว่าสามารถที่จะจัดเก็บแบบจำลองยูเอ็มแอลในรูปของแฟ้มข้อมูลชนิดเอ็กซ์เอ็มแอลตามมาตรฐานเอ็กซ์เอ็มไอ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่สามารถทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบจำลองยูเอ็มแอลระหว่างเครื่องมือต่างๆ เป็นไปได้โดยสะดวก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกที่จะใช้เครื่องมือที่ชื่อ วิซวลพาราไดม์ ซึ่งสามารถส่งออกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอได้ อีกทั้งเป็นเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนการสร้าง

แผนภาพยูเอ็มแอล รุ่น 2.0 ได้อย่างดี (โครงสร้างและตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่ใช้กับเครื่องมือ แสดงในภาคผนวก ค)

4.2.2 การออกแบบเครื่องมือ

ในส่วนของการวิเคราะห์และออกแบบจะใช้แผนภาพยูสเคส และแผนภาพคลาส เป็นเครื่องมือในการใช้วิเคราะห์และออกแบบ รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมของเครื่องมือ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือที่สนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยง

แผนภาพยูสเคสเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงหน้าที่และฟังก์ชันต่างๆ ของระบบในมุมมองของผู้ใช้งาน ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้สามารถทำอะไรกับระบบได้บ้าง โดยแผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน แสดงดังรูปที่ 4.3 โดยผู้ใช้เครื่องมือสามารถใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และคำนวณความเสี่ยงจากแผนภาพยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอได้

รูปที่ 4.3 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน

สำหรับคำอธิบายยูสเคสแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 โดยโครงสร้างข้อมูลของระบบ จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดยูสเคสการสกัดข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน			
ชื่อผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ.2550
		รุ่น:	2.0
ชื่อยูสเคส:	สกัดข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ	ประเภทยูสเคส ความต้องการทางธุรกิจ: ☑ การวิเคราะห์ระบบ: ☑	
หมายเลขยูสเคส:	201		
ลำดับความสำคัญ:	สูง		
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนการสกัดข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ		
เงื่อนไขก่อน:	ต้องมีการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลซึ่งประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ที่มีความสัมพันธ์กัน และทำการส่งออกข้อมูลออกมาให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอก่อน		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยการนำเข้าแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูเอ็มแอลที่ต้องการวิเคราะห์		
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ	
	1. ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงเลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า	2. ระบบทำการอ่านแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 3. ระบบทำการสกัดข้อมูลของแผนภาพยูสเคสจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 4. ระบบทำการสกัดข้อมูลของแผนภาพคลาสจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 5. ระบบทำการสกัดข้อมูลของแผนภาพลำดับจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ 6. ระบบทำการสกัดข้อมูลของแผนภาพสเตทแมชชีนจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ	
สายงานทางเลือก:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนของการสกัดข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ เมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของระบบที่ได้ออกแบบ		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สมมุติฐาน:	แผนภาพยูเอ็มแอลที่ผู้วิเคราะห์นำมาใช้ในการคำนวณความเสี่ยงต้องเป็นแผนภาพที่ออกแบบถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความน่าจะเป็นของความเสี่ยง

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน			
ชื่อผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ.2550
		รุ่น:	2.0
ชื่อยูสเคส:	คำนวณความน่าจะเป็นของความเสี่ยง	ประเภทยูสเคส	
หมายเลขยูสเคส:	ว02	ความต้องการทางธุรกิจ:	☑
ลำดับความสำคัญ:	สูง	การวิเคราะห์ระบบ:	☑
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนการคำนวณความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันในแผนภาพยูเอ็มแอล		
เงื่อนไขก่อน:	ต้องมีการสกัดข้อมูลแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูเอ็มแอลซึ่งประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ที่มีความสัมพันธ์กันก่อน		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบที่ได้ออกแบบไว้		
ความสัมพันธ์:	Association: -		
	Include: ว03, ว04		
	Extend: -		
	Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ	
	1. ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงเลือกเมนูเริ่มคำนวณความเสี่ยง 3. ผู้วิเคราะห์ใส่ระดับความรุนแรงของแต่ละรายการปัจจัยความเสี่ยง	2. ส่วนต่อประสานของระบบแสดงรายการปัจจัยความเสี่ยงของข้อมูลนำเข้า 4. ระบบคำนวณค่าความเสี่ยงในระดับวัตถุ 5. ระบบคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ 6. ระบบจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง 7. ระบบรายงานความเสี่ยงของทุกซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันงาน	
สายงานทางเลือก:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน เมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของระบบที่ได้ออกแบบ		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สมมุติฐาน:	แผนภาพยูเอ็มแอลที่ผู้วิเคราะห์นำมาใช้ในการคำนวณความเสี่ยงต้องเป็นแผนภาพที่ออกแบบถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน			
ชื่อผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ.2550
		รุ่น:	2.0
ชื่อยูสเคส:	คำนวณความเสี่ยงของวัตถุ	ประเภทยูสเคส ความต้องการทางธุรกิจ: ☑ การวิเคราะห์ระบบ: ☑	
หมายเลขยูสเคส:	203		
ลำดับความสำคัญ:	สูง		
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนการคำนวณความเสี่ยงระดับวัตถุ		
เงื่อนไขก่อน:	-		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ		
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	**การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง**	**การตอบสนองของระบบ**	
	1. ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงเลือกเมนูการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ	2. ระบบคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของวัตถุจากแผนภาพสเตทแมชชีน 3. ส่วนต่อประสานของระบบแสดงผลความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของวัตถุ	
	4. ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงเลือกเมนูการคำนวณความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ	5. ระบบคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุจากแผนภาพลำดับ 6. ส่วนต่อประสานของระบบแสดงผลความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ	
สายงานทางเลือก:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุของระบบที่ได้ออกแบบ		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สมมุติฐาน:	แผนภาพยูเอ็มแอลที่ผู้วิเคราะห์นำมาใช้ในการคำนวณความเสี่ยงต้องเป็นแผนภาพที่ออกแบบถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

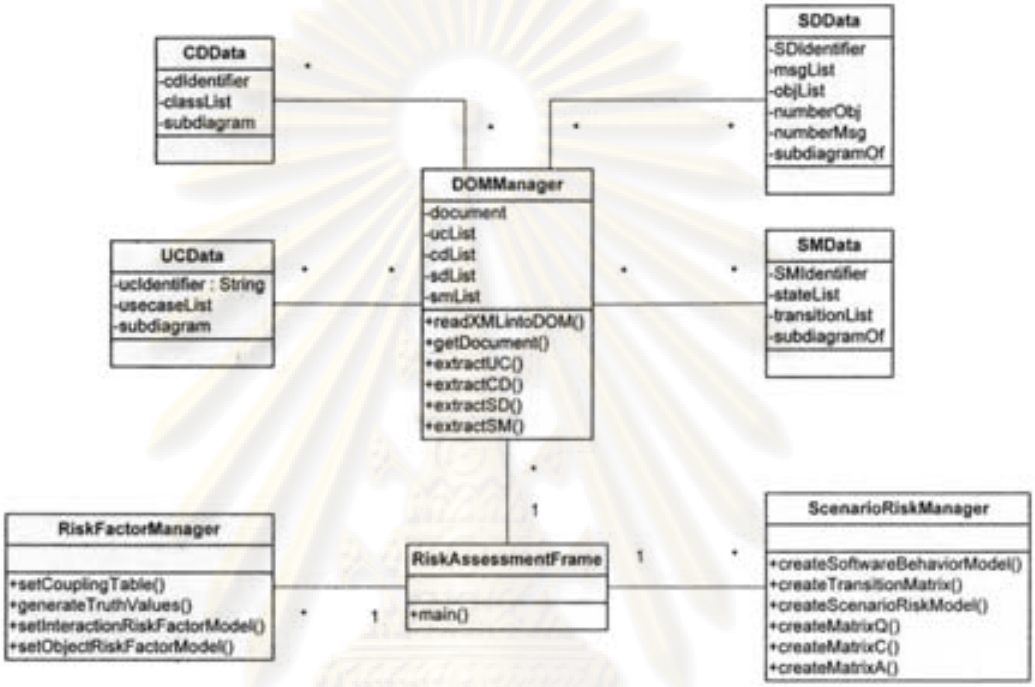
ตารางที่ 4.5 รายละเอียดยูสเคสการคำนวณความเสี่ยงของซีนนาริโอ

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน			
ชื่อผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ.2550
		รุ่น:	2.0
ชื่อยูสเคส:	คำนวณความเสี่ยงของซีนนาริโอ	ประเภทยูสเคส	
หมายเลขยูสเคส:	204	ความต้องการทางธุรกิจ:	☑
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง	การวิเคราะห์ระบบ:	☑
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนการคำนวณความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันในระดับซีนนาริโอ		
เงื่อนไขก่อน:	-		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบที่ได้ออกแบบไว้		
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ	
	1. ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงเลือกเมนูการคำนวณความเสี่ยงของซีนนาริโอ	2. ระบบสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ 3. ระบบคำนวณความน่าจะเป็นในเมทริกซ์ P 4. ระบบสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ 5. ระบบคำนวณความน่าจะเป็นในเมทริกซ์ Q 6. ระบบคำนวณความน่าจะเป็นในเมทริกซ์ C 7. ระบบคำนวณความน่าจะเป็นในเมทริกซ์ A	
สายงานทางเลือก:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของของซีนนาริโอในแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สมมุติฐาน:	แผนภาพยูเอ็มแอลที่ผู้วิเคราะห์นำมาใช้ในการคำนวณความเสี่ยงต้องเป็นแผนภาพที่ออกแบบถูกต้องตามวากยสัมพันธ์ของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) แผนภาพคลาสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง

แผนภาพคลาสเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงคลาส และโครงสร้างความสัมพันธ์ของแต่ละคลาสในระบบ โดยแผนภาพคลาสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน

จากแผนภาพคลาสในรูปที่ 4.4 แต่ละคลาสมีจุดประสงค์และรายละเอียดของคลาสที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.6

4.3 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ

ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ มีดังนี้

4.3.1 ฮาร์ดแวร์

1) เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุก (Notebook) หน่วยประมวลผลอินเทลคอทูดูโอ 1.66 กิกะเฮิร์ทซ์ (Intel Core 2 Duo Processor 1.66 Gigahertz)

2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 1.5 กิกะไบต์ (1.5 Gigabyte)

3) ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 160 กิกะไบต์ (160 Gigabyte)

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดของคลาสของเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยง

คลาส	คำอธิบาย
RiskAssessmentFrame	ทำหน้าที่เป็นคลาสหลักของเครื่องมือ ในการแสดงส่วนต่อประสาน และการนำข้อมูลจากคลาสอื่นๆ มาแสดงที่ส่วนต่อประสาน
DOMManager	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอมาเป็นข้อมูลซึ่งจะสามารถถูกนำมาใช้ในการคำนวณความเสี่ยงได้
UCData	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแผนภาพยูสเคสที่ได้จากการแปลงของ DOMManager
CDData	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแผนภาพคลาสที่ได้จากการแปลงของ DOMManager
SDData	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแผนภาพลำดับที่ได้จากการแปลงของ DOMManager
SMData	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแผนภาพสเตทแมชชีนที่ได้จากการแปลงของ DOMManager
RiskFactorManager	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่คำนวณความเสี่ยงของวัตถุ
ScenarioRiskManager	เป็นคลาสที่ทำหน้าที่คำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ

4.3.2 ซอฟต์แวร์

1) ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ไมโครซอฟท์วินโดวส์เอ็กซ์พีโพรเฟชชันแนล (Microsoft Windows XP Professional)

2) เครื่องมือพัฒนาด้วยภาษาจาวา เน็ตบีนส์ รุ่น 5.5 (NetBeans IDE 5.5)

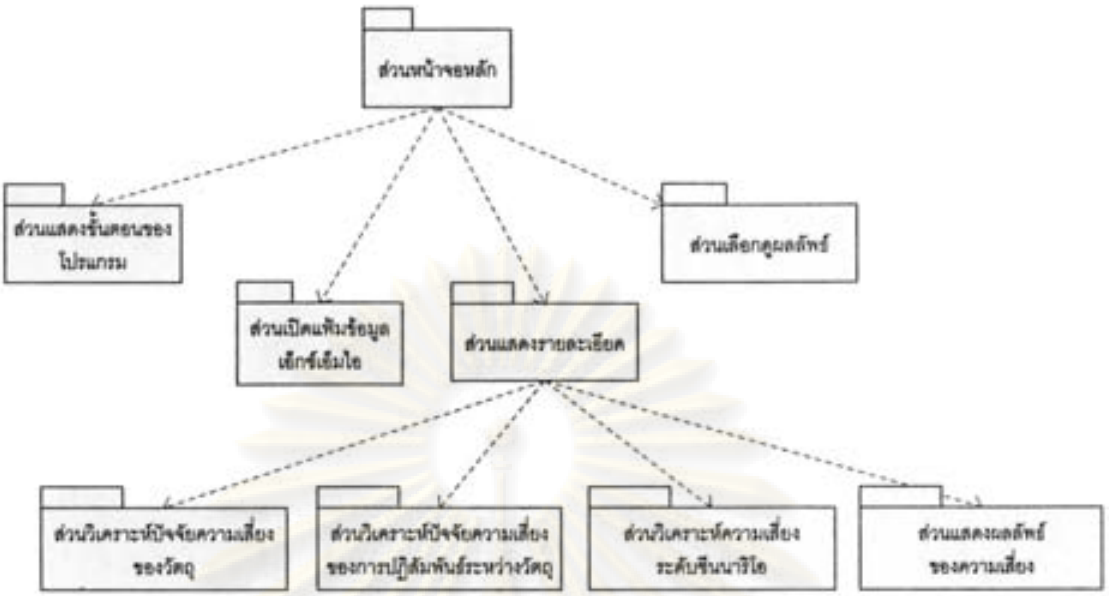
3) ภาษาจาวาสำหรับพัฒนา เจทูเอสอี 6.0 (J2SE Development Kit 6.0)

4) เครื่องมือช่วยสร้างเอกสารแผนภาพยูเอ็มแอล วิชวลพาราไดม์สำหรับยูเอ็มแอล (Visual Paradigm for UML) รุ่น 6.0

4.4 โครงสร้างของเครื่องมือ

โครงสร้างของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน จะอธิบายโดยใช้แผนภาพแพ็กเก็จ ซึ่งเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ในระบบ โดยแผนภาพส่วนประกอบของเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน แสดงได้ดังรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 โครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องมือ

จากรูปที่ 4.5 เป็นโครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องมือ (ซึ่งรายละเอียดการใช้งานเครื่องมือจะอยู่ในภาคผนวก ง) ในแต่ละส่วนมีหน้าจอ ดังนี้

1) ส่วนหน้าจอหลัก เป็นส่วนต่อประสานหลักของเครื่องมือที่จะติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อยต่างๆ คือ ส่วนแสดงขั้นตอนของโปรแกรม ส่วนเปิดแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ ส่วนแสดงรายละเอียด และส่วนเลือกดูผลลัพธ์ แสดงดังรูปที่ 4.6

2) ส่วนแสดงขั้นตอนของโปรแกรม (Program Steps) เป็นส่วนที่แสดงสถานะการทำงานของโปรแกรม โดยแสดงเป็นชื่อขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงของเครื่องมือ ดังส่วนที่ 1 ในรูปที่ 4.6

3) ส่วนเปิดแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ เป็นส่วนที่ใช้เลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง แสดงดังส่วนที่ 2 ในรูปที่ 4.6 เมื่อกดปุ่มค้นดู (Browse) เครื่องมือจะแสดงหน้าต่างสำหรับการเลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอขึ้นมาดังรูปที่ 4.7

4) ส่วนแสดงรายละเอียด เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยง แสดงดังส่วนที่ 3 ในรูปที่ 4.6 โดยภายในส่วนแสดงรายละเอียดจะประกอบด้วยส่วนย่อยต่างๆ ดังนี้

(1) ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ เป็นส่วนที่แสดงรายการความเสี่ยงของวัตถุเพื่อให้ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงทำการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของวัตถุในรายการความเสี่ยงแต่ละรายการ ดังรูปที่ 4.8

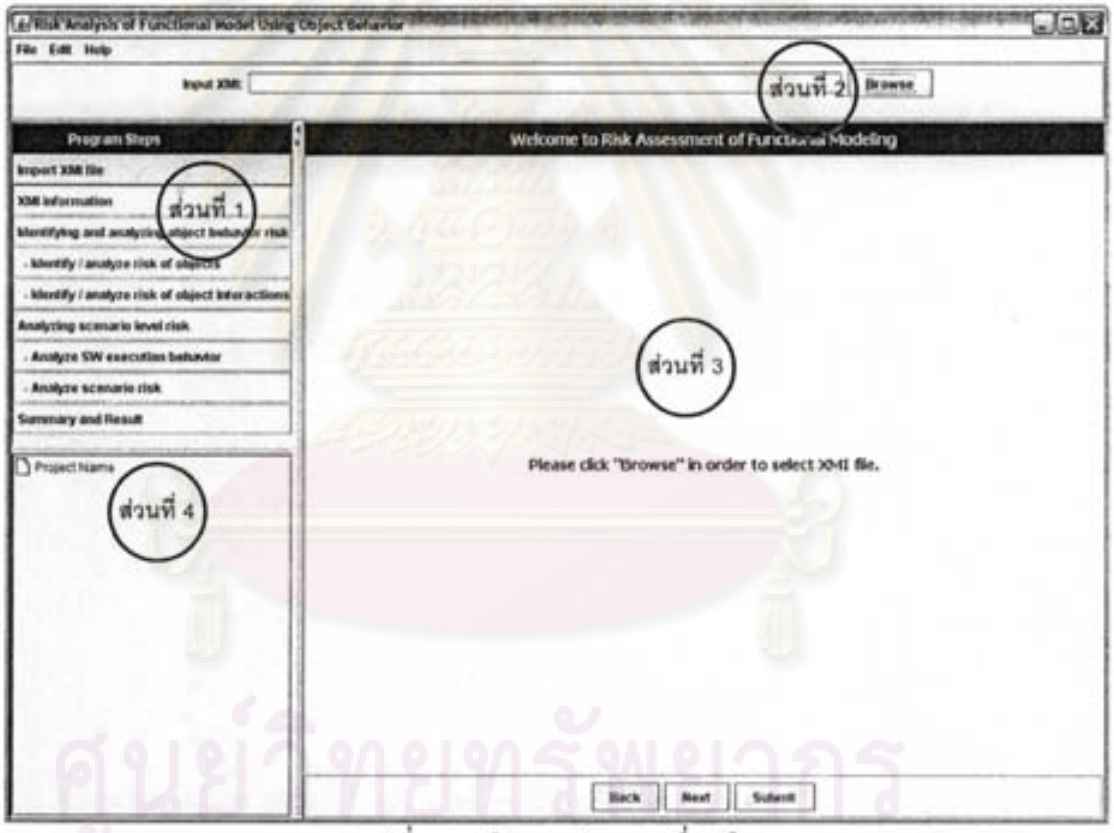
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(2) ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ เป็นส่วนที่แสดงรายการความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงทำการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในรายการความเสี่ยงแต่ละรายการ ดังรูปที่ 4.9

(3) ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ และการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ ดังรูปที่ 4.10

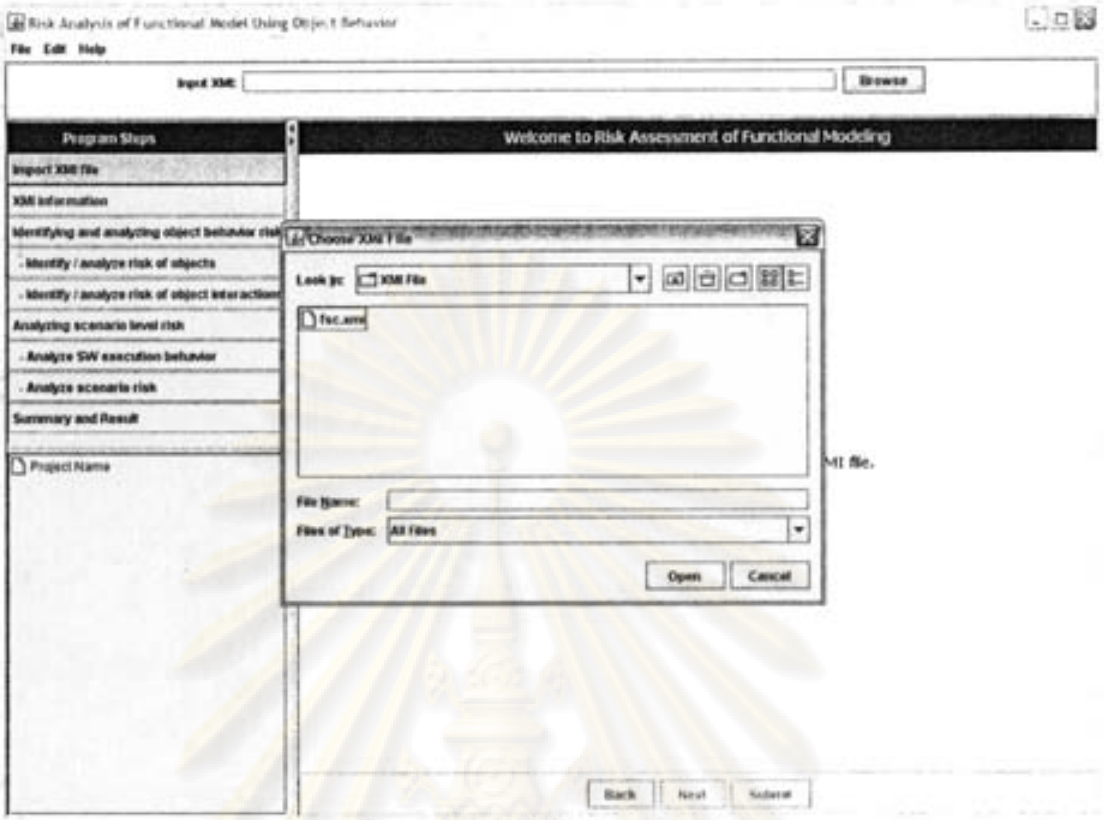
(4) ส่วนแสดงผลลัพธ์ของความเสี่ยง เป็นส่วนที่แสดงผลสรุปการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคส ดังรูปที่ 4.11

5) ส่วนเลือกดูผลลัพธ์ เป็นส่วนที่จะแสดงเพื่อให้ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงสามารถเลือกดูผลลัพธ์ที่ได้จากคำนวณความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว แสดงดังส่วนที่ 4 ในรูปที่ 4.6

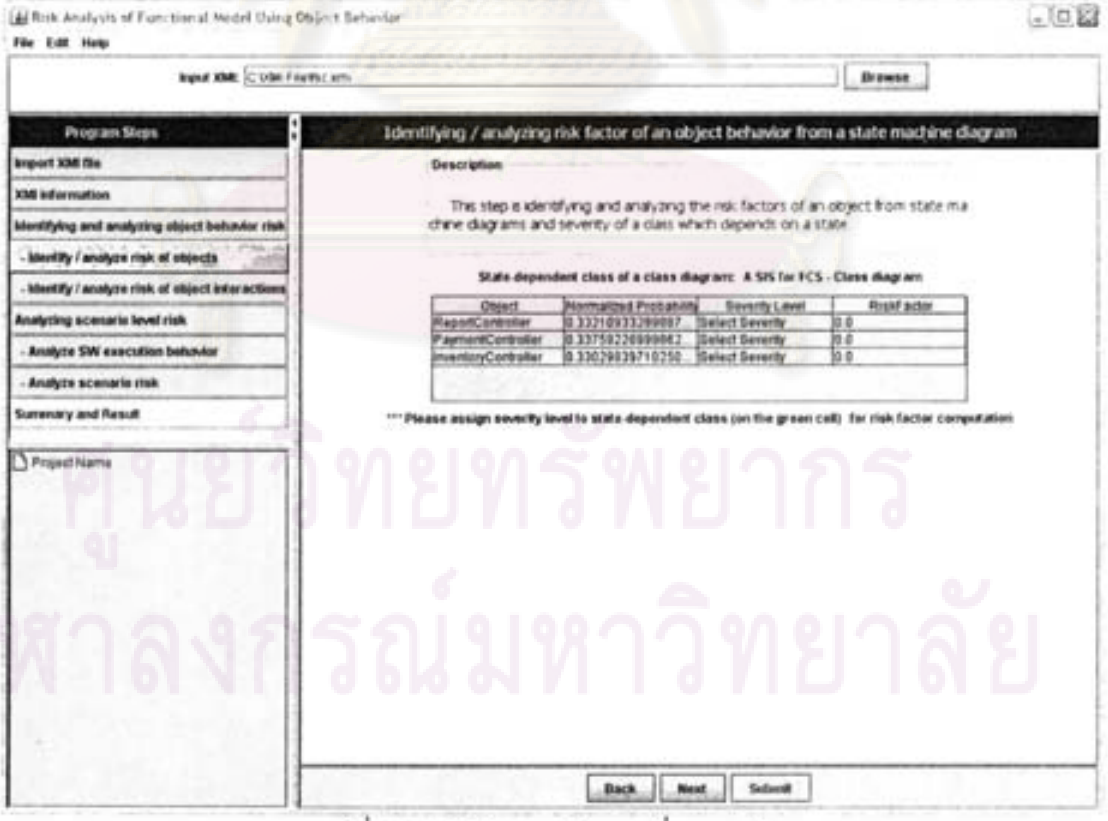


รูปที่ 4.6 หน้าจอหลักของเครื่องมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

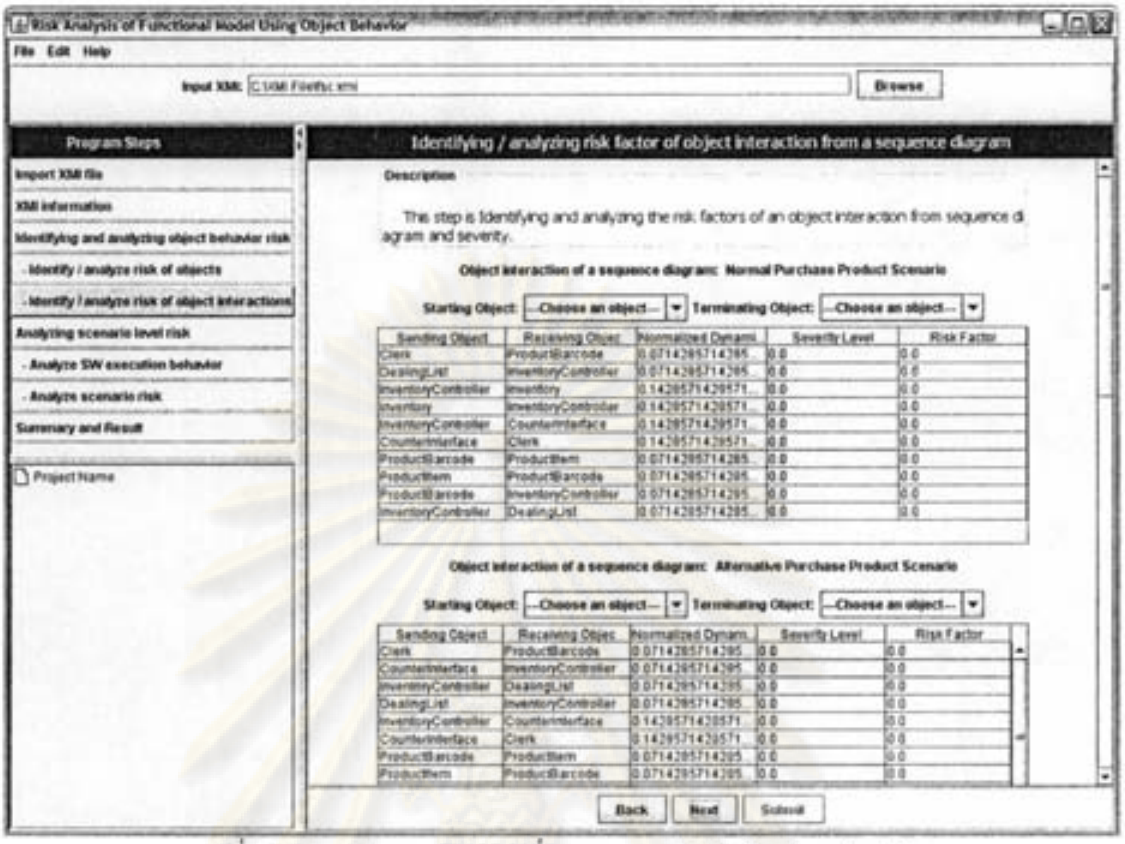


รูปที่ 4.7 ส่วนเปิดแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

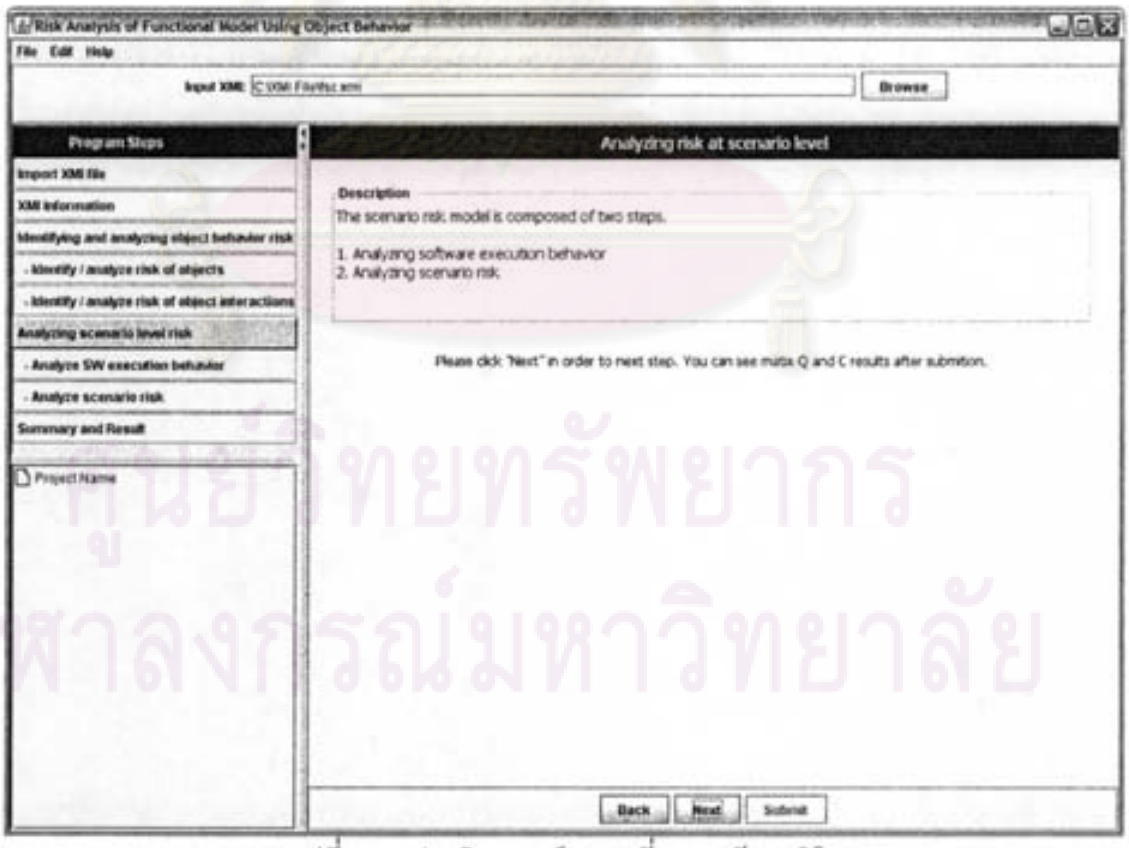


รูปที่ 4.8 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

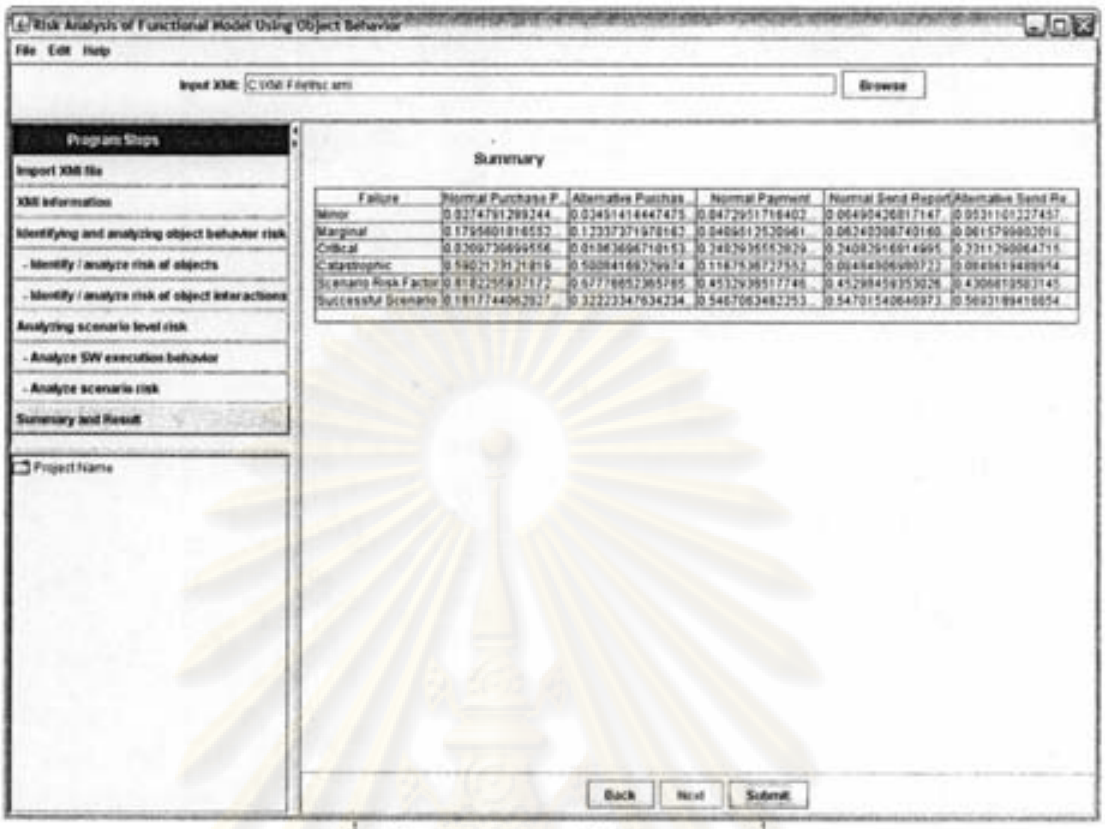


รูปที่ 4.9 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ



รูปที่ 4.10 ส่วนวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ส่วนแสดงผลลัพธ์ของความเสี่ยง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การทดสอบเครื่องมือ

ในบทนี้จะเป็นการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบว่าเครื่องมือดังกล่าวสามารถทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ถูกต้อง และครบถ้วนตามที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตการวิจัย โดยรายละเอียดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ จะใช้สภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในการพัฒนาเครื่องมือในบทที่ 4

5.2 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น

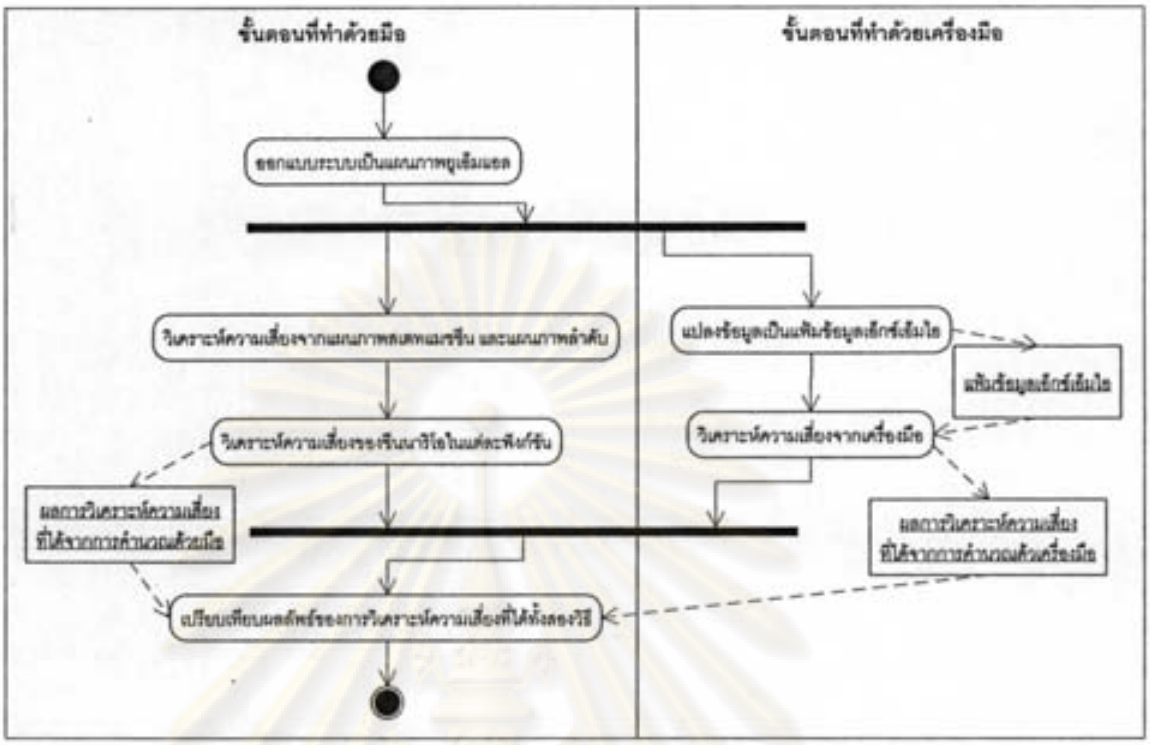
รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น โดยขั้นตอนการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นขั้นตอนที่ทำด้วยมือ และส่วนที่เป็นขั้นตอนที่ทำด้วยเครื่องมือ ซึ่งรายละเอียดอธิบายได้ ดังนี้

1) ขั้นตอนแรกทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ของกรณีศึกษา คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

2) นำระบบที่เป็นกรณีศึกษามาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยมือ ตามขั้นตอนของกรอบงานที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ให้ครอบคลุมหลักการที่กำหนดในขอบเขตการวิจัย

3) ในส่วนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเครื่องมือ นำแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ รุ่น 2.1 ของยูเอ็มแอล รุ่น 2.0 ที่ถูกสร้างด้วยเครื่องมือช่วยออกแบบ วิชวล พาราไดม์ รุ่น 6.0 โดยแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูเอ็มแอล จะประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีนมาทำการทดสอบ โดยใช้เครื่องมือที่ได้จากการพัฒนามาคำนวณวิเคราะห์ความเสี่ยงจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอดังกล่าวด้วยวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุที่ครอบคลุมตามหลักการที่กำหนดในขอบเขตการวิจัย

4) ทำการเปรียบเทียบผลของความเสี่ยงที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องมือ ว่ามีความถูกต้องตรงกับผลของความเสี่ยงที่ได้จากการคำนวณด้วยตนเองตามขั้นตอนการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้หรือไม่



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น

5.3 กรณีศึกษาที่ใช้ในการทดสอบเครื่องมือ

กรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการทดสอบเครื่องมือ คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ เหตุผลที่เลือก 2 ระบบนี้เนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจในการวิเคราะห์ ออกแบบ และวิเคราะห์ความเสี่ยงของฟังก์ชัน ซึ่งกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ อธิบายได้ดังนี้

5.3.1 กรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม

1) การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเอทีเอ็ม เริ่มจากการกำหนดความต้องการของระบบ จากนั้นจึงนำมาออกแบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน(ความต้องการของระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม แสดงไว้ในภาคผนวก จ)

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่คำนวณได้

แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเอทีเอ็มที่ได้ออกแบบถูกใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยขั้นตอนที่ (1) (2) และ (3) จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้ด้วยมือ (ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา

แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ) ส่วนในขั้นตอนที่ (4) จะเป็นผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องมือตามวิธีที่นำเสนอไว้ในกรอบงานในบทที่ 3 ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนที่กล่าวถึงมีดังนี้

(1) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ โดยพิจารณาจากจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแสดงในภาคผนวก ฉ จากตารางที่ ฉ.1 ค่าของเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้นทำให้สถานะการทำงานของคลาส ATMController เปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งจะถูกขยายเป็นเหตุการณ์ก่อนและหลังการกระตุ้น ดังตาราง ฉ.2 โดยใช้กฎการขยายเหตุการณ์จากทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งแสดงผลของการขยายโดยพิจารณาจากแต่ละประพจน์ได้ ดังนี้

ตัวอย่างการขยายประพจน์ที่มีเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้น พิจารณาประพจน์ $@invalidPIN \wedge \neg PIN_count = 3$ ซึ่งมีเหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้น คือ invalidPIN และเงื่อนไขการ์ด คือ not PIN_count=3 เมื่อพิจารณาตามกฎการขยายข้อที่ 1 จะได้

$$@invalidPIN \wedge \neg PIN_count = 3$$
$$\equiv \neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge \neg PIN_count = 3$$

จากนั้นทำการพิจารณาค่าความจริงของแต่ละประพจน์และและผลลัพธ์ของค่าความจริงดังกล่าวของทุกแทรนซิชันด้วยมือ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.3 ถึงตารางที่ ฉ.9

เมื่อได้ค่าความจริงของทุกแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีนแล้ว จะทำการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะของแต่ละแทรนซิชัน ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.10

จากนั้นพิจารณาเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนแต่ละเส้นทาง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.1 ถึง ฉ.6 แล้วทำการคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของแต่ละเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ต่อจากนั้นจึงคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของแต่ละเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นทางเป็นความเสี่ยงของวัตถุ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.11และ ฉ.12 ตามลำดับ

ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ในซีนนาริโอถูกคำนวณ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.13 เป็นตัวอย่างของวัตถุ ATMController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะเพียงคลาสเดียวในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ในซีนนาริโอ ถูกคำนวณจะถูกใช้ในการคำนวณค่าความเสี่ยงของปัจจัยของวัตถุโดยนำค่าที่ได้มาคูณกับระดับความรุนแรงที่ถูกให้ค่าระดับความรุนแรงโดยผู้วิจัย ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.14

(2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาจากค่าคลัปปลิง ที่คำนวณจากจำนวนข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ แสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.15 ค่าคลัปปลิงที่ได้จากแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุจะถูกใช้ในการคำนวณความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ แสดงในตารางที่ ฉ.16

(3) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชัน เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงของปัจจัยของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ โดยการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์และสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ

- การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.7 แสดงแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงความเป็นไปได้เชิงเงื่อนไขของการเกิดการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งโดยค่าของเมทริกซ์แสดง ดังตารางที่ ฉ.17

- การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.8 แสดงแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ Q แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราวโดยค่าของเมทริกซ์แสดง ดังตารางที่ ฉ.18 และสามารถสร้างเมทริกซ์ C แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืนโดยค่าของเมทริกซ์แสดง ดังตารางที่ ฉ.19 จากเมทริกซ์ Q และ C สามารถคำนวณเมทริกซ์ A ที่แสดงความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราวใด และไปสิ้นสุดที่โหนดสถานะดูดกลืน ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ในตารางที่ ฉ.20

- การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง หลังจากแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มถูกคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอเรียบร้อยแล้ว ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอจะถูกนำมาจัดเรียงความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ ฉ.21 ที่แสดงความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มที่ถูกจัดลำดับความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว โดยจำแนกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในแต่ละระดับ และโอกาสความสำเร็จของแต่ละซีนนาริโอ ท้ายสุดความเสี่ยงของฟังก์ชันในระบบเอทีเอ็มจะถูกคำนวณ ดังตารางที่ 22

(4) ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้จากเครื่องมือ เมื่อใช้แผนภาพยูเอ็มแอลเดียวกันกับการทดสอบด้วยมือ ดังรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ซีนนาริโอปกติของการตรวจสอบรหัสมีความเสี่ยงสูงที่สุด รองลงมา คือ ซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีที่ลูกค้าใส่รหัสบัตรผิด ซีนนาริโอการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี ซีนนาริโอปกติของการถอนเงิน และซีนนาริโอการถอนเงินกรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินที่ต้องการถอนมากกว่าจำนวนเงินที่มีอยู่ในบัญชี

Probability	Normal Validate PIN Scenario	Exceptional ValidatePIN Scenario	Exceptional Withdraw Money Scenario	Normal Inquire Balance Scenario	Normal Withdraw Money Scenario
Minor	0.0414235249	0.0487382711	0.0756095269	0.0539283589	0.0520447626
Marginal	0.0393018059	0.0587614682	0.0377248165	0.0272260148	0.0261176887
Critical	0.6818947539	0.5571483901	0.0011876848	0.0012042089	0.0006311213
Catastrophic	0.0	0.0	0.4197750745	0.4417636778	0.4452889325
Scenario Risk Factor	0.7626200847	0.6646481294	0.5342931026	0.5241222604	0.5240825051
Successful Scenario	0.2373799153	0.3353518706	0.4657068972	0.4758777395	0.4759174948

รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็มที่ได้จากเครื่องมือ

5.3.2 กรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

1) การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ เริ่มจากการกำหนดความต้องการของระบบ จากนั้นจึงนำมาออกแบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน(ความต้องการของระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ แสดงไว้ในภาคผนวก จ)

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่คำนวณได้

แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อที่ได้ออกแบบถูกใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยขั้นตอนที่ (1) (2) และ (3) จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้ด้วยมือ (ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ) ส่วนในขั้นตอนที่ (4) จะเป็นผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องมือตามวิธีที่นำเสนอไว้ในกรอบงานในบทที่ 3 ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนที่กล่าวถึงมีดังนี้

(1) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ โดยพิจารณาจากจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส InventoryController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแสดงในภาคผนวก ฉ จากตารางที่ ฉ.23 ค่าของเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้นทำให้สถานะการทำงานของคลาส InventoryController เปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งจะถูกขยาย

เป็นเหตุการณ์ก่อนและหลังการกระตุ้น ดังตาราง ฉ.24 โดยใช้กฎการขยายเหตุการณ์จากทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งแสดงผลของการขยายโดยพิจารณาจากแต่ละประพจน์ได้ ดังนี้

ตัวอย่างการขยายประพจน์ที่มีเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้น พิจารณาประพจน์ $@productInfo \wedge menuChoice = purchase$ ซึ่งมีเหตุการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้น คือ productInfo และเงื่อนไขการ์ด คือ menuChoice=purchase เมื่อพิจารณาตามกฎการขยายข้อที่ 1 จะได้

$$@productInfo \wedge menuChoice = purchase$$
$$\neg productInfo \wedge productInfo' \wedge menuChoice = purchase$$

จากนั้นทำการพิจารณาค่าความจริงของแต่ละประพจน์และและผลลัพธ์ของค่าความจริงดังกล่าวของทุกแทรนซิชันด้วยมือ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.25 ถึง ตารางที่ ฉ.38

เมื่อได้ค่าความจริงของทุกแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีนแล้ว จะคำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะของแต่ละแทรนซิชัน ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.39

จากนั้นพิจารณาเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนแต่ละเส้นทาง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.9 ถึง ฉ.13 แล้วทำการคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของแต่ละเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน ต่อจากนั้นจึงคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของแต่ละเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นทางเป็นความเสี่ยงของวัตถุ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.40 และ ฉ.41 ตามลำดับ

ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ในซีนนาริโอถูกคำนวณ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.42 เป็นตัวอย่างของวัตถุ InventoryController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะเพียงคลาสเดียวในซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

สำหรับค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ในซีนนาริโอ จะถูกใช้ในการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุโดยนำค่าที่ได้มาคูณกับระดับความรุนแรงที่ถูกให้ค่าระดับความรุนแรงโดยผู้วิจัย ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.43

(2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาจากค่าคลัปปลิง ที่คำนวณจากจำนวนข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ แสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ในภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ.44 ค่าคลัปปลิงที่ได้จากแต่ละการปฏิสัมพันธ์กัน

ระหว่างวัตถุจะถูกใช้ในการคำนวณค่าความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ แสดงในตารางที่ ฉ.45

(3) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชัน เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ โดยการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ และสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ

- การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.14 แสดงแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงความเป็นไปได้เชิงเงื่อนไขของการเกิดการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ในตารางที่ ฉ.46

- การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.15 แสดงแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ Q แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราว ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ในตารางที่ ฉ.47 และสามารถสร้างเมทริกซ์ C แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ตารางที่ ฉ.48 จากเมทริกซ์ Q และ C สามารถคำนวณเมทริกซ์ A ที่แสดงความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราวใด และไปสิ้นสุดที่โหนดสถานะดูดกลืน ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ในตารางที่ ฉ.49

- การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง หลังจากแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มถูกคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอเรียบร้อยแล้ว ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอจะถูกนำมาจัดเรียงความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ ฉ.50 ที่แสดงความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มที่ถูกจัดลำดับความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว โดยจำแนกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในแต่ละระดับ และโอกาสความสำเร็จของแต่ละซีนนาริโอ ท้ายที่สุดความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ จะถูกคำนวณ ดังตารางที่ ฉ.51

(4) ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้จากเครื่องมือ เมื่อใช้แผนภาพยูเอ็มแอลเดียวกันกับการทดสอบด้วยมือ ดังรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่า ซีนนาริโอปกติของการซื้อสินค้ามีความเสี่ยงสูงที่สุด รองลงมา คือ ซีนนาริโอทางเลือกของการซื้อสินค้า ซีนนาริโอการชำระเงิน ซีนนาริโอการส่งรายงานการขายประจำวัน และซีนนาริโอทางเลือกของการส่งรายงานการขายประจำวัน ตามลำดับ

Probability	Normal Purchase Product ...	Alternative Purchase Product ...	Normal Payment ...	Normal Send Daily Sale ...	Alternative Send Daily Sale
Minor	0.0182638837	0.0284062135	0.0475183242	0.0665677191	0.0542155078
Marginal	0.1006435374	0.0668871679	0.0336572602	0.0651272796	0.0659913314
Critical	0.0008863827	0.0007168053	0.1589352223	0.0782637878	0.0840519958
Catastrophic	0.8725242586	0.7046972371	0.2082160084	0.2159881283	0.2140346777
Scenario Risk Factor	0.9923180623	0.8007074338	0.4483268151	0.4259469148	0.4082935126
Successful Scenario	0.0076819377	0.1992861862	0.5516731847	0.5740530850	0.5917064872

รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อที่ได้จากเครื่องมือ

5.4 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบด้วยกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็มและระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ นำผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณได้ด้วยมือ และผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณได้จากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น นำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์การวิเคราะห์ที่คำนวณได้ ผลปรากฏว่า ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณด้วยเครื่องมือมีความสอดคล้องตรงกับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณด้วยมือตามขั้นตอนของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตของการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
การตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้นำเสนอไว้สำหรับการประเมินความเสี่ยงในกรอบงาน ในที่นี้จะสังเกตจากความสอดคล้องของผลลัพธ์ที่ได้จากกรอบงานในวิทยานิพนธ์นี้และผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการในงานวิจัยอื่น เพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์จึงใช้กรณีศึกษาในการทดสอบกรอบงาน 2 ระบบ คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ โดยรายละเอียดในการตรวจสอบมีดังต่อไปนี้

6.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการตรวจสอบ

สภาพแวดล้อมสำหรับการตรวจสอบกรอบงานที่นำเสนอไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กับงานวิจัยอื่น โดยควบคุมกรณีตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงให้เป็นกรณีตัวอย่างเดียวกัน และใช้ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงคนเดียวกันในการวิเคราะห์และกำหนดระดับความรุนแรงความเสี่ยงของปัจจัยความเสี่ยง

6.2 ขั้นตอนการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

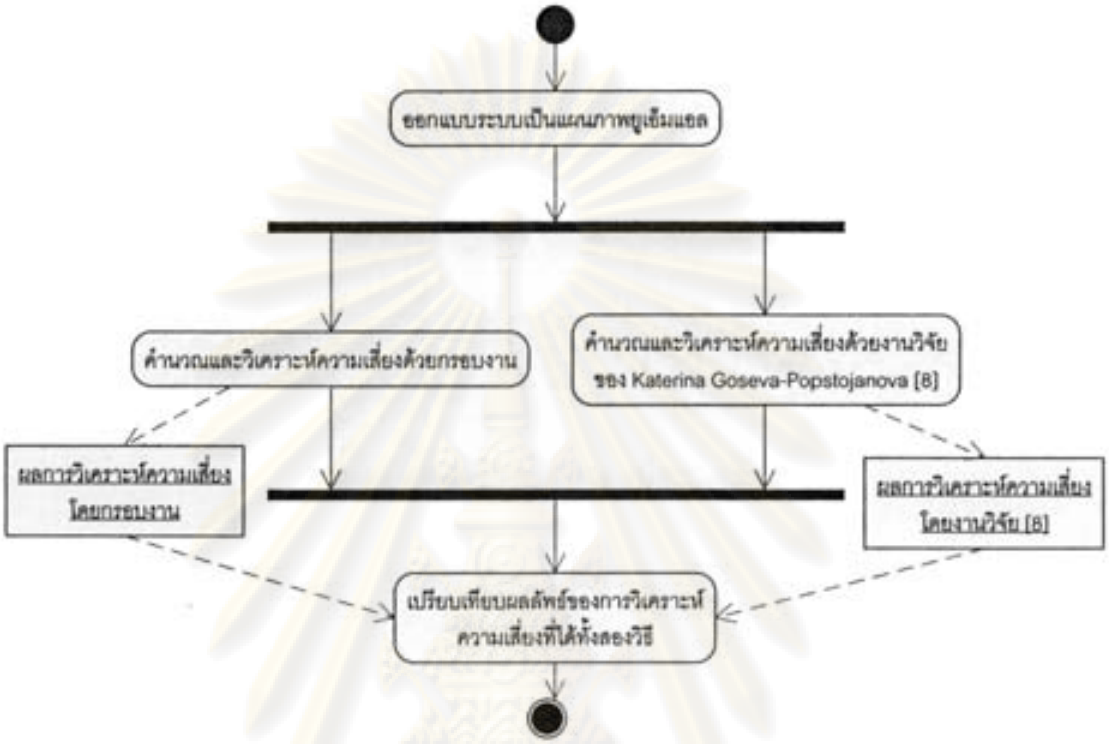
รูปที่ 6.1 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอ โดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยวิธีการที่นำเสนอในกรอบงาน กับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยวิธีการที่งานวิจัยอื่นได้นำเสนอไว้ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบมีรายละเอียด ดังนี้

1) ขั้นตอนแรกทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ของกรณีศึกษา คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

2) นำระบบที่เป็นกรณีศึกษามาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยวิธีการที่นำเสนอในกรอบงาน ดังขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

3) ในส่วนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยอื่น จะใช้งานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ [8] ที่งานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนาเพิ่มเติม มาใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

4) ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของความเสี่ยงที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีที่นำเสนอในกรอบงาน กับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการที่งานวิจัยอื่นได้นำเสนอ ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกันหรือไม่



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

6.3 กรณีศึกษาที่ใช้ในการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

กรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการตรวจสอบกรอบงาน ใช้กรณีศึกษาเดียวกันกับกรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการทดสอบเครื่องมือ ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 5 คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ อธิบายได้ดังนี้

6.3.1 กรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม

1) การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเอทีเอ็มจะเริ่มจากการกำหนดความต้องการของระบบ จากนั้นจึงจะนำมาออกแบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน (ความต้องการของระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็ม แสดงไว้ในภาคผนวก จ)

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่คำนวณได้ แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเอทีเอ็มที่ได้ออกแบบถูกใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันตาม

ขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยแต่ละขั้นตอนการวิเคราะห์และผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงของระบบเอทีเอ็ม ได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 (ประกอบกับตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ) ส่วนงานวิจัยที่นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบของกรอบงานที่ได้นำเสนอในงานวิทยานิพนธ์นี้ คือ งานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล ของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้นำมาพัฒนาเพิ่มเติม โดยงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอลมีขั้นตอนคล้ายกับขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอไว้ในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีขั้นตอนดังนี้

(1) พิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ โดยค่าความเสี่ยงของวัตถุคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าความซับซ้อนและระดับความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับวัตถุนั้น

โดยค่าความซับซ้อนจะพิจารณาจากจำนวนสถานะและจำนวนแทรนซิชันที่ได้จากแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งใช้สำหรับการคำนวณหาค่าความซับซ้อนของวัตถุตามการคำนวณค่าไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตี (Cyclomatic Complexity: CC) ดังนี้

$$CC = e - n + 2$$

โดย CC คือ ค่าไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตี หรือค่าความซับซ้อนของวัตถุ

e คือ จำนวนเส้นเชื่อม (Edge) ซึ่งในที่นี้หมายถึงจำนวนแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน

n คือ จำนวนโหนด ซึ่งในที่นี้หมายถึงจำนวนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน

ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแสดงในภาคผนวก จ รูปที่ จ.9 และ จ.10 สามารถคำนวณหาค่าความซับซ้อนของวัตถุ โดยค่าความซับซ้อนของแต่ละวัตถุที่ขึ้นกับสถานะในระบบจะถูกนำมาทำให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การคำนวณค่าความซับซ้อนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะในระบบเอทีเอ็ม

วัตถุ	จำนวนแทรนซิชัน	จำนวนสถานะ	ค่าความซับซ้อน	ค่าความซับซ้อนที่ถูกทำให้เป็นบรรทัดฐาน
ATMController	11	10	3	0.4285714
TransactionController	13	11	4	0.5714286

(2) วิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาจากค่าคลัปปลิง ที่คำนวณจากจำนวนข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ แสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 6.2 เป็นตัวอย่างค่าคลัปปลิงของวัตถุในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

ตารางที่ 6.2 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่รับข้อความ / วัตถุที่ส่งข้อความ	ATMCustomer	CardReader Interface	ATMCard	ATMController	Customer Interface	ATM Transaction	BankServer
ATMCustomer	0	0.0625	0	0	0.0625	0	0
CardReaderInterface	0	0	0.0625	0.0625	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0.0625	0	0
ATMController	0	0	0	0	0.125	0.0625	0.0625
CustomerInterface	0.125	0	0.0625	0.0625	0	0.0625	0
ATMTransaction	0	0	0	0.0625	0	0	0
BankServer	0	0	0	0.0625	0	0	0

(3) วิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชัน เมื่อคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ โดยการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ และสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

- การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ เนื่องจากแผนภาพยูเอ็มแอลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงเป็นแผนภาพเดียวกัน และการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์เป็นวิธีเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนั้นแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์จึงเหมือนกัน ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.7 ซึ่งเป็นแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงความเป็นไปได้เชิงเงื่อนไขของการเกิดการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ดังแสดงค่าของเมทริกซ์ในตารางที่ ฉ.17

- การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ เป็นวิธีเช่นเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนั้นแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอจึง

เหมือนกัน ดังภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.8 จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ Q แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราว ดังตารางที่ 6.3 และสามารถสร้างเมทริกซ์ C แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน ดังตารางที่ 6.4 จากเมทริกซ์ Q และ C สามารถคำนวณเมทริกซ์ A ที่แสดงค่าความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราวใด และไปสิ้นสุดที่โหนดสถานะดูดกลืน ดังแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.3 ค่าของเมทริกซ์ Q ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่ง	S	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer
S	0	1	0	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0	0.4921875	0	0	0.4921875	0	0
CardReaderInterface	0	0	0	0.4921875	0.4921875	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0	0.9843750	0	0
ATMController	0	0	0	0	0	0.0755208	0.0794271	0.0794271
CustomerInterface	0	0.1875000	0	0.1937500	0.1937500	0	0.1937500	0
ATMTransaction	0	0	0	0	0.9843750	0	0	0
BankServer	0	0	0	0	0.9687500	0	0	0

ตารางที่ 6.4 ค่าของเมทริกซ์ C ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0.0156250	0	0	0
CardReaderInterface	0	0.0156250	0	0	0
ATMCard	0	0.0156250	0	0	0
ATMController	0	0	0	0.7656250	0
CustomerInterface	0.2	0	0.0312500	0	0
ATMTransaction	0	0.0156250	0	0	0
BankServer	0	0	0.0312500	0	0

ตารางที่ 6.5 ค่าของเมทริกซ์ A ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0.237375	0.0414230	0.0393005	0.6819013	0.0
ATMCustomer	0.237375	0.0414230	0.0393005	0.6819013	0.0
CardReaderInterface	0.166756	0.0338499	0.0285546	0.7708400	0.0
ATMCard	0.310600	0.0339000	0.0504927	0.6050069	0.0
ATMController	0.028205	0.0031284	0.0075229	0.9611442	0.0
CustomerInterface	0.315531	0.0185651	0.0512942	0.6146102	0.0
ATMTransaction	0.027764	0.0187045	0.0074054	0.9461263	0.0
BankServer	0.027323	0.0030306	0.0385378	0.9311084	0.0

(4) จัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง หลังจากแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มถูกคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอเรียบร้อยแล้ว ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอจะถูกนำมาจัดเรียงความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ 6.6 ที่แสดงความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็มที่ถูกจัดลำดับความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว โดยจำแนกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในแต่ละระดับ และโอกาสความสำเร็จของแต่ละซีนนาริโอ

ตารางที่ 6.6 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การตรวจสอบรหัส กรณีใส่รหัสถูกต้อง / (Validate PIN)	การตรวจสอบรหัสกรณีใส่รหัสผิด / (Validate PIN)	ถอนเงินกรณีใส่จำนวนเงินไม่ถูกต้อง จึงไม่สามารถถอนเงิน / (Withdraw Money)	สอบถามยอดเงินคงเหลือ / (Inquire Balance)	ถอนเงินกรณีใส่จำนวนเงินถูกต้องสามารถถอนเงินได้ / (Withdraw Money)
ระดับเล็กน้อย	0.0414230	0.0487378	0.0755983	0.0539236	0.0520406
ระดับค่อนข้างวิกฤต	0.0393005	0.0587595	0.0376996	0.0272066	0.0261027
ระดับวิกฤต	0.6819013	0.5571584	0.0011632	0.0011793	0.0006180
ระดับหายนะ	0.0	0.0	0.4199009	0.4418692	0.4453594
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.7626248	0.6646558	0.5343620	0.5241787	0.5241207
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.2373750	0.3353442	0.4656380	0.4758213	0.4758793
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6.3.2 กรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

1) การวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ จะเริ่มจากการกำหนดความต้องการของระบบ จากนั้นจึงนำมาออกแบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน(ความต้องการของระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ แสดงไว้ในภาคผนวก จ)

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่คำนวณได้ แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อที่ได้ออกแบบถูกใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยแต่ละขั้นตอนการวิเคราะห์และผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ ได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 (ประกอบกับตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ) ส่วนงานวิจัยที่นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบกรอบงานที่ได้นำเสนอในงานวิทยานิพนธ์นี้ คือ งานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล ของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้นำมาพัฒนาเพิ่มเติม โดยงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอลมีขั้นตอนคล้ายกับขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอไว้ในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีขั้นตอนดังนี้

(1) พิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ โดยค่าความเสี่ยงของวัตถุคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าความซับซ้อนและระดับความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับวัตถุนั้น

โดยค่าความซับซ้อนจะพิจารณาจากจำนวนสถานะและจำนวนแทรนซิชันที่ได้จากแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งใช้สำหรับการคำนวณหาค่าความซับซ้อนของวัตถุตามการคำนวณค่าไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตี ดังนี้

$$CC = e - n + 2$$

โดย CC คือ ค่าไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตี หรือค่าความซับซ้อนของวัตถุ

e คือ จำนวนเส้นเชื่อม ซึ่งในที่นี้หมายถึงจำนวนแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน

n คือ จำนวนโหนด ซึ่งในที่นี้หมายถึงจำนวนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน

ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส InventoryController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแสดงในภาคผนวก จ รูปที่ จ.18 สามารถคำนวณหาค่าความซับซ้อนของ

วัตถุ โดยค่าความซับซ้อนของแต่ละวัตถุที่ขึ้นกับสถานะในระบบจะถูกนำมาทำให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 การคำนวณค่าความซับซ้อนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

วัตถุ	จำนวนแทรนซิชัน	จำนวนสถานะ	ค่าความซับซ้อน	ค่าความซับซ้อนที่ถูกทำให้เป็นบรรทัดฐาน
InventoryController	13	10	5	0.625
PaymentController	7	8	1	0.125
ReportController	6	6	2	0.250

(2) วิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาจากค่าคลัปปลิง ที่คำนวณจากจำนวนข้อความที่ส่งกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ แสดงเป็นตารางความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 6.8 เป็นตัวอย่างค่าคลัปปลิงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

ตารางที่ 6.8 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่รับข้อความ / วัตถุที่ส่งข้อความ	Clerk	Product Barcode	ProductItem	Inventory Controller	DealingList	Inventory	Counter Interface
Clerk	0	0.071429	0	0	0	0	0
ProductBarcode	0	0	0.071429	0.071429	0	0	0
ProductItem	0	0.071429	0	0	0	0	0
InventoryController	0	0	0	0	0.071429	0.142857	0.142857
DealingList	0	0	0	0.071429	0	0	0
Inventory	0	0	0	0.142857	0	0	0
CounterInterface	0.142857	0	0	0	0	0	0

(3) วิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชัน เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ โดยการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ และสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง

- การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ เนื่องจากแผนภาพยูเอ็มแอลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงเป็นแผนภาพเดียวกัน และการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์เป็นวิธีเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนั้นแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์จึงเหมือนกัน ดังในภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.14 ซึ่งเป็นพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ในซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงค่าความเป็นไปได้เชิงเงื่อนไขของการเกิดการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ดังตารางที่ ฉ.45

- การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ เป็นวิธีเช่นเดียวกับวิธีที่ได้นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนั้นแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอจึงเหมือนกัน ดังภาคผนวก ฉ รูปที่ ฉ.15 จากรูปจะสามารถสร้างเมทริกซ์ Q แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดสถานะชั่วคราวไปยังโหนดสถานะชั่วคราว ดังตารางที่ 6.9 และสามารถสร้างเมทริกซ์ C แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจากโหนดชั่วคราวไปยังโหนดสถานะดูดกลืน ดังตารางที่ 6.10 จากเมทริกซ์ Q และ C สามารถคำนวณเมทริกซ์ A ที่แสดงค่าความน่าจะเป็นของแบบจำลองที่เริ่มต้นด้วยโหนดสถานะชั่วคราวใด และไปสิ้นสุดที่โหนดสถานะดูดกลืน ดังแสดงในตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.9 ค่าของเมทริกซ์ Q ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่ง	S	Clerk	Product Barcode	ProductItem	Inventory Controller	DealingList	Inventory	Counter Interface
S	0	1	0	0	0	0	0	0
Clerk	0	0	0.9821428	0	0	0	0	0
Product Barcode	0	0	0	0.4821428	0.4821428	0	0	0
ProductItem	0	0	0.9642855	0	0	0	0	0
Inventory Controller	0	0	0	0	0	0.0157738	0.0144048	0.0154762
DealingList	0	0	0	0	0.9642855	0	0	0
Inventory	0	0	0	0	0.9285715	0	0	0
Counter Interface	0	0.4821429	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 6.10 ค่าของเมทริกซ์ C ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0	0	0	0	0
Clerk	0	0.0178573	0	0	0
ProductBarcode	0	0	0.0357145	0	0
ProductItem	0	0	0.0357145	0	0
InventoryController	0	0	0.0011905	0.0008929	0.9522619
DealingList	0	0	0.0357145	0	0
Inventory	0	0	0.0714285	0	0
CounterInterface	0.5	0.0178571	0	0	0

ตารางที่ 6.11 ค่าของเมทริกซ์ A ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่รับ / วัตถุที่ส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0.0070978	0.0182330	0.1003788	0.0008190	0.8734714
Clerk	0.0070978	0.0182330	0.1003788	0.0008190	0.8734714
ProductBarcode	0.0072269	0.0003825	0.1022038	0.0008339	0.8893528
ProductItem	0.0069688	0.0003689	0.1342682	0.0008041	0.8575900
InventoryController	0.0080203	0.0004245	0.0036357	0.0009254	0.9869940
DealingList	0.0077339	0.0004094	0.0392203	0.0008924	0.9517440
Inventory	0.0074474	0.0003942	0.0748045	0.0008593	0.9164945
CounterInterface	0.5034222	0.0266480	0.0483969	0.0003949	0.4211380

(4) จัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง หลังจากแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อถูกคำนวณความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอเรียบร้อยแล้ว ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอจะถูกนำมาจัดเรียงความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ 6.12 ที่แสดงความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อที่ถูกจัดลำดับความเสี่ยงเรียบร้อยแล้ว โดยจำแนกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในแต่ละระดับและโอกาสความสำเร็จของแต่ละซีนนาริโอ

ตารางที่ 6.12 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)	การเรียกดูและส่งรายงานการขายประจำวัน / (Send Daily Sale)	การชำระเงิน / (Payment)	การเรียกดูรายงานการขายประจำวัน / (Send Daily Sale)
ระดับเล็กน้อย	0.0182330	0.0283863	0.0648031	0.0476785	0.0529228
ระดับค่อนข้างวิกฤต	0.1003788	0.0667147	0.0570510	0.0336858	0.0518824
ระดับวิกฤต	0.0008190	0.0006621	0.1965544	0.1398829	0.1874941
ระดับหายนะ	0.8734714	0.7053196	0.1362197	0.2235158	0.1421755
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.9929022	0.8010828	0.4546282	0.4447629	0.4344748
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.0070978	0.1989109	0.5453717	0.5552371	0.5655252
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6.4 สรุปผลการตรวจสอบ

จากการตรวจสอบกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยกรณีศึกษาระบบเอทีเอ็มและระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ นำผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณได้ด้วยวิธีการของงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล ของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ และผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณได้จากวิธีการที่นำเสนอในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงสำหรับงานวิจัยนี้ นำผลลัพธ์ทั้ง 2 มาเปรียบเทียบดูความสอดคล้อง ในระดับฟังก์ชัน ระดับซีนนาริโอ และระดับวัตถุ

ความเสี่ยงในระดับฟังก์ชันถูกคำนวณจากผลคูณของความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและค่าน้ำหนักซึ่งถูกให้ค่าตามโอกาสที่ซีนนาริโอนั้นจะถูกเรียกใช้งาน หากควบคุมให้ค่าน้ำหนักซีนนาริโอมีค่าเท่ากันทั้ง 2 วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเปรียบเทียบกัน ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะขึ้นอยู่กับความเสี่ยงของซีนนาริโอซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามวิธีที่ใช้พิจารณาความเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 6.13 และตารางที่ 6.14 เป็นผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอที่คำนวณด้วยวิธีการของงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่คำนวณได้ด้วยวิธีการที่ได้นำเสนอไว้ในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง กล่าวคือ ความเสี่ยงของฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกันมาก เนื่องด้วยความเสี่ยงรวมของแต่ละซีนนาริโอที่จัดลำดับความสำคัญ

ของความเสี่ยงเรียงลำดับจากความเสี่ยงมากไปหาความเสี่ยงน้อยของทั้งสองวิธีเป็นไปในแนวทางเดียวกัน และความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละระดับความเสี่ยงมีค่าสอดคล้องไปในแนวทางเดียวเช่นกัน เช่น ในระบบเอทีเอ็ม ซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสกรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง จะมีความน่าจะเป็นของความเสี่ยงเกิดขึ้นสูงในระดับวิกฤต เป็นต้น

จากผลลัพธ์ดังกล่าว จะเห็นความแตกต่างของผลลัพธ์ทั้งสองวิธีที่เกิดขึ้นมีค่าต่างกันน้อยมาก เนื่องด้วยกรณีศึกษาที่ใช้ส่วนใหญ่ซีนนาริโอการทำงานจะมีคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะเพียงหนึ่งคลาสเท่านั้น ทำให้โอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงของวัตถุขึ้นอยู่กับวัตถุนี้เพียงวัตถุเดียว แต่มี 3 ซีนนาริโอที่ภายในทำงานด้วยคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ 2 คลาส คือ ซีนนาริโอการชำระเงิน ซีนนาริโอการเรียกดูและส่งรายงานการขายประจำวัน และซีนนาริโอการเรียกดูรายงานประจำวัน ทำให้ผลลัพธ์ความเสี่ยงของซีนนาริโอของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงและผลลัพธ์ความเสี่ยงของซีนนาริโอของ Katerina Goseva-Popstojanova เริ่มเห็นถึงความแตกต่าง ผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบขอบเขตของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของ Katerina Goseva-Popstojanova เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของขอบเขตและขั้นตอนของงานรวมถึงผลลัพธ์ของส่วนที่ทำให้แตกต่างกันของทั้งสองวิธี โดยความแตกต่างของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของทั้งสองวิธีแสดงในตาราง 6.15

จากตารางที่ 6.15 แสดงให้เห็นถึงขอบเขตและขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงทั้งสองวิธี ซึ่งส่วนที่แตกต่าง คือ การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ โดยกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันจะวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ โดยพิจารณาจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ แต่งานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova จะวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุจากจำนวนสถานะและแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน จากส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการวิเคราะห์ความเสี่ยงทั้งสองวิธีได้นำมาแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุของทั้งสองวิธี ดังตารางที่ 6.16 แสดงการเปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุในระบบเอทีเอ็ม กรณีที่ซีนนาริโอใดๆ ที่มีคลาส ATMController และคลาส Transaction Controller ทำงานร่วมกันในซีนนาริโอ ส่วนตารางที่ 6.17 แสดงการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ กรณีที่ซีนนาริโอใดๆ ที่มีคลาส InventoryController คลาส PaymentController และคลาส TransactionController ทำงานร่วมกันในซีนนาริโอ

จากตารางที่ 6.16 และ 6.17 จะสังเกตได้ว่า แม้ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของแต่ละวัตถุที่ได้จากกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงมีค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของวัตถุที่สูงและใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อนำค่าที่ได้นี้ไปคำนวณเป็นค่าความน่าจะเป็นของ

วัตถุในซีนนาริโอโดยมีการคิดค่าน้ำหนักของโอกาสที่จะเกิดขึ้นด้วย ทำให้ค่าความน่าจะเป็นแต่ละวัตถุในซีนนาริโอมีค่าแตกต่างกัน ค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของวัตถุที่ได้จากกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงมีค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในแต่ละวัตถุไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova เนื่องมาจากแบบจำลองที่นำมาใช้สำหรับคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงวัตถุมีวัตถุประสงค์ของการคำนวณที่แตกต่างกันตามที่ได้ปรากฏในตารางที่ 6.15 ดังนั้นในระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อจึงเป็นไปได้ที่วัตถุที่มีเส้นทางของแผนภาพสเตทแมชชีนน้อย แต่เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะในเส้นทางดังกล่าวมีความซับซ้อนมาก จึงจะมีค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงเกิดขึ้นมาก ดังนั้นผลความเสี่ยงในระดับวัตถุนี้จะมีผลกระทบต่อความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันถัดไป

จากกรณีศึกษาที่ใช้ทดสอบ ผู้วิจัยได้สังเกตโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองที่ใช้สำหรับการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุที่แตกต่างกัน ในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง และงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova แสดงเป็นตารางที่ 6.18 พบว่ากรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะให้ค่าความเสี่ยงของวัตถุมากขึ้นในกรณีที่เส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนมีจำนวนแทรนซิชัน หรือมีเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการเปลี่ยนสถานะจำนวนมาก แต่งานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova จะให้ค่าความเสี่ยงของวัตถุมากขึ้นในกรณีที่จำนวนเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนมีจำนวนมาก เนื่องจากใช้ไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตีในการคำนวณ โดยไม่สนใจความยาวของเส้นทาง และความซับซ้อนของเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะจริง ดังนั้นในงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova จะให้ผลที่เป็นไปได้ว่าวัตถุที่มีเส้นทางการทำงานซึ่งเปลี่ยนสถานะน้อยอาจมีความเสี่ยงสูงหากมีจำนวนเส้นทางมาก เช่น รายการที่ 2 และรายการที่ 7 ในตารางที่ 6.18 แต่สำหรับกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไปตามความซับซ้อนของเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะ และความยาวของเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนภายในวัตถุ ดังนั้นข้อดีของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova คือ กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอนี้สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุได้ครอบคลุมกรณีต่างๆ ได้มากกว่า เนื่องจากไม่ได้สนใจเพียงแค่การคำนวณความเสี่ยงจากจำนวนเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนเท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ และความยาวของเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนอีกด้วย ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุในกรณีที่พฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุมีเส้นทางการเปลี่ยนสถานะน้อย แต่เส้นทางดังกล่าวมีความสลับซับซ้อนของเงื่อนไขมาก

ส่วนค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของแต่ละวัตถุในระบบที่ได้ค่าออกมาใกล้เคียงกันตามวิธีการวิเคราะห์ของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง เนื่องมาจากแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความเสี่ยงวัตถุ จะคำนวณความน่าเป็นจากจำนวนค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์ที่ถูกสร้างขึ้นจากแต่ละแทรนซิชันโดยใช้หลักการสร้างกรณีทดสอบแบบครอบคลุมประพจน์ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่พึงปรารถนาของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง โดยทั่วไปมีเหตุการณ์ที่ต้องพิจารณาเพียงหนึ่งเหตุการณ์เท่านั้นที่เข้ามากระตุ้นแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ จะมีค่าความน่าจะเป็นที่พึงปรารถนาประมาณ 0.33333 เนื่องด้วยเหตุการณ์ที่เข้ามากระตุ้นดังกล่าวจะถูกพิจารณาเป็นประพจน์ของเหตุการณ์ก่อนการกระตุ้น และเหตุการณ์หลังการกระตุ้น แล้วสร้างเป็นค่าความจริงของประพจน์ได้ 3 รายการ โดยมีค่าความจริงของประพจน์เพียงรายการเดียวเท่านั้นที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น จากความน่าจะเป็นที่พึงปรารถนาของแต่ละแทรนซิชันจะถูกนำมาคำนวณเป็นความน่าจะเป็นที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานของสเตทแมชชีน โดยใช้การคำนวณความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นของเส้นทางที่พึงปรารถนามีโอกาสสำเร็จลดน้อยลง นั่นหมายถึงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจะมากขึ้นด้วย กรณีที่มีหลายแทรนซิชันหรือเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องกันจำนวนมากขึ้นจะทำให้โอกาสความสำเร็จลดน้อยลงจนผลใกล้เคียงกันมาก

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แล้วพบว่า กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้นำเสนอนี้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของระบบที่มีวัตถุที่ขึ้นอยู่กับสถานะ ซึ่งมีการเปลี่ยนสถานะในเส้นทางไม่เกิน 3 สถานะ (ไม่รวมสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุด) ดังรูปที่ 6.2 โดยกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้จะสามารถคำนวณผลความน่าจะเป็นของความเสี่ยงของแต่ละวัตถุที่แตกต่างกันได้ แต่หากจำนวนการเปลี่ยนสถานะในเส้นทางมีมากกว่า 3 สถานะกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงนี้จะสามารถคำนวณผลได้ไม่แตกต่างกันในแต่ละวัตถุ

ผลจากการวิเคราะห์นี้สามารถนำมาใช้ปรับปรุงการออกแบบระบบในส่วนของพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุหรือแผนภาพสเตทแมชชีน โดยให้แต่ละวัตถุในระบบรับผิดชอบการทำงานตามความเหมาะสม เส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนไม่ควรจะยาว หรือมีความซับซ้อนของเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะมากหากไม่จำเป็น และไม่ควรนำการทำงานต่างๆ มารวมกันไว้ในวัตถุที่ขึ้นอยู่กับสถานะเพียงวัตถุใดวัตถุเดียว ซึ่งอาจทำให้เกิดความซับซ้อนหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบที่ดีจึงอาจมีการแบ่งความรับผิดชอบการทำงานไปยังวัตถุอื่นๆ เพื่อเป็นการกระจายความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นไปยังวัตถุอื่นบ้าง

ตารางที่ 6.13 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณความเสี่ยงทั้งสองวิธีในระบบเอทีเอ็ม

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง / (Validate PIN)		การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสไม่ถูกต้อง / (Validate PIN)		การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินถูกต้อง / (Withdraw Money)		การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินมากกว่าเงินที่มีอยู่ในบัญชี / (Withdraw Money)		การสอบถามยอดเงินคงเหลือ / (Inquire Balance)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ระดับเล็กน้อย	0.0414235	0.0414230	0.0487383	0.0487378	0.0520448	0.0520406	0.0756055	0.0755983	0.0539284	0.0539236
ระดับเกือบวิกฤต	0.0393018	0.0393005	0.0587515	0.0587595	0.0261177	0.0261027	0.0377248	0.0376996	0.0272260	0.0272066
ระดับวิกฤต	0.6818948	0.6819013	0.5571484	0.5571584	0.0006311	0.0006180	0.0011877	0.0011632	0.0012042	0.0011793
ระดับหายนะ	0	0.0	0	0.0	0.4452889	0.4453594	0.4197751	0.4199009	0.4417637	0.4418692
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.7626201	0.7626248	0.6646481	0.6646558	0.5240825	0.5241207	0.5342931	0.5343620	0.5241223	0.5241787
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.2373799	0.2373750	0.3353519	0.3353442	0.4759175	0.4758793	0.4657069	0.4656380	0.4758777	0.4758213
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

หมายเหตุ 1 คือ ผลการคำนวณตามขั้นตอนของกรอบงานที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2 คือ ผลการคำนวณตามขั้นตอนงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณความเสี่ยงทั้งสองวิธีในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)		การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)		การชำระเงิน / (Payment)		การเรียกดูและส่งรายงานการขายประจำวัน / Send Daily Sale)		การเรียกดูรายงานการขายประจำวัน / Send Daily Sale)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ระดับเล็กน้อย	0.0182639	0.0182330	0.0284062	0.0283863	0.0475183	0.0476785	0.0665677	0.0648031	0.0542155	0.0529228
ระดับเกือบวิกฤต	0.1006435	0.1003788	0.0668872	0.0667147	0.0336573	0.0336858	0.0651273	0.0570510	0.0559913	0.0518824
ระดับวิกฤต	0.0008864	0.0008190	0.0007168	0.0006621	0.1589352	0.1398829	0.0782638	**0.1965544**	0.0840520	**0.1874941**
ระดับหายนะ	**0.8725243**	**0.8734714**	**0.7046972**	**0.7053196**	**0.2082160**	**0.2235158**	**0.2159881**	0.1362197	**0.2140347**	0.1421755
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.9923181	0.9929022	0.8007074	0.8010828	0.4483268	0.4447629	0.4259469	0.4546282	0.4082935	0.4344748
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.0076819	0.0070978	0.1992862	0.1989109	0.5516732	0.5552371	0.5740531	0.5453717	0.5917065	0.5655252
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

หมายเหตุ 1 คือ ผลการคำนวณตามขั้นตอนของกรอบงานที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2 คือ ผลการคำนวณตามขั้นตอนงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.15 เปรียบเทียบขอบเขตและขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงทั้งสองวิธี

ขอบเขตและขั้นตอนของงาน	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน
การวิเคราะห์และการออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์	✔	✔
การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ	✔ วิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุโดยพิจารณาจากจำนวนสถานะและแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน	✔ วิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุโดยพิจารณาจากเงื่อนไขของการเปลี่ยนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน
การวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาจากจำนวนข้อความในแผนภาพลำดับ	✔	✔
การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ	✔	✔
การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงของซีนนาริโอ	✔	✔
รายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน	✔	✔

ตารางที่ 6.16 เปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุในระบบเอทีเอ็มของทั้งสองวิธี

วัตถุที่ขึ้นกับสถานะ / ความน่าจะเป็น	ATMController		TransactionController	
	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova
จำนวนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน	-	10	-	11
จำนวนแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน	-	11	-	13
ไซโคลเมติกคอมแพล็กซิตี	-	3	-	4
ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ	0.9999371	-	0.9989316	-
ค่าความน่าจะเป็นของวัตถุ (P) ในซีนนาริโอ	0.9443553	0.4285714	0.0555258	0.5714286
ค่าระดับความรุนแรง (L)	0.75	0.75	0.95	0.95
ค่าความเสี่ยง (P x L)	0.7082665	0.3214286	0.0527496	0.5428571

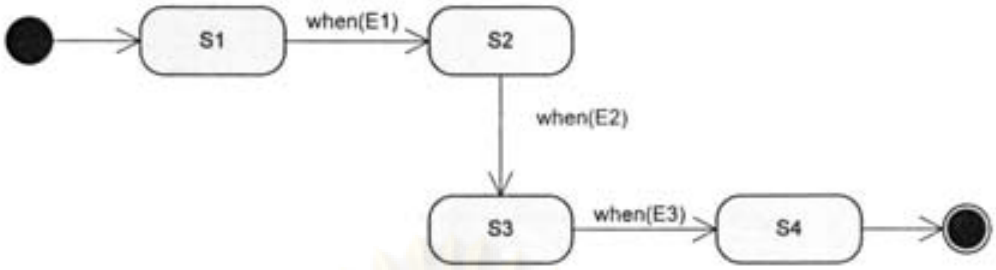
ตารางที่ 6.17 เปรียบเทียบการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อของทั้งสองวิธี

วัตถุที่ขึ้นกับสถานะ / ความน่าจะเป็น	InventoryController		PaymentController		ReportController	
	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ K. Goseva-Popstojanova
จำนวนสถานะในแผนภาพสเตทแมชชีน	-	10	-	8	-	6
จำนวนแทรนซิชันในแผนภาพสเตทแมชชีน	-	13	-	7	-	6
ไซโคลแมติกคอมแพล็กซิตี	-	5	-	1	-	2
ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ	0.9958333	-	0.9976852	-	0.9861111	-
ค่าความน่าจะเป็นของวัตถุ (P) ในซีนนาริโอ	0.7415780	0.6250000	0.1910461	0.1250000	0.0629432	0.2500000
ค่าระดับความรุนแรง (L)	0.95	0.95	0.75	0.75	0.75	0.75
ค่าความเสี่ยง (P x L)	0.7044991	0.5937500	0.1432846	0.0937500	0.0472074	0.1875000

ตารางที่ 6.18 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ จากแผนภาพสเตทแมชชีนลักษณะต่างๆ

ลำดับ	ลักษณะของแผนภาพสเตทแมชชีน			ค่าความเสี่ยงของวิธีการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ	
	จำนวนเส้นทาง	จำนวนแทรนซิชันบนเส้นทาง	ความซับซ้อนของเงื่อนไขบนแทรนซิชัน	กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยง	งานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova
1	น้อย	น้อย	น้อย	ต่ำ	ต่ำ
2	มาก	น้อย	น้อย	ต่ำ	สูง
3	มาก	มาก	น้อย	สูง	สูง
4	น้อย	มาก	น้อย	สูง	ต่ำ
5	น้อย	มาก	มาก	สูง	ต่ำ
6	น้อย	น้อย	มาก	สูง	ต่ำ
7	มาก	น้อย	มาก	สูง	สูง
8	มาก	มาก	มาก	สูง	สูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.2 ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีการเปลี่ยนสถานะในเส้นทางไม่เกิน 3 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและแนวทางการวิจัยต่อ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการ และได้เสนอแนวทางในการทำวิจัยที่สามารถทำต่อจากงานวิจัยนี้ได้

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยเน้นการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากแบบจำลองเชิงพฤติกรรม ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการสร้างและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแผนภาพยูเอ็มแอล ของระบบที่ต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยง ซึ่งแผนภาพยูเอ็มแอลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน จากนั้นจึงนำแผนภาพดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ความเสี่ยง โดยผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ปรับปรุงจากงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova และคณะ [8] หลังจากนั้นจึงได้นำเสนอกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง และพัฒนาเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1) เริ่มต้นจากการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งประกอบด้วย แผนภาพยูสเคสที่ใช้ในการออกแบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยแต่ละยูสเคสหมายถึงฟังก์ชันงานของระบบ แผนภาพคลาสจะแสดงถึงคลาสที่เป็นโครงสร้างข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างคลาสภายในระบบ ภายในยูสเคสจะประกอบด้วยหนึ่งซีนนาริโอหรือหลายซีนนาริโอ ซึ่งสามารถแสดงด้วยแผนภาพลำดับที่ทำให้เห็นถึงพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ สำหรับแต่ละวัตถุใดๆ ที่เป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะจะถูกออกแบบด้วยแผนภาพสเตทแมชชีน เพื่อแสดงถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะภายในวัตถุ แผนภาพต่างๆ เหล่านี้ถูกนำไปใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงในขั้นตอนถัดไป

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุ จะทำทุกซีนนาริโอของแต่ละฟังก์ชันที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอลของขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยจะพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ และความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแต่ละซีนนาริโอ คูณกับค่าระดับความรุนแรงที่แบ่งเป็น 4 ระดับ ตามระดับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยทฤษฎีของภาวะขัดข้องและการวิเคราะห์ผลกระทบหรือเอฟเอ็มอีเอ การคำนวณความเสี่ยงของวัตถุสามารถพิจารณาได้จากแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ ซึ่งสามารถ

คำนวณได้จากค่าความน่าจะเป็นของค่าความจริงที่ถูกสร้างขึ้นจากเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะตามหลักการสร้างกรณีทดสอบแบบครอบคลุมประพจน์ ส่วนการคำนวณความเสี่ยงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุสามารถพิจารณาได้จากการส่งข้อความกันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ คำนวณเป็นค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ จากนั้นจึงนำความเสี่ยงที่ได้เหล่านี้มาใช้สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอและฟังก์ชันงานในขั้นตอนถัดไป

3) การวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน ได้จากการสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานสถานะ คือ การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการเกิดการแทรนซิชันระหว่างวัตถุที่ทำงานอยู่ในซอฟต์แวร์ และการสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอที่แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงของทุกวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ทำงานร่วมกันในซีนนาริโอ ความเสี่ยงของระดับซีนนาริโอถูกแยกออกเป็นระดับความเสี่ยงต่างๆ แล้วความเสี่ยงของทุกซีนนาริโอในฟังก์ชันงานที่ได้จึงคำนวณเฉลี่ยรวมเป็นความเสี่ยงของฟังก์ชัน

หลังจากที่ได้นำเสนอแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแนวคิดดังกล่าวนำเสนอเป็นกรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่แสดงให้เห็นถึงคอมโพเนนต์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันโดยแต่ละคอมโพเนนต์จะประกอบด้วยรายละเอียดและกระบวนการภายในที่ถูกอธิบายได้ด้วยแผ่นแบบที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากคำอธิบายยูสเคสและมาตรฐานไอทริปเปิลอีสำหรับการพัฒนากระบวนการวงจรชีวิตซอฟต์แวร์ คอมโพเนนต์ต่างๆ ของกรอบงานที่ได้นำเสนอนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง และระดับความรุนแรงที่ถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

2) ส่วนกระบวนการประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วย การระบุความปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุ ปัจจัยที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ ซึ่งความเสี่ยงของวัตถุที่ได้นำไปใช้สำหรับการรวมความเสี่ยงเป็นความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอและฟังก์ชันงาน ซึ่งจะต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงตามระดับความรุนแรง

3) ส่วนข้อมูลนำออก จะเป็นรายงานความเสี่ยงของฟังก์ชันงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการจัดการความเสี่ยง

นอกจากนี้ ยังได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์ความเสี่ยงดังกล่าวโดยอัตโนมัติ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ภาษาเอ็กซ์เอ็มไอซึ่งเป็นมาตรฐานกลางที่ได้จากการแปลงแผนภาพยูเอ็มแอลมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของเครื่องมือ จากนั้นจึงได้ทดสอบเครื่องมือและ

ตรวจสอบกรอบงานดังกล่าวด้วยกรณีศึกษา 2 ระบบ คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

สำหรับการทดสอบเครื่องมือมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการตรวจสอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงของเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นว่ามีการคำนวณที่ถูกต้องหรือไม่ โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่สร้างได้จากเครื่องมือ กับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่สร้างได้ด้วยตนเอง ผลปรากฏว่า การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้จากสองวิธีมีความสอดคล้องตรงกัน อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ครบถ้วนและถูกต้องตามที่ระบุไว้ในขอบเขตอีกด้วย

การตรวจสอบกรอบงานมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้นำเสนอไว้สำหรับการประเมินความเสี่ยงในกรอบงาน โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรอบงานที่ได้นำเสนอ กับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงตามวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับสถาปัตยกรรมโดยใช้ยูเอ็มแอล ของ Katerina Goseva-Popstojanova ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์ความเสี่ยงของทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังได้มีการพิจารณาเพิ่มเติมผลการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุที่เป็นส่วนหนึ่งในกรอบงานที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้ปรับปรุงเพิ่มเติมมาจากงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova ผลปรากฏว่า บางวัตถุให้ผลการคำนวณความเสี่ยงที่ไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน เนื่องจากแนวคิดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่แตกต่างกัน กล่าวคือ กรอบงานมีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุโดยพิจารณาจากเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ ส่วนงานวิจัยของ Katerina Goseva-Popstojanova มีการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุโดยพิจารณาจากจำนวนสถานะและแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุได้ โดยมีเครื่องมือเพื่อช่วยคำนวณความเสี่ยงอย่างอัตโนมัติ อีกทั้งองค์กรต่างๆ สามารถนำกรอบงานไปใช้ควบคู่กับกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เพื่อทำให้องค์กรที่พัฒนาซอฟต์แวร์สามารถทราบได้ว่า ส่วนใดของการออกแบบที่มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดมากเมื่อนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ เพื่อที่จะควบคุมและลดข้อผิดพลาดดังกล่าวให้น้อยลง ซึ่งหากข้อผิดพลาดดังกล่าวเกิดขึ้นในภายหลังจะทำให้องค์กรที่พัฒนาซอฟต์แวร์ต้องเสียเวลา และต้นทุนในการพัฒนาซอฟต์แวร์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการนำกรอบงานไปใช้จึงทำให้องค์กรมีกระบวนพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ช่วยลดระยะเวลา และลดต้นทุนให้กับองค์กร ซึ่งงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งกับอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ที่เป็นระบบที่มีความเสี่ยงสูง (Critical System) เช่น ระบบควบคุมรถไฟฟ้า ระบบควบคุมเครื่องจักรกลในโรงงาน เป็นต้น นอกจากนี้ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้เขียนเป็น

บทความวิชาการและได้รับการตีพิมพ์ระดับนานาชาติ 1 บทความ (แสดงในภาคผนวก ช) เพื่อเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ และการวิจัยอีกด้วย

7.2 แนวทางการวิจัยต่อ

หลังจากผู้วิจัยได้วิจัย พบว่ายังมีบางส่วนที่ควรมีการปรับปรุงหรืออาจทำวิจัยเพิ่มเติมในอนาคตได้ ดังนี้

1) งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนากรอบงานสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ ซึ่งการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะวิเคราะห์ความเสี่ยงจากแผนภาพยูเอ็มแอล โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้วิเคราะห์ระดับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาขึ้น ดังนั้นหากมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของแนวทาง (Guidline) การระบุความเสี่ยง เพื่อช่วยให้ผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงสามารถกำหนดระดับความเสี่ยงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ก็จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้การวิเคราะห์ความเสี่ยงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) การคำนวณความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณความเสี่ยงของฟังก์ชันงานได้โดยการหาความเสี่ยงของซีนนาริโอคูณกับค่าน้ำหนักของโอกาสที่จะเกิดการทำงานของซีนนาริโอนั้น (α) ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการกำหนดให้ค่าน้ำหนักนี้มีค่าเท่ากันในแต่ละซีนนาริโอ อย่างไรก็ตามหากมีการทดลองหรือเก็บข้อมูลการใช้งานฟังก์ชันของระบบที่ผ่านมา เพื่อนำมาใช้เป็นค่าน้ำหนักนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการพิจารณาความเสี่ยงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นกับฟังก์ชันงานที่มักมีการใช้งานบ่อย ทำให้การคำนวณโอกาสการเกิดความเสี่ยงมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

3) จากงานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อตอบสนองฟังก์ชันการทำงานของระบบซึ่งได้มีการออกแบบไว้เป็นแผนภาพยูเอ็มแอล หากสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ตั้งแต่ช่วงการกำหนดความต้องการของระบบเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายของการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในองค์กร จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทราบถึงความสำคัญและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นต่อเป้าหมายขององค์กร ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะนำแบบจำลองเชิงเป้าหมาย (Goal-oriented Model) ซึ่งสามารถใช้จัดการกับความต้องการขององค์กร มาใช้สำหรับการได้มาซึ่งข้อกำหนดความต้องการของระบบที่จะสนับสนุนเป้าหมายขององค์กรก่อนนำความต้องการดังกล่าวมาออกแบบ และการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุจะถูกวิเคราะห์เป็นความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ และเป็นความเสี่ยงในระดับเป้าหมายขององค์กร

4) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยเน้นการวิเคราะห์ที่แบบจำลองเชิงพฤติกรรม นั่นคือแผนภาพลำดับและแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งเป็นแผนภาพส่วนหนึ่งของ

แผนภาพยูเอ็มแอล ในแผนภาพยูเอ็มแอลยังคงมีแผนภาพอื่นๆ ที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้พิจารณาความเสี่ยงได้อีก เช่น แผนภาพกิจกรรม ซึ่งแสดงขั้นตอนกระบวนการทำงานโดยแผนภาพกิจกรรมมีลักษณะการทำงานคล้ายกับแผนภาพสเตทแมชชีน คือมีกระบวนการหรือการกระทำ และการไหลของกระบวนการ รวมถึงการไหลของวัตถุภายในขั้นตอนการทำงาน ในแผนภาพกิจกรรมยังประกอบด้วย เงื่อนไขการตัดสินใจสำหรับการไหลของกระบวนการทำงาน ซึ่งสามารถมองเป็นลักษณะเดียวกับเงื่อนไขของแผนภาพสเตทแมชชีนได้

5) จากงานวิจัยนี้ยังคงมีข้อจำกัดต่างๆ ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุที่สามารถพัฒนาต่อได้ เช่น การวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุจากแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีสถานะซึ่งทำงานพร้อมกัน หรือแผนภาพสเตทแมชชีนที่มีเหตุการณ์ประเภทอื่น หรือการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่อาจจะพิจารณาจำนวนพารามิเตอร์ในการส่งข้อความ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] A. Dennis, B. H. Wixom, and D. Tegarden. Systems Analysis and Design with UML Version 2.0. United State of America: John Wiley & Sons, 2005.

[2] B. W. Boehm. Software Risk Management: Principles and Practices. IEEE Software, 8, 1(Jan/Feb 1991): 32-41.

[3] J. Arlow and I. Neustad. UML and The Unified Process Practical Object-Oriented Analysis and Design. Great Britain: Addison-wesley, 2002.

[4] J. Bowles. The New SEA FMECA Standard. Proceedings of Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1998: 48-53.

[5] J. Offutt, S. Liu, A. Abdurazik, and P. Ammann. Generating Test Data from State-based Specifications. Software Tesing, Verification and Reliability, 13(March 2003): 25-53.

[6] J. Rumbaugh, I. Jacobson, and G. Booch. The Unified Modeling Language Reference Manual, Second Edition, United States of America: Addison-Wesley Longman, 2004.

[7] K. Bowornprasirtkul. Test Cases Generation From a Statechart Diagram. Proceedings of The 8th National Computer Science and Engineering Conference, 20-21 October 2004.

[8] K. Goseva-Popstojanova, A. Hassan, A. Guedem, W. Abdelmoez, M. Nassar, H. Ammar, and A. Mili. Architectural-Level Risk Analysis Using UML. IEEE Transactions on Software Engineering, 29, 10(October 2003): 946-960.

[9] K. Goseva-Popstojanova and K. S.Trivedi. Architecture-based Approach to Reliability Assessment of Software Systems. Performance Evaluation, 45, 2-3(June 2001): 179-204.

[10] L. Simpleman, P. McMahon, B. Bahnmaier, K.Evans, and J. Lloyd. Risk Management Guide for DOD Acquisition, Department of Defense Defense Acquisition University, June 2003.

[11] R.E. Johnson and B. Foote. Designing Reuseable Classes. Journal of Object Oriented Programming, 1, 2(June/July 1988): 22-35.

[12] S. J. Bleistein, K. Cox, J. Verner, and K. T. Phalp. B-SCP: A Requirements Analysis Framework for Validating Strategic Alignment of Organizational IT based on Strategy, Context, and Process. Journal of Information and Software Technology, (2006): 1-23.

[13] S. J. Mellor and M. J. Balcer. Executable UML: A Foundation for Model-Driven Architecture. United States of America: Addison-Wesley, 2002.

[14] Taligent. Building Object-oriented Frameworks. Technical Report, Taligent, 1994.

[15] X. Amatriain. An Object-Oriented Metamodel for Digital Signal Processing with a Focus on Audio and Music. PhD thesis, University of Pompeu Fabra, 2005.

[16] Object Management Group. OMG XML Metadata Interchange (XMI) Specification, version 2.0, 2 May 2003.

[17] US Mil-Std-1629A. Procedures for Performing A Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, 1984.

[18] IEEE Std 1074-1997. IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes.

[19] Dictionary [Online]. Lexico Publishing Group, LLC: Available from: http://dictionary.reference.com/browse/framework [2007, August 15]

[20] Extensible Markup Language (XML) [Online]. Available from: http://www.w3.org/XML [2007, August 27]

[21] The Free Encyclopedia [Online]. Wikimedia Foundation: Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Framework [2007, August 27]

[22] XML Metadata Interchange (XMI) [Online]. Available from: http://www.omg.org/technology/xml [2007, August 27]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
แผนภาพยูเอ็มแอล

ยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language: UML) คือ แบบจำลองมาตรฐานที่เป็นภาษาสำหรับการจำลองเชิงวัตถุ (Object-oriented Modeling Language) เพื่อใช้อธิบายระบบสารสนเทศ (Information System) โดยใช้สัญลักษณ์รูปภาพที่เป็นสากลที่ถูกคิดขึ้นมาสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งสามารถช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผู้ใช้กับผู้พัฒนามีความเข้าใจตรงกันได้อีกด้วย

ยูเอ็มแอลเริ่มต้นครั้งแรกในปี 1994 ที่บริษัทเรชันนอลซอฟต์แวร์ (Rational Software) โดย แกรดี บูช (Grady Booch) และ เจมส์ แรมเบิร์ก (James Rambaugh) วัตถุประสงค์เบื้องต้นในการร่วมงานกันระหว่างทั้ง 2 คน เป็นการพัฒนากระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวัตถุที่เป็นหนึ่งเดียว (Unified Method) โดยนำเอาวิธีของแต่ละคนคือ วิธีของบูช และวิธีของโอเอ็มที (OMT: Object Modeling Technique) มารวมกันและปรับปรุงใหม่ ต่อมาในปี 1995 ไอวา จาคอบสัน (Ivar Jacobson) ผู้พัฒนากระบวนการวิศกรรมซอฟต์แวร์เชิงวัตถุ (OOSE: Object Oriented Software Engineering) ได้เข้าร่วมกับโครงการดังกล่าวซึ่งในครั้งนี้เป็นการสร้างภาษาแบบจำลองขึ้นมาใหม่ เรียกว่า ยูเอ็มแอล ต่อมาในปี 1997 ยูเอ็มแอลรุ่นที่ 1.1 ได้ถูกเสนอให้กับหน่วยงานโอเอ็มจี ซึ่งได้ถูกกำหนดให้เป็นภาษาแบบจำลองมาตรฐานในที่สุด

แผนภาพในยูเอ็มแอลมีการแบ่งกลุ่มออกเป็นหลายลักษณะตามวัตถุประสงค์การนำแผนภาพใช้ไปใช้งาน ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งแผนภาพในยูเอ็มแอลออกเป็นแบบจำลอง 3 ประเภท [1] ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงฟังก์ชัน เป็นแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการทางธุรกิจและการปฏิสัมพันธ์ของระบบสารสนเทศกับสิ่งแวดล้อมรอบๆ ระบบ ในการพัฒนาระบบเชิงวัตถุ แผนภาพที่ทำหน้าที่เป็นแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน ได้แก่ แผนภาพกิจกรรม และแผนภาพยูสเคส ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

(1) แผนภาพกิจกรรม เป็นแผนภาพที่สนับสนุนการสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะของกระบวนการทางธุรกิจและขั้นตอนการทำงาน

(2) แผนภาพยูสเคส เป็นแผนภาพใช้อธิบายฟังก์ชันงานโดยพื้นฐานของระบบสารสนเทศ และชนิดของผู้ใช้งานระบบที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันงานของระบบ

2) แบบจำลองเชิงโครงสร้าง หรือเรียกอีกอย่างว่าแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Model) เป็นแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างของข้อมูลซึ่งสนับสนุนกระบวนการเชิงธุรกิจในองค์กร

ระหว่างเฟสการวิเคราะห์นั้นแบบจำลองเชิงโครงสร้างจะแสดงกลุ่มของข้อมูลเชิงตรรกะโดยปราศจากการบ่งบอกว่าข้อมูลนั้นถูกเก็บ ถูกสร้าง หรือถูกจัดการอย่างไร แต่ผู้วิเคราะห์ระบบจะเน้นที่ความสำคัญของข้อมูลต่อธุรกิจ แผนภาพที่เป็นแบบจำลองเชิงโครงสร้าง ได้แก่ แผนภาพคลาส แผนภาพวัตถุ (Object Diagram) แผนภาพดีพลอยเมนต์ (Deployment Diagram) แผนภาพคอมโพเนนต์ (Component Diagram) แผนภาพแพ็กเก็จ (Package Diagram) และแผนภาพโครงสร้างประกอบ (Composite Structure Diagram) ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

(1) แผนภาพคลาส เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างคลาสว่ามีความสัมพันธ์กันแบบใด และมีคุณสมบัติอะไรบ้าง คลาสแต่ละคลาสจะเป็นแผ่นแบบ (Template) ซึ่งใช้สำหรับสร้างอินสแตนท์ หรือวัตถุในโปรแกรมประยุกต์

(2) แผนภาพวัตถุ เป็นแผนภาพที่แสดงวัตถุและความสัมพันธ์ ณ เวลาหนึ่งๆ อาจถูกพิจารณาเป็นกรณีเฉพาะของแผนภาพคลาสหรือแผนภาพคอมมูนิเคชัน (Communication Diagram)

(3) แผนภาพดีพลอยเมนต์ เป็นแผนภาพที่แสดงสถาปัตยกรรม ในลักษณะโครงแบบ (Configuration) ของโหนด (Node) กระบวนการดำเนินงานและส่วนประกอบที่อยู่ในโหนด

(4) แผนภาพคอมโพเนนต์ เป็นแผนภาพที่แสดงมุมมองการสร้างระบบ โดยอธิบายเป็นองค์กรและการขึ้นต่อกันระหว่างกลุ่มของคอมโพเนนต์

(5) แผนภาพแพ็กเก็จ เป็นแผนภาพที่แสดงการแบ่งแยกระบบไปเป็นกลุ่มเชิงตรรกะ และแสดงให้เห็นถึงการขึ้นต่อกันระหว่างกลุ่ม

(6) แผนภาพโครงสร้างประกอบ

3) แบบจำลองเชิงพฤติกรรม เป็นแบบจำลองที่อธิบายลักษณะเชิงพลวัตภายในระบบสารสนเทศ ซึ่งสนับสนุนกระบวนการเชิงธุรกิจในองค์กรแผนภาพที่เป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรม ได้แก่ แผนภาพลำดับ แผนภาพคอมมูนิเคชัน แผนภาพสเตทแมชชีน แผนภาพการปฏิสัมพันธ์โดยสังเขป (Interaction Overview Diagram) และแผนภาพกำหนดเวลา(Timing Diagram) โดยมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

(1) แผนภาพลำดับ เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงการติดต่อกันระหว่างส่วนย่อย (Element) หรือในที่นี้อาจจะหมายถึงวัตถุ หรือฟังก์ชันการทำงานในซีนนาริโอ รวมถึงการส่งผ่านข้อความระหว่างฟังก์ชันการทำงานในหนึ่งซีนนาริโอ

(2) แผนภาพคอมมูนิเคชัน เป็นแผนภาพที่แสดงการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างส่วนย่อย (Element) ของสถาปัตยกรรมโครงสร้างภายใน และการส่งข้อความภายในอย่างเป็นลำดับโดยมีการกำหนดหมายเลขของข้อความไว้

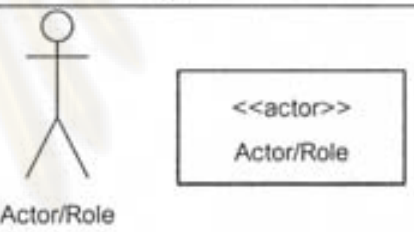
(3) แผนภาพสเตทแมชชีน เป็นแผนภาพที่แสดงถึงความแตกต่างของสถานะของวัตถุในระหว่างการทำงานว่ามีเหตุการณ์ใดบ้างที่ทำให้วัตถุหนึ่งเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง

(4) แผนภาพการปฏิสัมพันธ์โดยสังเขป เป็นแผนภาพที่แสดงการไหลของกระบวนการทางธุรกิจ

(5) แผนภาพกำหนดเวลา เป็นแผนภาพการปฏิสัมพันธ์ชนิดหนึ่งที่เน้นที่เงื่อนไขของเวลา ถูกใช้สำหรับค้นหาพฤติกรรมของวัตถุตลอดช่วงเวลา

แผนภาพยูเอ็มแอลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ แผนภาพยูสเคส มีวากยสัมพันธ์แสดงในตารางที่ ก.1 แผนภาพคลาส มีวากยสัมพันธ์และความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ ก.2 และตารางที่ ก.3 แผนภาพลำดับ มีวากยสัมพันธ์แสดงในตารางที่ ก.4 และแผนภาพสเตทแมชชีน มีวากยสัมพันธ์แสดงในตารางที่ ก.5

ตารางที่ ก.1 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพยูสเคส

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
ผู้เกี่ยวข้อง: แทนบุคคล บทบาท หรือระบบที่ติดต่อกับระบบ ซึ่งได้รับประโยชน์หรือเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันงานหลักของระบบ	
ยูสเคส: แทนหน้าที่หลักของระบบ หรือส่วนของฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบ โดยแสดงเป็นวงรีและกำกับชื่อฟังก์ชันงานในวงรีนั้น	
ขอบเรื่อง (System Boundary): แทนขอบเขตของระบบ หรือกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่งมีชื่อของระบบนั้นกำกับอยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม	
ความสัมพันธ์แบบการเชื่อมโยง (Association Relationship): แทนการเชื่อมโยงระหว่างผู้เกี่ยวข้องและยูสเคสที่สัมพันธ์กัน	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพยูสเคส (ต่อ)

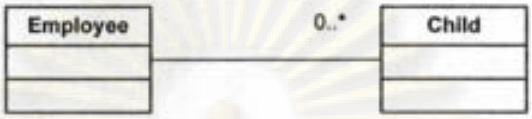
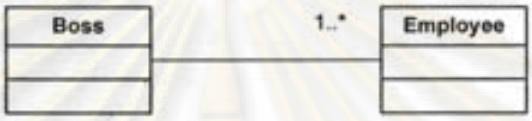
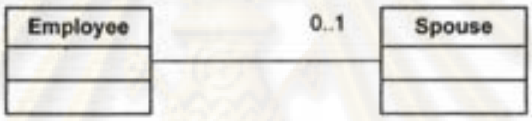
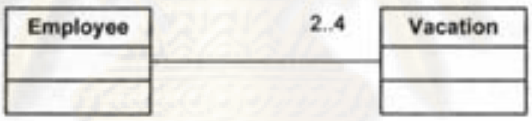
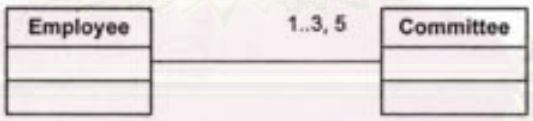
ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
ความสัมพันธ์แบบรวม (Include Relationship): แทนการรวมฟังก์ชันงานของยูสเคสหนึ่งเข้าไปภายในอีกยูสเคสหนึ่ง โดยลูกศรถูกเขียนจากยูสเคสฐานชี้ไปยังยูสเคสที่ถูกรวม	<<include>>
ความสัมพันธ์แบบขยาย (Extend Relationship): แทนการขยายของยูสเคสเป็นพฤติกรรมในลักษณะทางเลือก โดยลูกศรถูกเขียนจากยูสเคสที่ถูกขยายชี้ไปยังยูสเคสฐาน	<<extend>>
ความสัมพันธ์แบบเจนเนอร์รัลไลเซชัน (Generalization Relationship): แทนความสัมพันธ์ระหว่างยูสเคสทั่วไป และยูสเคสที่เฉพาะเจาะจงซึ่งสืบทอดหรือเพิ่มลักษณะเข้าไปยังยูสเคสทั่วไป	

ตารางที่ ก.2 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
คลาส: แทนชนิดของคน สถานที่หรือสิ่งที่ระบบจำเป็นที่ต้องเก็บข้อมูล จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ชื่อคลาส แอทริบิวต์ และโอเปอร์เรชัน	Class -attribute +operation()
แอทริบิวต์: แทนคุณสมบัติที่อธิบายสถานะของวัตถุ	attribute name /derived attribute name
โอเปอร์เรชัน: แทนการกระทำหรือฟังก์ชันที่คลาสสามารถดำเนินการได้	operation name ()
ความสัมพันธ์: แทนความสัมพันธ์ระหว่างหลายๆ คลาส หรือระหว่างคลาสและตัวมันเอง	1..* verb phrase 0..1

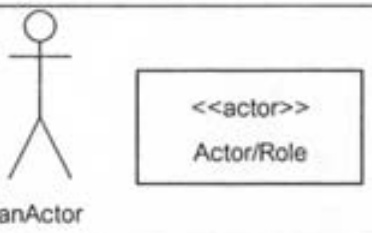
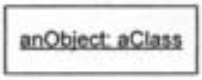
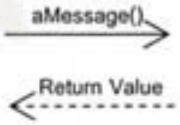
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของแผนภาพคลาส

ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวอย่าง	ความหมาย
Exactly one	1		แผนกหนึ่งมีหัวหน้าได้เพียง 1 คน
Zero or more	0..*		พนักงานคนหนึ่งจะบุตรกี่คน หรือไม่มีบุตรก็ได้
One or more	1..*		หัวหน้าหนึ่งคนจะดูแลพนักงานได้ตั้งแต่ 1 คนขึ้นไป
Zero or one	0..1		พนักงานหนึ่งคนจะมีคู่สมรสเพียง 1 คน หรือไม่มีก็ได้
Specified range	2..4		พนักงานหนึ่งคนจะมีช่วงลาพักร้อนได้ระหว่าง 2 ถึง 4 วัน
Multiple, disjoint range	1..3,5		พนักงานหนึ่งคนสามารถเป็นส่วนหนึ่งของคณะกรรมการได้ 1 ถึง 3 หรือ 5 คณะ

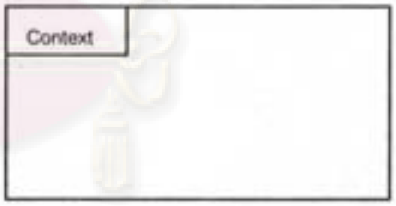
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพลำดับ

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
ผู้เกี่ยวข้อง: แทนบุคคล หรือบทบาท หรือระบบที่ติดต่อกับระบบ หรือได้รับประโยชน์จากระบบ โดยจะเกี่ยวข้องกับลำดับการทำงานโดยการรับส่งข้อความ	
วัตถุ: แทนวัตถุที่เกี่ยวข้องกับลำดับการทำงานโดยการรับหรือส่งข้อความ	
เส้นชีวิต (Lifeline): แทนชีวิตของวัตถุระหว่างลำดับการทำงาน	
การเกิดขึ้นของการกระทำ (Execution Occurrence): แทนวัตถุที่ทำการส่งและรับข้อความ	
ข้อความ: แทนเส้นทางในการส่งข้อมูลจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง โดยที่การเรียกดำเนินการอีกวัตถุหนึ่งจะแสดงเป็นลูกศรเส้นทึบ และมีข้อความกำกับอยู่บนลูกศร ชี้ไปยังวัตถุที่ต้องการเรียกดำเนินการ ในขณะที่การส่งกลับจะแสดงเป็นลูกศรเส้นประ และค่าที่ถูกกำกับไว้บนลูกศร	
การทำลายวัตถุ (Object Destruction): แทนจุดสิ้นสุดการทำงานของเส้นชีวิตของวัตถุ	X
กรอบบริบท (Frame): แทนบริบทของแผนภาพลำดับ	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 วากยสัมพันธ์ของแผนภาพสเตทแมชชีน

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์
สถานะ: แทนสถานะของวัตถุในแผนภาพ	
สถานะเริ่มต้น: แทนจุดเริ่มต้นของแผนภาพสเตท-แมชชีน	
สถานะสิ้นสุด: แทนจุดสิ้นสุดของแผนภาพสเตท-แมชชีน	
เหตุการณ์: แทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัตถุ	anEvent
เงื่อนไขการ์ด: แทนคือ นิพจน์บูลีนซึ่งต้องถูกตรวจสอบให้เป็นจริงก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนสถานะของวัตถุ	[guardCondition]
กิจกรรม: แทนพฤติกรรมที่จะถูกกระทำหลังจากมีเหตุการณ์เข้ามากระตุ้น และเป็นไปตามเงื่อนไขการ์ด โดยพฤติกรรมนี้จะถูกกระทำเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง	anActivity
แทรนซิชัน: แทนการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัตถุจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง	
กรอบบริบท: แทนบริบทของแผนภาพสเตทแมชชีนเชิงพฤติกรรม	

เหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นในแผนภาพสเตทแมชชีนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังตารางที่ ก. 6

แทรนซิชัน จะประกอบไปด้วย สถานะเริ่มต้น เหตุการณ์ที่มากระตุ้น เงื่อนไขที่ต้องเป็นจริงถึงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ การกระทำ และสถานะเป้าหมาย ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของแทรนซิชันได้เป็น 5 ประเภทดังตารางที่ ก.7

ตารางที่ ก.6 แสดงชนิดของเหตุการณ์

ประเภทของเหตุการณ์	คำอธิบาย	วากยสัมพันธ์
คอลอีเวนท์	เป็นเหตุการณ์ที่รอรับคำร้องขอจากโอเปอร์เรชัน ซึ่งชื่อของคอลอีเวนท์ จะเป็นชื่อของโอเปอร์เรชันของคลาส พารามิเตอร์ของ คอลอีเวนท์ จะเป็นพารามิเตอร์ของโอเปอร์เรชัน	op(a:T)
เช้จอีเวนท์	เป็นการเปลี่ยนค่าของนิพจน์ตรรกศาสตร์ ซึ่งจะไม่มีพารามิเตอร์ในเหตุการณ์นั้น เหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อค่าของนิพจน์เปลี่ยนจากเท็จเป็นจริง	when(exp)
ซิกเนลอีเวนท์	เป็นเหตุการณ์ที่มีการส่งสัญญาณระหว่างอ็อบเจกต์เพื่อให้รู้ว่าอ็อบเจกต์มีการสื่อสารระหว่างกัน	sname(a:T)
ไทม์อีเวนท์	เป็นช่วงเวลาที่มาถึงหรือผ่านพ้นไป หลังจากเรียกเหตุการณ์ (โดยทั่วไปเป็นทางเข้าของสถานะปัจจุบัน) ในยูเอ็มแอล ไทม์อีเวนท์ถูกจำลองด้วยการใช้คำหลัก (Keyword) ว่า "After" ตามหลังนิพจน์บางอย่างที่กำหนดเป็นช่วงเวลา	after(time)

ตารางที่ ก.7 แสดงชนิดของแทรนซิชัน

ประเภทของแทรนซิชัน	คำอธิบาย	วากยสัมพันธ์
แทรนซิชันระดับสูง	เป็นแทรนซิชันที่อยู่ในขอบเขตของสถานะที่มีสถานะย่อย ซึ่งเป็นสถานะที่ประกอบด้วยสถานะย่อยที่ทำงานพร้อมกัน หรือเป็นสถานะย่อยธรรมดาคือ ไม่มีการทำงานพร้อมกัน เป็นการทำงานเหมือนสถานะปกติ	ตัวอย่างดังรูปที่ ก.1 เมื่อเหตุการณ์ e1 เกิดขึ้น A1 และ B1 จะกลายเป็นมีการกระทำ(active)
แทรนซิชันแบบสมบูรณ์	เป็นแทรนซิชันที่ไม่มีเหตุการณ์มากระตุ้นและจะถูกกระตุ้นด้วยกิจกรรมที่พร้อมในสถานะเริ่มต้นคือทำเสร็จอยู่ภายในสถานะเริ่มต้น	เขียนเป็นแทรนซิชันเปล่าๆ
แทรนซิชันภายใน	จะมีสถานะเริ่มต้นแต่ไม่มีสถานะเป้าหมาย คือมีการกระทำเกิดขึ้นแต่จะไม่มีการเปลี่ยนสถานะ	event-name/action-expression

ตารางที่ ก.7 แสดงชนิดของแทรนซิชัน (ต่อ)

ประเภทของแทรนซิชัน	คำอธิบาย	วากยสัมพันธ์
เอนนาเบิลแทรนซิชัน	เป็นแทรนซิชันที่มีเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่ง	e(a:T)[exp]/action
แทรนซิชันกับตัวเอง	เป็นแทรนซิชันที่มีสถานะเริ่มต้นและสถานะเป้าหมายเป็นจุดเดียวกันซึ่งจะต่างจากแทรนซิชันภายใน คือ แทรนซิชันกับตัวเอง มีสถานะเป้าหมายโดยเมื่อมีเหตุการณ์มากระตุ้นแล้วเกิดการกระทำขึ้นภายนอกสถานะ เมื่อทำการกระทำเสร็จก็จะเข้ามายังสถานะเดิม	e(a:T)[exp]/action

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

คำอธิบายคอมโพเนนต์ของกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

ในภาคผนวกนี้จะแสดงคำอธิบายของแต่ละคอมโพเนนต์ในกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 ของงานวิทยานิพนธ์นี้ สำหรับกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยคอมโพเนนต์ต่างๆ ที่มาทำงานร่วมกัน ดังนี้

1) การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.1
2) การประเมินความเสี่ยง แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.2
3) การระบุความเสี่ยง แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.3
4) การวิเคราะห์ความเสี่ยง แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.4
5) การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.5
6) การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.6
7) การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.7
8) รายงานความเสี่ยง แสดงคำอธิบายคอมโพเนนต์ ดังตารางที่ ข.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 คำอธิบายคอมโพเนนต์การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน:	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2

ชื่อคอมโพเนนต์:	การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF01
ผู้ที่เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยแผนภาพยูเอ็มแอล
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องมีการเก็บรวบรวมความต้องการของระบบจากผู้ที่เกี่ยวข้อง
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องการออกแบบระบบเพื่อที่จะนำไปใช้ในการพัฒนา
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: - คอมโพเนนต์ย่อย: -
ข้อมูลนำเข้า:	ความต้องการของระบบที่จะพัฒนา
กระบวนการ:	1. วิเคราะห์ความต้องการของระบบที่จะพัฒนา 2. ออกแบบแผนภาพยูสเคส ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน เพื่ออธิบายถึงฟังก์ชันงานที่ระบบพึงมี 3. ออกแบบแผนภาพคลาส ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงโครงสร้าง เพื่ออธิบายถึงโครงสร้างข้อมูลของระบบที่มีความสัมพันธ์กัน 4. ออกแบบแผนภาพลำดับ ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรม เพื่ออธิบายถึงซีนนาริโอการทำงานร่วมกันหรือการเรียกใช้ข้อมูลกันระหว่างวัตถุที่เป็นอินสแตนท์ของคลาส ในแต่ละยูสเคสหรือฟังก์ชันงานของระบบ 5. ออกแบบแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรม เพื่ออธิบายถึงการเปลี่ยนสถานะการทำงานภายในวัตถุที่เป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะของแต่ละคลาสในแผนภาพคลาสของระบบ
กระบวนการทางเลือก:	-
ข้อมูลส่งออก:	แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบที่จะพัฒนา ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ที่มีความสัมพันธ์กัน
เงื่อนไขหลัง:	-
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์ต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องเก็บรวบรวมความต้องการของระบบ และออกแบบเป็นแผนภาพยูเอ็มแอล
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 คำอธิบายคอมโพเนนต์การประเมินความเสี่ยง

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2

ชื่อคอมโพเนนต์:	การประเมินความเสี่ยง
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF02
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องมีการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเรียบร้อยแล้ว
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการประเมินความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน จากแผนภาพยูเอ็มแอลที่ได้ออกแบบไว้
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: - คอมโพเนนต์ย่อย: การระบุความเสี่ยง(RAF03) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (RAF04) การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RAF07)
ข้อมูลนำเข้า:	แผนภาพยูเอ็มแอลของระบบที่จะวิเคราะห์ความเสี่ยง ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน ที่มีความสัมพันธ์กัน
กระบวนการ:	1. ระบุความเสี่ยงจากวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ (ตามคอมโพเนนต์รหัส RAF03) 2. วิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับวัตถุ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระดับซีนนาริโอของแต่ละฟังก์ชันการทำงาน (ตามคอมโพเนนต์รหัส RAF04) 3. จัดเรียงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน (ตามคอมโพเนนต์รหัส RAF07)
กระบวนการทางเลือก:	-
ข้อมูลส่งออก:	ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระดับซีนนาริโอที่ได้มีการเรียงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงแล้วในแต่ละฟังก์ชันการทำงานของระบบ
เงื่อนไขหลัง:	-
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอล
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 คำอธิบายคอมโพเนนต์การระบุความเสี่ยง

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2

ชื่อคอมโพเนนต์:	การระบุความเสี่ยง
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF03
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการระบุความเสี่ยงของวัตถุ และการระบุความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องมีการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลของระบบเรียบร้อยแล้ว
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยระบุความเสี่ยงจากพฤติกรรมของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: การประเมินความเสี่ยง (RAF02) คอมโพเนนต์ย่อย: -
ข้อมูลนำเข้า:	แผนภาพยูเอ็มแอลที่ประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และแผนภาพสเตทแมชชีน
กระบวนการ:	1. ระบุความเสี่ยงของวัตถุที่เป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ โดยพิจารณาที่แผนภาพสเตทแมชชีน - พิจารณาที่เงื่อนไขเหตุการณ์ที่มากระตุ้นและเงื่อนไขการ์ดของการเปลี่ยนสถานะบนแต่ละแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน 2. ระบุความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ โดยพิจารณาที่แผนภาพลำดับ - พิจารณาที่การส่งข้อความหรือการเรียกใช้กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ
กระบวนการทางเลือก:	-
ข้อมูลส่งออก:	รายการความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ
เงื่อนไขหลัง:	-
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการระบุความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ จากแผนภาพลำดับและแผนภาพสเตทแมชชีน
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยง

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2
ชื่อคอมโพเนนต์:	การวิเคราะห์ความเสี่ยง		
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF04		
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ		
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยง		
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องมีการระบุความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุเรียบร้อยแล้ว		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน		
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: การประเมินความเสี่ยง (RAF02) คอมโพเนนต์ย่อย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ (RAF05), การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ (RAF06)		
ข้อมูลนำเข้า:	รายการความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ		
กระบวนการ:	1. วิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุที่เป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ และวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ (ตามคอมโพเนนต์รหัส RAF05) 2. วิเคราะห์ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระดับซีนนาริโอของแต่ละฟังก์ชันการทำงาน (ตามคอมโพเนนต์รหัส RAF06)		
กระบวนการทางเลือก:	-		
ข้อมูลส่งออก:	รายการความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ จากแผนภาพลำดับเหตุการณ์ที่ได้ออกแบบไว้		
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพลำดับเหตุการณ์เบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพลำดับเหตุการณ์ที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกรัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2
ชื่อคอมโพเนนต์:	การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับวัตถุ		
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF05		
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ		
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงในแผนภาพสเตทแมชชีน และแผนภาพลำดับ ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรม		
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องมีการระบุความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุเรียบร้อยแล้ว		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน โดยวิเคราะห์ความเสี่ยงจากพฤติกรรมของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ		
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: การวิเคราะห์ความเสี่ยง (RAF04) คอมโพเนนต์ย่อย: -		
ข้อมูลนำเข้า:	รายการความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ		
กระบวนการ:	1. วิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุที่เป็นอินสแตนท์ของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ (รายละเอียดของขั้นตอนและสูตรต่างๆ แสดงในเอกสารที่เกี่ยวข้อง) - สร้างค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์จากเงื่อนไขเหตุการณ์ที่มากระตุ้นและเงื่อนไขการ์ดของการเปลี่ยนสถานะบนแต่ละแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน ตามหลักการครอบคลุมประพจน์ - คำนวณความน่าจะเป็นของค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์ที่เกิดขึ้นของแต่ละแทรนซิชันของแผนภาพสเตทแมชชีน - คำนวณความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนของและวัตถุ - คำนวณค่าความเสี่ยงจากผลคูณของความน่าจะเป็นของวัตถุที่จะทำงานผิดพลาดกับค่าระดับความรุนแรงของปัจจัยความเสี่ยงดังกล่าว ซึ่งถูกวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ 2. วิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ (รายละเอียดของขั้นตอนและสูตรต่างๆ แสดงในเอกสารที่เกี่ยวข้อง) - คำนวณค่าคลัปปลิงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ - คำนวณค่าความเสี่ยงจากผลคูณของค่าคลัปปลิงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุกับค่าระดับความรุนแรงของปัจจัยความเสี่ยงดังกล่าว ซึ่งถูกวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ		
กระบวนการทางเลือก:	-		
ข้อมูลส่งออก:	รายการปัจจัยความเสี่ยงและค่าความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ จากแผนภาพลำดับยูเอ็มแอลที่ได้ออกแบบไว้		
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 คำอธิบายคอมโพเนนต์การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2
ชื่อคอมโพเนนต์:	การวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับซีนนาริโอ		
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF06		
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง		
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ		
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ		
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องมีการระบุและคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุเรียบร้อยแล้ว		
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอการทำงานของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน		
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: การวิเคราะห์ความเสี่ยง (RAF04) คอมโพเนนต์ย่อย: -		
ข้อมูลนำเข้า:	รายการปัจจัยความเสี่ยงและค่าความเสี่ยงของวัตถุ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุ		
กระบวนการ:	1. สร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ 2. คำนวณเมทริกซ์ที่แสดงความน่าจะเป็นที่วัตถุหนึ่งจะมีการเรียกใช้งานไปยังวัตถุอื่นๆ ของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานซอฟต์แวร์ 3. สร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ โดยปรับปรุงจากแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ 4. คำนวณเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ จากแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ (รายละเอียดของขั้นตอนและสูตรต่างๆ แสดงในเอกสารที่เกี่ยวข้อง)		
กระบวนการทางเลือก:	-		
ข้อมูลส่งออก:	รายการค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน		
เงื่อนไขหลัง:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ		
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 คำอธิบายคอมโพเนนต์การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกรัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2

ชื่อคอมโพเนนต์:	การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF07
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องมีการคำนวณค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอเรียบร้อยแล้ว
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในแต่ละซีนนาริโอของฟังก์ชัน
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: การประเมินความเสี่ยง (RAF02) คอมโพเนนต์ย่อย: -
ข้อมูลนำเข้า:	รายการค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอ
กระบวนการ:	1. เรียงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในแต่ละซีนนาริโอของฟังก์ชัน โดยเรียงตามค่าความเสี่ยงจากมากไปหาน้อย
กระบวนการทางเลือก:	-
ข้อมูลส่งออก:	รายการค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอที่จัดเรียงลำดับความสำคัญเรียบร้อยแล้วในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน
เงื่อนไขหลัง:	-
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการจัดลำดับความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอการทำงานในแต่ละฟังก์ชันงาน
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 คำอธิบายคอมโพเนนต์รายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน

กรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ			
ผู้เขียน	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	วันที่:	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		รุ่น:	1.2

ชื่อคอมโพเนนต์:	รายงานความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน
รหัสคอมโพเนนต์:	RAF08
ผู้เกี่ยวข้องหลัก:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง
เอกสารที่เกี่ยวข้อง:	วิทยานิพนธ์ เรื่องกรอบงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
คำอธิบายประกอบ:	อธิบายขั้นตอนของการแสดงผลลัพธ์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน
เงื่อนไขก่อน:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องมีการคำนวณค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอและจัดลำดับความสำคัญเรียบร้อยแล้ว
การกระตุ้น:	ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการแสดงผลลัพธ์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน
ความสัมพันธ์:	คอมโพเนนต์แม่: - คอมโพเนนต์ย่อย: -
ข้อมูลนำเข้า:	รายการค่าความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอที่มีการจัดลำดับความสำคัญแล้ว
กระบวนการ:	1. จัดทำรายงานผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ
กระบวนการทางเลือก:	-
ข้อมูลส่งออก:	-
เงื่อนไขหลัง:	-
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบ หรือผู้วิเคราะห์ความเสี่ยงต้องการรายงานความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอการทำงานในแต่ละฟังก์ชันงาน
ข้อสมมุติฐาน:	1. ผู้วิเคราะห์และออกแบบระบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบแผนภาพยูเอ็มแอลเบื้องต้น 2. แผนภาพต่างๆ ที่ถูกออกแบบ เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่มีวากยสัมพันธ์ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

แฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ

ในภาคผนวกนี้จะแสดงโครงสร้าง และตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่ใช้กับเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ แฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่ใช้นี้เป็นเอ็กซ์เอ็มไอรุ่น 2.1 ที่ถูกส่งออกจากวิชวลพาราไดม์สำหรับยูเอ็มแอล รุ่น 6.0 และเนื่องจากโครงสร้างเอ็กซ์เอ็มไอที่ใช้กับเครื่องมือนี้ประกอบด้วยโครงสร้างข้อมูลของหลายแผนภาพจึงมีความซับซ้อนและมีส่วนย่อยอยู่มาก ในที่นี้จึงของเลือกแสดงเฉพาะส่วนของระบบที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษาที่เครื่องมือดังกล่าวใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงเท่านั้น โดยระบบที่ใช้ คือ ระบบเอทีเอ็มซึ่งประกอบด้วยแผนภาพ และส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอต่างๆ ดังนี้

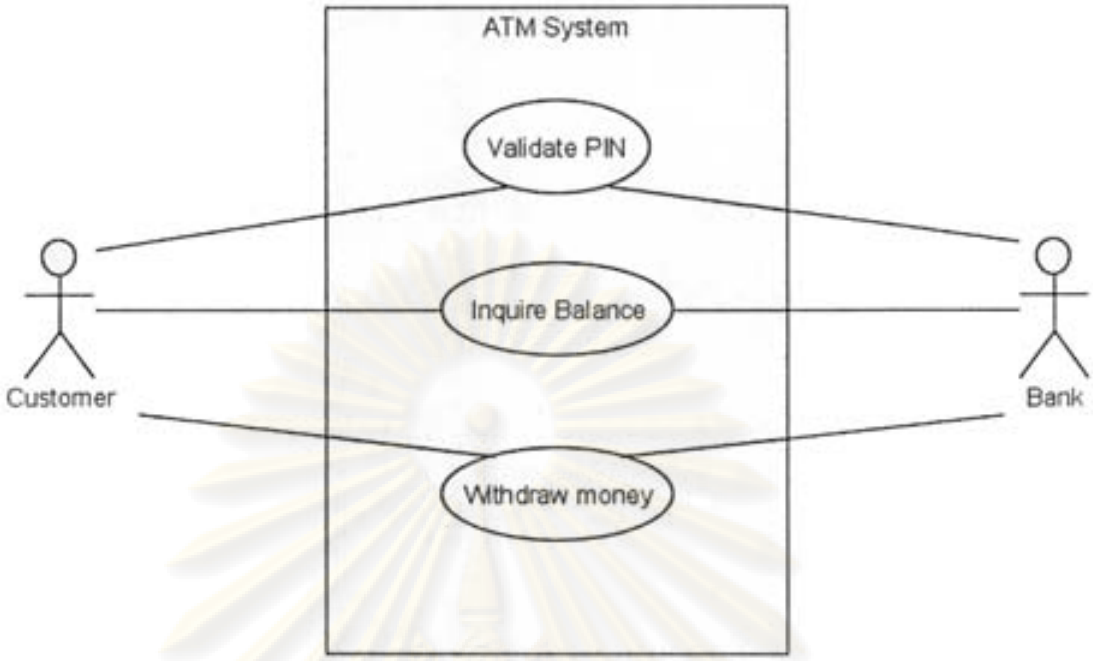
1) รูปที่ ค.1 เป็นตัวอย่างแผนภาพยูสเคสที่แสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบเอทีเอ็ม ซึ่งส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพยูสเคสนี้ แสดงดังรูปที่ ค.2

2) รูปที่ ค.3 เป็นแผนภาพคลาสที่แสดงโครงสร้างข้อมูลของฟังก์ชันการตรวจสอบรหัส ซึ่งส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาสนี้ แสดงดังรูปที่ ค.4

3) รูปที่ ค.5 เป็นแผนภาพลำดับที่แสดงถึงขีนนาริโอการทำงานปกติของยูสเคสการตรวจสอบรหัส ซึ่งส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับนี้ แสดงดังรูปที่ ค.6

4) รูปที่ ค.7 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ที่เป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ ภายในสเตทแมชชีนนี้จะมีสถานะประกอบที่ชื่อว่า Processing PIN input ซึ่งภายในสถานะประกอบนี้จะมีสเตทแมชชีนย่อยดังรูปที่ ค.8 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีนนี้ แสดงดังรูปที่ ค.9

แผนภาพต่างๆ เหล่านี้จะนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่จะใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับงานวิจัยนี้ รูปที่ ค.10 เป็นการแสดงโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาทำการแปลงทั้งหมด ซึ่งภายในประกอบด้วยโครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพต่างๆ ที่ใช้ในสำหรับงานวิจัยนี้ ดังนี้ รูปที่ ค.11 เป็นโครงสร้างแฟ้มข้อมูลมเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูสเคส รูปที่ ค.12 เป็นโครงสร้างแฟ้มข้อมูลมเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพคลาส รูปที่ ค.13 เป็นโครงสร้างแฟ้มข้อมูลมเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพลำดับ และรูปที่ ค.14 เป็นโครงสร้างแฟ้มข้อมูลมเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพสเตทแมชชีน



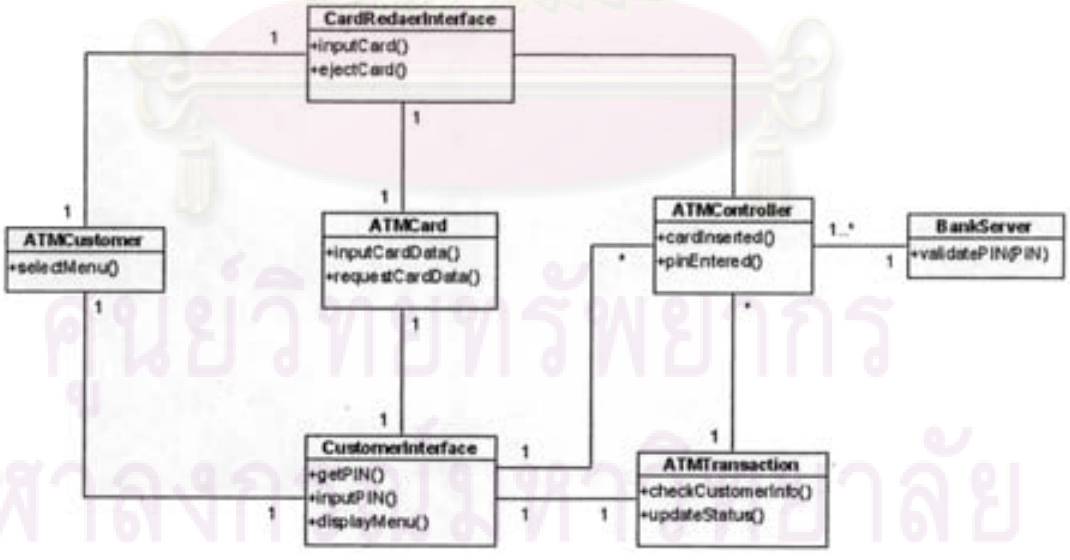
รูปที่ ค.1 แผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็มนำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

```
<ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="ATM System" xmi:id="2xH8zCiGAqACAgNm"
xmi:type="uml:Model">
        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                <system/>
                <isRoot xmi:value="false"/>
        </xmi:Extension>
        <ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Validate PIN" xmi:id="AIv8zCiGAqACAgQQ"
xmi:type="uml:UseCase">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <rank xmi:value="Unspecified"/>
                        <justification xmi:value=""/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                        <subdiagram xmi:value="XOsyzCiGAqACAsCE"/>
                </xmi:Extension>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Inquire Balance" xmi:id="2sACzCiGAqACAgRC"
xmi:type="uml:UseCase">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <rank xmi:value="Unspecified"/>
                        <justification xmi:value=""/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
        </ownedMember>
```

รูปที่ ค.2 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพยูสเคส

```
        <ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Withdraw money" xmi:id="ZawCzCiGAqACAgSQ"
xmi:type="uml:UseCase">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <rank xmi:value="Unspecified"/>
                        <justification xmi:value=""/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
        </ownedMember>
</ownedMember>
<ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Customer" visibility="public" xmi:id="yGP8zCiGAqACAgPq"
xmi:type="uml:Actor">
        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                <isRoot xmi:value="false"/>
                <businessModel xmi:value="false"/>
        </xmi:Extension>
</ownedMember>
<ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Bank" visibility="public" xmi:id="iS8CzCiGAqACAgaK"
xmi:type="uml:Actor">
        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                <isRoot xmi:value="false"/>
                <businessModel xmi:value="false"/>
        </xmi:Extension>
</ownedMember>
```

รูปที่ ค.2 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพยูสเคส (ต่อ)



รูปที่ ค.3 แผนภาพคลาสแสดงโครงสร้างข้อมูลของยูสเคสการตรวจสอบรหัสที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

```
<ownedMember isAbstract="false" isLeaf="false" name="Class diagram of validat PIN" xmi:id="UrTCzCiGAqACAgrz"
xmi:type="uml:Package">
        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                <isRoot xmi:value="false"/>
                <subdiagram xmi:value="fBlCzCiGAqACAgrt"/>
        </xmi:Extension>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="CardRedaerInterface"
visibility="public" xmi:id="3FzCzCiGAqACAgs2" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="inputCard"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="BRrCzCiGAqACAgu9" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="BRrCzCiGAqACAgu9_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="ejectCard"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id=".KHCzCiGAqACAgvV" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id=".KHCzCiGAqACAgvV_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="ATMCustomer" visibility="public"
xmi:id="g1vCzCiGAqACAg.I" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="selectMenu"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="bsAizCiGAqACAhBs" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="bsAizCiGAqACAhBs_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="ATMCard" visibility="public"
xmi:id="HvQizCiGAqACAhPt" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
```

รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส

```
<ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="inputCardData" ownerScope="instance"
visibility="public" xmi:id="hSYizCiGAqACAhUW" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="hSYizCiGAqACAhUW_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="requestCardData"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="OTEizCiGAqACAhVJ" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="OTEizCiGAqACAhVJ_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="ATMController" visibility="public"
xmi:id="Q_0izCiGAqACAhn5" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                        <subdiagram xmi:value="o6pqzCiGAqACAgHR"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="cardInserted"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="lc8izCiGAqACAht3" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="lc8izCiGAqACAht3_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="pinEntered"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="O3CizCiGAqACAhvH" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="O3CizCiGAqACAhvH_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="BankServer" visibility="public"
xmi:id="z2KizCiGAqACAiGO" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="validatePIN"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="cC6izCiGAqACAiQm" xmi:type="uml:Operation">
```

รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส (ต่อ)

```
<ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="inputCardData" ownerScope="instance"
visibility="public" xmi:id="hSYizCiGAqACAhUW" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="hSYizCiGAqACAhUW_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="requestCardData"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="OTEizCiGAqACAhVJ" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="OTEizCiGAqACAhVJ_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="ATMController" visibility="public"
xmi:id="Q_0izCiGAqACAhn5" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                        <subdiagram xmi:value="o6pqzCiGAqACAgHR"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="cardInserted"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="lc8izCiGAqACAht3" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="lc8izCiGAqACAht3_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="pinEntered"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="O3CizCiGAqACAhvH" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="O3CizCiGAqACAhvH_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="BankServer" visibility="public"
xmi:id="z2KizCiGAqACAiGO" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="validatePIN"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="cC6izCiGAqACAiQm" xmi:type="uml:Operation">
```

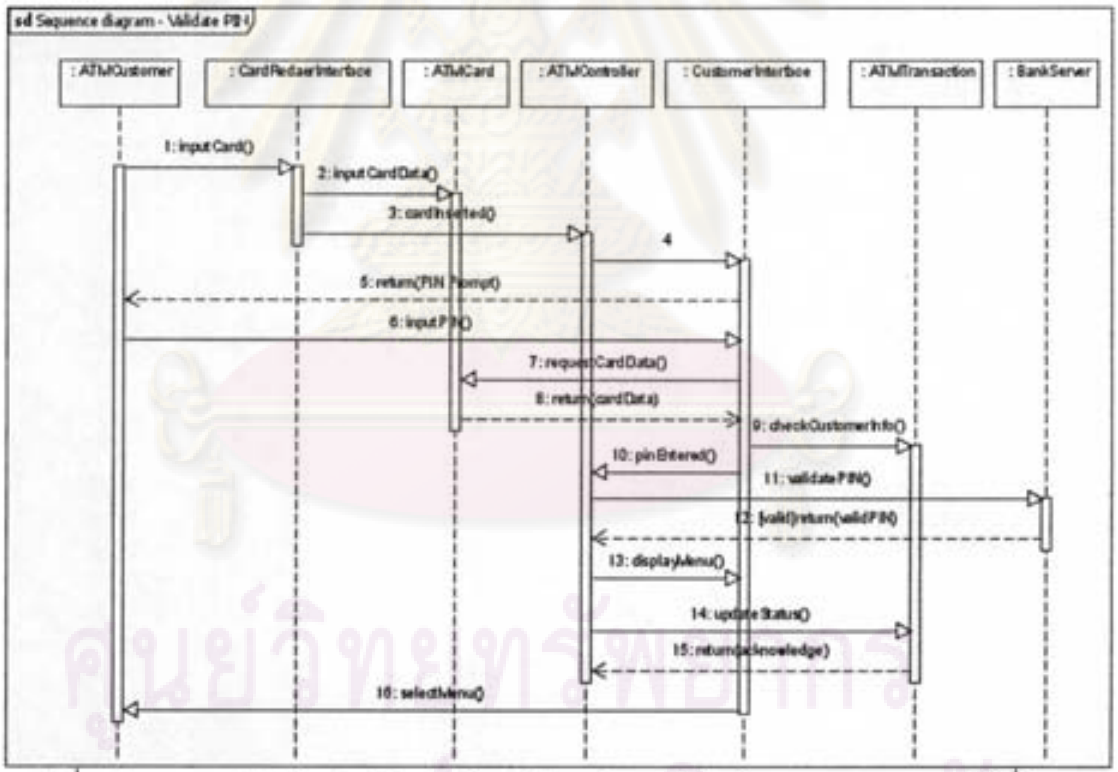
รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส (ต่อ)

```
<ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="cC6izCiGAqACAiQm_return" xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <ownedParameter kind="inout" name="PIN" type="null_id"
xmi:id="LumizCiGAqACAiQz" xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="CustomerInterface"
visibility="public" xmi:id="UueizCiGAqACAixI" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="getPIN"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="u.RizCiGAqACAi0q" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="u.RizCiGAqACAi0q_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="inputPIN"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="1uJizCiGAqACAi2t" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="1uJizCiGAqACAi2t_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="displayMenu"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="fGZizCiGAqACAi4k" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="fGZizCiGAqACAi4k_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                </ownedOperation>
        </ownedMember>
        <ownedMember isAbstract="false" isActive="false" isLeaf="false" name="ATMTransaction" visibility="public"
xmi:id="8JNizCiGAqACAiTq" xmi:type="uml:Class">
                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <isRoot xmi:value="false"/>
                        <businessModel xmi:value="false"/>
                </xmi:Extension>
                <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="checkCustomerInfo"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="e_9izCiGAqACAiYn" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="e_9izCiGAqACAiYn_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
```

รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส (ต่อ)

```
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                    </ownedOperation>
                    <ownedOperation isAbstract="false" isLeaf="false" isQuery="false" name="updateStatus"
ownerScope="instance" visibility="public" xmi:id="a1TizCiGAqACAlbc" xmi:type="uml:Operation">
                        <ownedParameter kind="return" type="null_id" xmi:id="a1TizCiGAqACAlbc_return"
xmi:type="uml:Parameter"/>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <returnTypeDocumentation xmi:value=""/>
                        </xmi:Extension>
                    </ownedOperation>
                </ownedMember>
            </ownedMember>
```

รูปที่ ค.4 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพคลาส (ต่อ)



รูปที่ ค.5 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการทำงานในกรณีปกติของการตรวจสอบรหัสที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
<ownedMember xmi:type="uml:Collaboration">
        <ownedBehavior name="Sequence diagram - Validate PIN" xmi:id="WusyzCiGAqACAsCl"
xmi:type="uml:Interaction">
                <lifeline name="" represents="kAyyzCiGAqACAsGo_represents" xmi:id="kAyyzCiGAqACAsGo"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <active xmi:value="false"/>
                                <stopped xmi:value="false"/>
                                <multiObject xmi:value="false"/>
                                <activation name="Activation" type="false" xmi:id="llWyzCiGAqACAsNM"
xmi:type="activation"/>
                                <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="UlWyzCiGAqACAsND"/>
                        <coveredBy xmi:idref="RbMKzCiGAqACAtY2"/>
                        <coveredBy xmi:idref="_nlKzCiGAqACAtV9"/>
                        <coveredBy xmi:idref="VbcqzCiGAqACAuZ9"/>
                </lifeline>
                <message name="" receiveEvent="UlWyzCiGAqACAsNE" sendEvent="UlWyzCiGAqACAsND"
xmi:id="UlWyzCiGAqACAsNB" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="BRrCzCiGAqACAgu9"
xmi:id="fXFyzCiGAqACAs9W" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <number xmi:value="1"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNM"/>
                                </fromActivation>
                                <toActivation>
                                        <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNR"/>
                                </toActivation>
                        </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="" receiveEvent="uQVKzCiGAqACAtxe" sendEvent="uQVKzCiGAqACAtxd"
xmi:id="uQVKzCiGAqACAtxc" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="O3CizCiGAqACAhvH"
xmi:id="uQVKzCiGAqACAtxi" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <number xmi:value="10"/>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                        <fromActivation>
                                                <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                        </fromActivation>
                                        <toActivation>
                                                <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                                        </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                        </message>
                        <message name="" receiveEvent="nxjKzCiGAqACAt_p" sendEvent="nxjKzCiGAqACAt_o"
xmi:id="nxjKzCiGAqACAt_n" xmi:type="uml:Message">
                                <signature name="Call" operation="cC6izCiGAqACAiQm" xmi:id="nxjKzCiGAqACAt_t"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                                <iteration xmi:value="false"/>
                                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                        </xmi:Extension>
                                </signature>
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <number xmi:value="11"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                        <fromActivation>
                                                <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                                        </fromActivation>
                                        <toActivation>
                                                <activation xmi:value="kJjKzCiGAqACAt_x"/>
                                        </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                        </message>
                        <message name="[valid]return(validPIN)" receiveEvent="ASXKzCiGAqACAuJR"
sendEvent="ASXKzCiGAqACAuJQ" xmi:id="ASXKzCiGAqACAuJP" xmi:type="uml:Message">
                                <signature name="Return" xmi:id="CSXKzCiGAqACAuJV" xmi:type="uml:ReplyAction">
                                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                                <iteration xmi:value="false"/>
                                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                        </xmi:Extension>
                                </signature>
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <number xmi:value="12"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                        <fromActivation>
                                                <activation xmi:value="kJjKzCiGAqACAt_x"/>
                                        </fromActivation>
                                        <toActivation>
                                                <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                                        </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                        </message>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                <message name="" receiveEvent="OgAqzCiGAqACAuRj" sendEvent="OgAqzCiGAqACAuRi"
xmi:id="OgAqzCiGAqACAuRh" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Call" operation="fGZizCiGAqACAi4k"
xmi:id="OgAqzCiGAqACAuRn" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <number xmi:value="13"/>
                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                        <fromActivation>
                            <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                        </fromActivation>
                        <toActivation>
                            <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                        </toActivation>
                    </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="" receiveEvent="lZIqzCiGAqACAuUL" sendEvent="lZIqzCiGAqACAuUK"
xmi:id="lZIqzCiGAqACAuUJ" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Call" operation="a1TizCiGAqACAlbc" xmi:id="nZIqzCiGAqACAuUP"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <number xmi:value="14"/>
                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                        <fromActivation>
                            <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                        </fromActivation>
                        <toActivation>
                            <activation xmi:value="UkBKzCiGAqACAtql"/>
                        </toActivation>
                    </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="return(acknowledge)" receiveEvent="k8YqzCiGAqACAuWX"
sendEvent="k8YqzCiGAqACAuWW" xmi:id="k8YqzCiGAqACAuWV" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Return" xmi:id="G8YqzCiGAqACAuWb"
xmi:type="uml:ReplyAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

```
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <number xmi:value="15"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                            <fromActivation>
                                <activation xmi:value="UkBKzCiGAqACAtql"/>
                            </fromActivation>
                            <toActivation>
                                <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                            </toActivation>
                        </xmi:Extension>
                    </message>
                    <message name="" receiveEvent="VbcqzCiGAqACAuZ9" sendEvent="VbcqzCiGAqACAuZ8"
xmi:id="VbcqzCiGAqACAuZ7" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="bsAizCiGAqACAhBs"
xmi:id="VbcqzCiGAqACAuaB" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                            <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <iteration xmi:value="false"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                            </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <number xmi:value="16"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                            <fromActivation>
                                <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                            </fromActivation>
                            <toActivation>
                                <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNM"/>
                            </toActivation>
                        </xmi:Extension>
                    </message>
                    <message name="" receiveEvent="9a1yzCiGAqACAs.1" sendEvent="9a1yzCiGAqACAs.0"
xmi:id="9a1yzCiGAqACAs.z" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="hSYizCiGAqACAhUW"
xmi:id="9a1yzCiGAqACAs.5" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                            <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <iteration xmi:value="false"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                            </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <number xmi:value="2"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                            <fromActivation>
                                <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNR"/>
                            </fromActivation>
                            <toActivation>
                                <activation xmi:value="fa1yzCiGAqACAs.9"/>
                            </toActivation>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="" receiveEvent=".gTyzCiGAqACAtGn" sendEvent=".gTyzCiGAqACAtGm"
xmi:id=".gTyzCiGAqACAtGl" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Call" operation="Ic8izCiGAqACAht3" xmi:id=".gTyzCiGAqACAtGr"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <number xmi:value="3"/>
                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                        <fromActivation>
                            <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNR"/>
                        </fromActivation>
                        <toActivation>
                            <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                        </toActivation>
                    </xmi:Extension>
                </message>
                <message receiveEvent="arvyzCiGAqACAtSc" sendEvent="arvyzCiGAqACAtSb"
xmi:id="arvyzCiGAqACAtSa" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Call" xmi:id="arvyzCiGAqACAtSg"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                        <number xmi:value="4"/>
                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                        <fromActivation>
                            <activation xmi:value="9gTyzCiGAqACAtGv"/>
                        </fromActivation>
                        <toActivation>
                            <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                        </toActivation>
                    </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="return(PIN Prompt)" receiveEvent="_nlKzCiGAqACAtV9"
sendEvent="_nlKzCiGAqACAtV8" xmi:id="_nlKzCiGAqACAtV7" xmi:type="uml:Message">
                    <signature name="Return" xmi:id="JGqzCiGAqACAul0" xmi:type="uml:ReplyAction">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <iteration xmi:value="false"/>
                            <asynshronous xmi:value="false"/>
                        </xmi:Extension>
                    </signature>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <number xmi:value="5"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                </fromActivation>
                                <toActivation>
                                        <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNM"/>
                                </toActivation>
                        </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="" receiveEvent="RbMKzCiGAqACAtY3" sendEvent="RbMKzCiGAqACAtY2"
xmi:id="RbMKzCiGAqACAtY1" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="1uJizCiGAqACAi2t" xmi:id="RbMKzCiGAqACAtY7"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <number xmi:value="6"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="llWyzCiGAqACAsNM"/>
                                </fromActivation>
                                <toActivation>
                                        <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                </toActivation>
                        </xmi:Extension>
                </message>
                <message name="" receiveEvent="LMSKzCiGAqACAtdj" sendEvent="LMSKzCiGAqACAtdi"
xmi:id="LMSKzCiGAqACAtdh" xmi:type="uml:Message">
                        <signature name="Call" operation="OTEizCiGAqACAhVJ"
xmi:id="LMSKzCiGAqACAtdn" xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                </xmi:Extension>
                        </signature>
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <number xmi:value="7"/>
                                <asynshronous xmi:value="false"/>
                                <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                </fromActivation>
                                <toActivation>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                                        <activation xmi:value="fa1yzCiGAqACAs.9"/>
                                    </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                            </message>
                            <message name="return(cardData)" receiveEvent="5pqKzCiGAqACAtiv"
sendEvent="5pqKzCiGAqACAtiu" xmi:id="5pqKzCiGAqACAtit" xmi:type="uml:Message">
                                <signature name="Return" xmi:id="7pqKzCiGAqACAti0" xmi:type="uml:ReplyAction">
                                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                    </xmi:Extension>
                                </signature>
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                    <number xmi:value="8"/>
                                    <asynshronous xmi:value="false"/>
                                    <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="fa1yzCiGAqACAs.9"/>
                                    </fromActivation>
                                    <toActivation>
                                        <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                    </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                            </message>
                            <message name="" receiveEvent="XEBKzCiGAqACAtqe" sendEvent="XEBKzCiGAqACAtqd"
xmi:id="XEBKzCiGAqACAtqc" xmi:type="uml:Message">
                                <signature name="Call" operation="e_9izCiGAqACAlYn" xmi:id="CSpKzCiGAqACAtvc"
xmi:type="uml:CallOperationAction">
                                    <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                        <iteration xmi:value="false"/>
                                        <asynshronous xmi:value="false"/>
                                    </xmi:Extension>
                                </signature>
                                <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                    <number xmi:value="9"/>
                                    <asynshronous xmi:value="false"/>
                                    <fromActivation>
                                        <activation xmi:value="ZrvyzCiGAqACAtSk"/>
                                    </fromActivation>
                                    <toActivation>
                                        <activation xmi:value="UkBKzCiGAqACAtql"/>
                                    </toActivation>
                                </xmi:Extension>
                            </message>
                            <fragment covered="kAyyzCiGAqACAsGo" message="UlWyzCiGAqACAsNB"
xmi:id="UlWyzCiGAqACAsND" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                            <fragment covered="UlWyzCiGAqACAsMc" message="UlWyzCiGAqACAsNB"
xmi:id="UlWyzCiGAqACAsNE" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                            <fragment covered="kAyyzCiGAqACAsGo" message="RbMKzCiGAqACAtY1"
xmi:id="RbMKzCiGAqACAtY2" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="RbMKzCiGAqACAtY1"
xmi:id="RbMKzCiGAqACAtY3" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="_nlKzCiGAqACAtV7"
xmi:id="_nlKzCiGAqACAtV8" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="kAyyzCiGAqACAsGo" message="_nlKzCiGAqACAtV7"
xmi:id="_nlKzCiGAqACAtV9" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="VbcqzCiGAqACAuZ7"
xmi:id="VbcqzCiGAqACAuZ8" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="kAyyzCiGAqACAsGo" message="VbcqzCiGAqACAuZ7"
xmi:id="VbcqzCiGAqACAuZ9" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <ownedAttribute name="" type="g1vCzCiGAqACAg.i"
xmi:id="kAyyzCiGAqACAsGo_represents"/>
                    <lifeline name="" represents="UlWyzCiGAqACAsMc_represents" xmi:id="UlWyzCiGAqACAsMc"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="lIWyzCiGAqACAsNR"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="UlWyzCiGAqACAsNE"/>
                        <coveredBy xmi:idref="9a1yzCiGAqACAs.0"/>
                        <coveredBy xmi:idref=".gTyzCiGAqACAtGm"/>
                    </lifeline>
                    <fragment covered="UlWyzCiGAqACAsMc" message="9a1yzCiGAqACAs.z"
xmi:id="9a1yzCiGAqACAs.0" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered=".a1yzCiGAqACAs.O" message="9a1yzCiGAqACAs.z"
xmi:id="9a1yzCiGAqACAs.1" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="UlWyzCiGAqACAsMc" message=".gTyzCiGAqACAtGl"
xmi:id=".gTyzCiGAqACAtGm" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message=".gTyzCiGAqACAtGl"
xmi:id=".gTyzCiGAqACAtGn" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <ownedAttribute name="" type="3FzCzCiGAqACAgs2"
xmi:id="UlWyzCiGAqACAsMc_represents"/>
                    <lifeline name="" represents=".a1yzCiGAqACAs.O_represents" xmi:id=".a1yzCiGAqACAs.O"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="fa1yzCiGAqACAs.9"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="9a1yzCiGAqACAs.1"/>
                        <coveredBy xmi:idref="5pqKzCiGAqACAtiu"/>
                        <coveredBy xmi:idref="LMSKzCiGAqACAtdj"/>
                    </lifeline>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    <fragment covered=".a1yzCiGAqACAs.O" message="5pqKzCiGAqACAtit"
xmi:id="5pqKzCiGAqACAtiu" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="5pqKzCiGAqACAtit"
xmi:id="5pqKzCiGAqACAtiv" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="LMSKzCiGAqACAtdh"
xmi:id="LMSKzCiGAqACAtdi" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered=".a1yzCiGAqACAs.O" message="LMSKzCiGAqACAtdh"
xmi:id="LMSKzCiGAqACAtdj" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <ownedAttribute name="" type="HvQizCiGAqACAhPt" xmi:id=".a1yzCiGAqACAs.O_represents"/>
                    <lifeline name="" represents="CgTyzCiGAqACAtGA_represents" xmi:id="CgTyzCiGAqACAtGA"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="9gTyzCiGAqACAtGv"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref=".gTyzCiGAqACAtGn"/>
                        <coveredBy xmi:idref="arvyzCiGAqACAtSb"/>
                        <coveredBy xmi:idref="nxjKzCiGAqACAt_o"/>
                        <coveredBy xmi:idref="OgAqzCiGAqACAuRi"/>
                        <coveredBy xmi:idref="lZIqzCiGAqACAuUK"/>
                        <coveredBy xmi:idref="uQVKzCiGAqACAtxe"/>
                        <coveredBy xmi:idref="ASXKzCiGAqACAuJR"/>
                        <coveredBy xmi:idref="k8YqzCiGAqACAuWX"/>
                    </lifeline>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="arvyzCiGAqACAtSa"
xmi:id="arvyzCiGAqACAtSb" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="arvyzCiGAqACAtSa"
xmi:id="arvyzCiGAqACAtSc" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="nxjKzCiGAqACAt_n"
xmi:id="nxjKzCiGAqACAt_o" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="VxjKzCiGAqACAt_C" message="nxjKzCiGAqACAt_n"
xmi:id="nxjKzCiGAqACAt_p" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="OgAqzCiGAqACAuRh"
xmi:id="OgAqzCiGAqACAuRi" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="OgAqzCiGAqACAuRh"
xmi:id="OgAqzCiGAqACAuRj" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="lZIqzCiGAqACAuUJ"
xmi:id="lZIqzCiGAqACAuUK" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="VEBKzCiGAqACAtp3" message="lZIqzCiGAqACAuUJ"
xmi:id="lZIqzCiGAqACAuUL" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="uQVKzCiGAqACAtxc"
xmi:id="uQVKzCiGAqACAtxd" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="uQVKzCiGAqACAtxc"
xmi:id="uQVKzCiGAqACAtxe" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

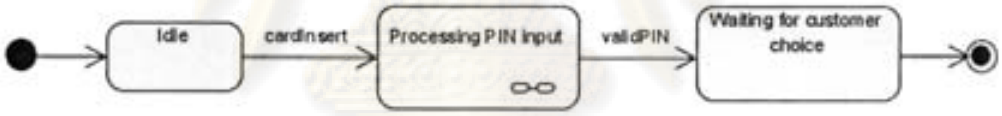
```
                    <fragment covered="VxjKzCiGAqACAt_C" message="ASXKzCiGAqACAuJP"
xmi:id="ASXKzCiGAqACAuJQ" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="ASXKzCiGAqACAuJP"
xmi:id="ASXKzCiGAqACAuJR" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="VEBKzCiGAqACAtp3" message="k8YqzCiGAqACAuWV"
xmi:id="k8YqzCiGAqACAuWW" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="CgTyzCiGAqACAtGA" message="k8YqzCiGAqACAuWV"
xmi:id="k8YqzCiGAqACAuWX" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <ownedAttribute name="" type="Q_0izCiGAqACAhn5"
xmi:id="CgTyzCiGAqACAtGA_represents"/>
                    <lifeline name="" represents="4rvyzCiGAqACAtR1_represents" xmi:id="4rvyzCiGAqACAtR1"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="ZrvyzCiGAqACAtSk"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="RbMKzCiGAqACAtY3"/>
                        <coveredBy xmi:idref="_nlKzCiGAqACAtV8"/>
                        <coveredBy xmi:idref="VbcqzCiGAqACAuZ8"/>
                        <coveredBy xmi:idref="5pqKzCiGAqACAtiv"/>
                        <coveredBy xmi:idref="LMSKzCiGAqACAtdi"/>
                        <coveredBy xmi:idref="arvyzCiGAqACAtSc"/>
                        <coveredBy xmi:idref="OgAqzCiGAqACAuRj"/>
                        <coveredBy xmi:idref="uQVKzCiGAqACAtxd"/>
                        <coveredBy xmi:idref="XEBKzCiGAqACAtqd"/>
                    </lifeline>
                    <fragment covered="4rvyzCiGAqACAtR1" message="XEBKzCiGAqACAtqc"
xmi:id="XEBKzCiGAqACAtqd" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <fragment covered="VEBKzCiGAqACAtp3" message="XEBKzCiGAqACAtqc"
xmi:id="XEBKzCiGAqACAtqe" xmi:type="uml:EventOccurrence"/>
                    <ownedAttribute name="" type="UueizCiGAqACAixI" xmi:id="4rvyzCiGAqACAtR1_represents"/>
                    <lifeline name="" represents="VEBKzCiGAqACAtp3_represents" xmi:id="VEBKzCiGAqACAtp3"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="UkBKzCiGAqACAtqI"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="lZIqzCiGAqACAuUL"/>
                        <coveredBy xmi:idref="k8YqzCiGAqACAuWW"/>
                        <coveredBy xmi:idref="XEBKzCiGAqACAtqe"/>
                    </lifeline>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)

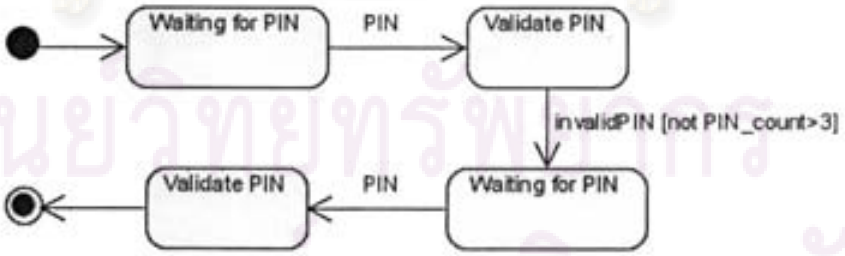
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    <ownedAttribute name="" type="8JNizCiGAqACAITq"
xmi:id="VEBKzCiGAqACAtp3_represents"/>
                    <lifeline name="" represents="VxjKzCiGAqACAt_C_represents" xmi:id="VxjKzCiGAqACAt_C"
xmi:type="uml:Lifeline">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <active xmi:value="false"/>
                            <stopped xmi:value="false"/>
                            <multiObject xmi:value="false"/>
                            <activation name="Activation" type="false" xmi:id="kJjKzCiGAqACAt_x"
xmi:type="activation"/>
                            <lifeline/>
                        </xmi:Extension>
                        <coveredBy xmi:idref="nxjKzCiGAqACAt_p"/>
                        <coveredBy xmi:idref="ASXKzCiGAqACAuJQ"/>
                    </lifeline>
                    <ownedAttribute name="" type="z2KizCiGAqACAiGO" xmi:id="VxjKzCiGAqACAt_C_represents"/>
                </ownedBehavior>
</ownedMember>
```

รูปที่ ค.6 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพลำดับ (ต่อ)



รูปที่ ค.7 แผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ



รูปที่ ค.8 แผนภาพสเตทแมชชีนของสถานะประกอบ Processing PIN input ที่นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
<ownedMember xmi:id="stateMachine_id" xmi:type="uml:StateMachine">
        <region xmi:id="stateMachine_region_id" xmi:type="uml:Region">
                <subvertex kind="initial" name="Initial" xmi:id="CWpqzCiGAqACAgHY"
xmi:type="uml:Pseudostate">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <initialPseudostate/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Idle" xmi:id="m6VqzCiGAqACAgL_" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <state2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Processing PIN input" xmi:id="3ENqzCiGAqACAgNI" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <submachineState2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Waiting for customer&#10;choice" xmi:id="wz9qzCiGAqACAgPI"
xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <state2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex kind="final" name="FinalState" xmi:id="_nzqzCiGAqACAgRJ"
xmi:type="uml:Pseudostate">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <finalState2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex kind="initial" name="Initial2" xmi:id="aWoazCiGAqACAguv"
xmi:type="uml:Pseudostate">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <initialPseudostate/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Waiting for PIN" xmi:id="EGYazCiGAqACAgvL" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <state2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Validate PIN" xmi:id="qAkazCiGAqACAgwT" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <state2/>
                        </xmi:Extension>
                </subvertex>
                <subvertex name="Waiting for PIN" xmi:id="wk0azCiGAqACAgyN" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                                <state2/>
                        </xmi:Extension>
```

รูปที่ ค.9 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    </subvertex>
                    <subvertex name="Validate PIN" xmi:id="IqcazCiGAqACAg0N" xmi:type="uml:State">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <state2/>
                        </xmi:Extension>
                    </subvertex>
                    <subvertex kind="final" name="FinalState2" xmi:id="GxyazCiGAqACAg9W"
xmi:type="uml:Pseudostate">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <finalState2/>
                        </xmi:Extension>
                    </subvertex>
                    <transition name="" source="CWpqzCiGAqACAgHY" target="m6VqzCiGAqACAgL_"
xmi:id="I6VqzCiGAqACAgM0" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <guard xmi:id="I6VqzCiGAqACAgM0_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="I6VqzCiGAqACAgM0_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition name="" source="m6VqzCiGAqACAgL_" target="3ENqzCiGAqACAgNI"
xmi:id="UkNqzCiGAqACAgN9" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <trigger xmi:idref="0mbqzCiGAqACAgVI"/>
                        <guard xmi:id="UkNqzCiGAqACAgN9_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="UkNqzCiGAqACAgN9_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition name="" source="3ENqzCiGAqACAgNI" target="wz9qzCiGAqACAgPI"
xmi:id="wz9qzCiGAqACAgP9" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <trigger xmi:idref="EF3qzCiGAqACAgdN"/>
                        <guard xmi:id="wz9qzCiGAqACAgP9_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="wz9qzCiGAqACAgP9_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition source="wz9qzCiGAqACAgPI" target="_nzqzCiGAqACAgRJ"
xmi:id="8XzqzCiGAqACAgRp" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
```

รูปที่ ค.9 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีน (ต่อ)

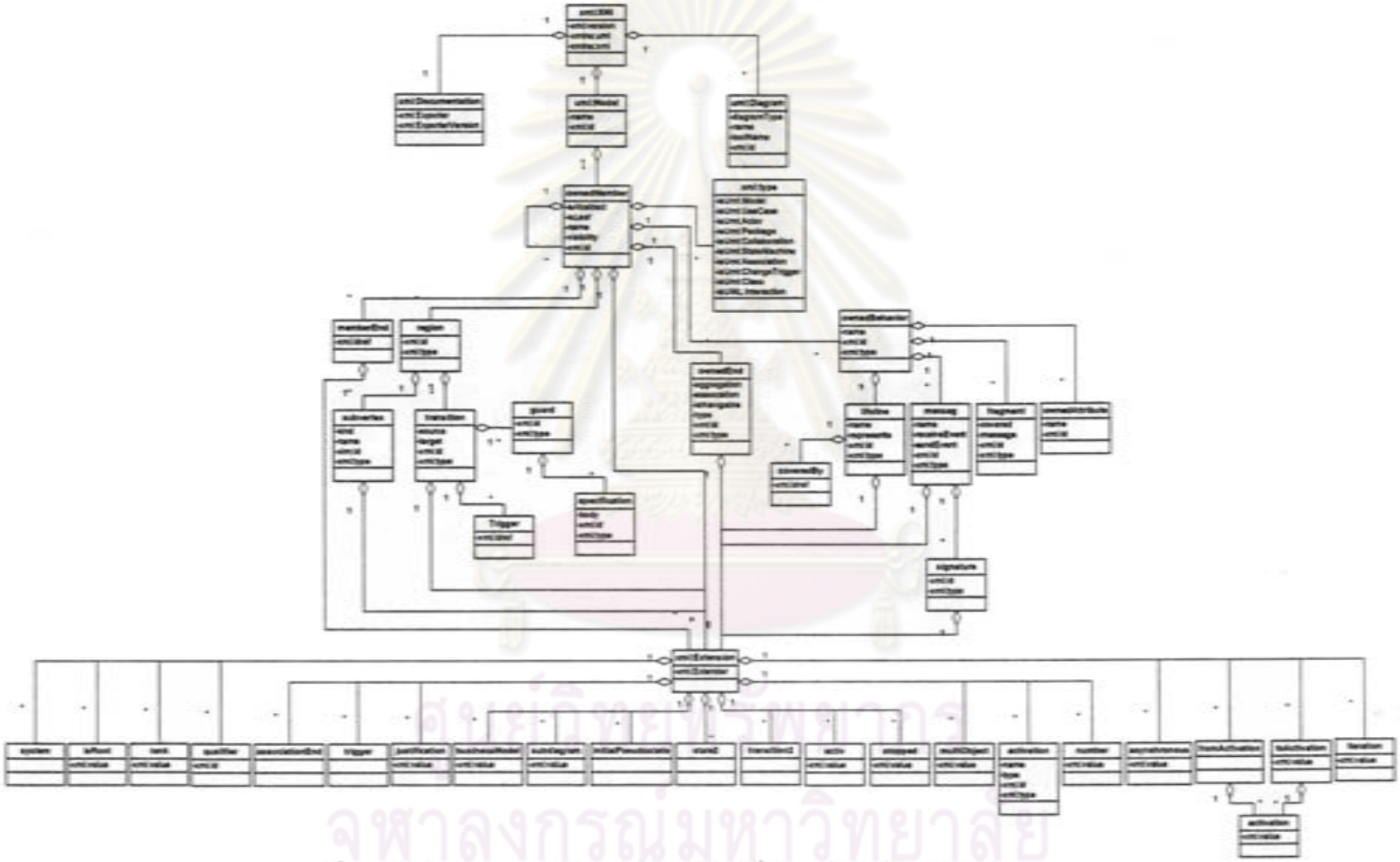
```
                        <guard xmi:id="8XzqzCiGAqACAgRp_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="8XzqzCiGAqACAgRp_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition name="" source="aWoazCiGAqACAguv" target="EGYazCiGAqACAgvL"
xmi:id="6GYazCiGAqACAgwA" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <guard xmi:id="6GYazCiGAqACAgwA_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="6GYazCiGAqACAgwA_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition source="EGYazCiGAqACAgvL" target="qAkazCiGAqACAgwT"
xmi:id="pAkazCiGAqACAgxI" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <trigger xmi:idref="SBiazCiGAqACAg3T"/>
                        <guard xmi:id="pAkazCiGAqACAgxI_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="pAkazCiGAqACAgxI_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition name="" source="qAkazCiGAqACAgwT" target="wk0azCiGAqACAgyN"
xmi:id="wk0azCiGAqACAgzC" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <trigger xmi:idref="_NGazCiGAqACAhAQ"/>
                        <guard xmi:id="wk0azCiGAqACAgzC_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="not PIN_count&gt;3"
xmi:id="wk0azCiGAqACAgzC_guard_spec" xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <transition name="" source="wk0azCiGAqACAgyN" target="lqcazCiGAqACAg0N"
xmi:id="nqcazCiGAqACAg1C" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <trigger xmi:idref="SBiazCiGAqACAg3T"/>
                        <guard xmi:id="nqcazCiGAqACAg1C_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="nqcazCiGAqACAg1C_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
```

รูปที่ ค.9 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีน (ต่อ)

```
                    <transition source="IqcazCiGAqACAg0N" target="GxyazCiGAqACAg9W"
xmi:id="FxyazCiGAqACAg92" xmi:type="uml:Transition">
                        <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                            <transition2/>
                        </xmi:Extension>
                        <guard xmi:id="FxyazCiGAqACAg92_guard" xmi:type="uml:Constraint">
                            <specification body="" xmi:id="FxyazCiGAqACAg92_guard_spec"
xmi:type="uml:OpaqueExpression"/>
                        </guard>
                    </transition>
                    <subvertex diagramId="TbQazCiGAqACAgpP" name="StateMachine"
xmi:id="TbQazCiGAqACAgpO" xmi:type="uml:StateMachine"/>
            </region>
            <xmi:Extension xmi:Extender="Visual Paradigm for UML">
                    <diagram/>
            </xmi:Extension>
</ownedMember>
```

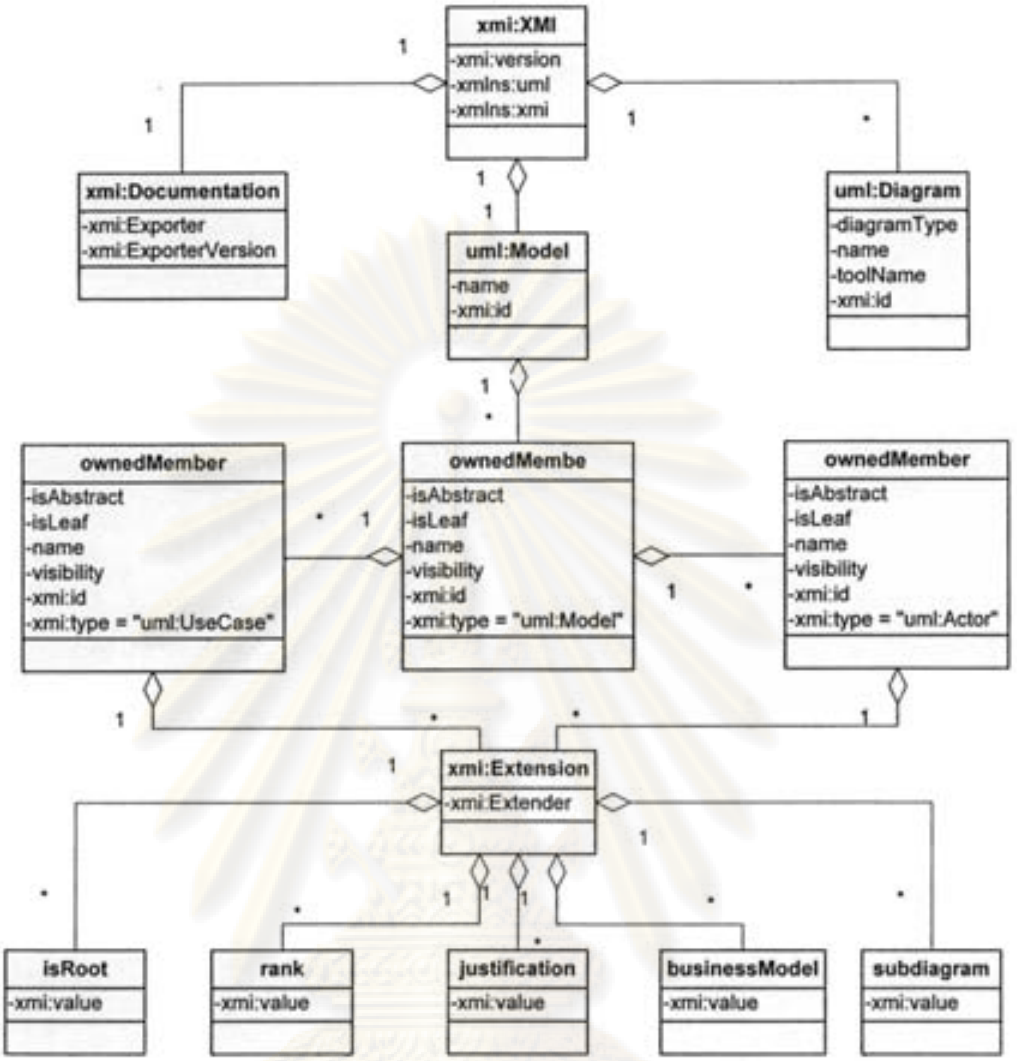
รูปที่ ค.9 ส่วนของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่สอดคล้องกับแผนภาพสเตทแมชชีน (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



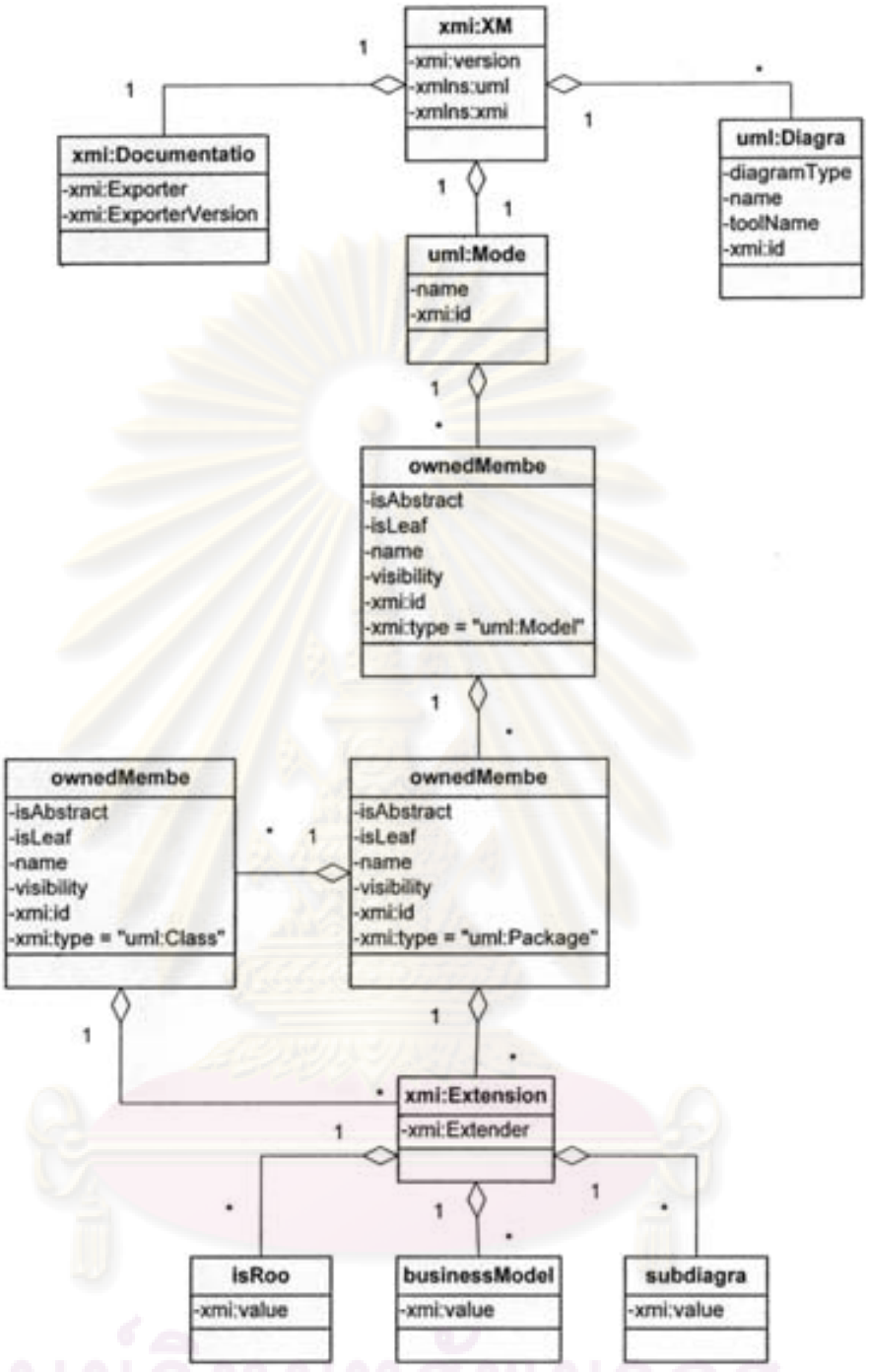
รูปที่ ค.10 โครงสร้างของแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่นำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



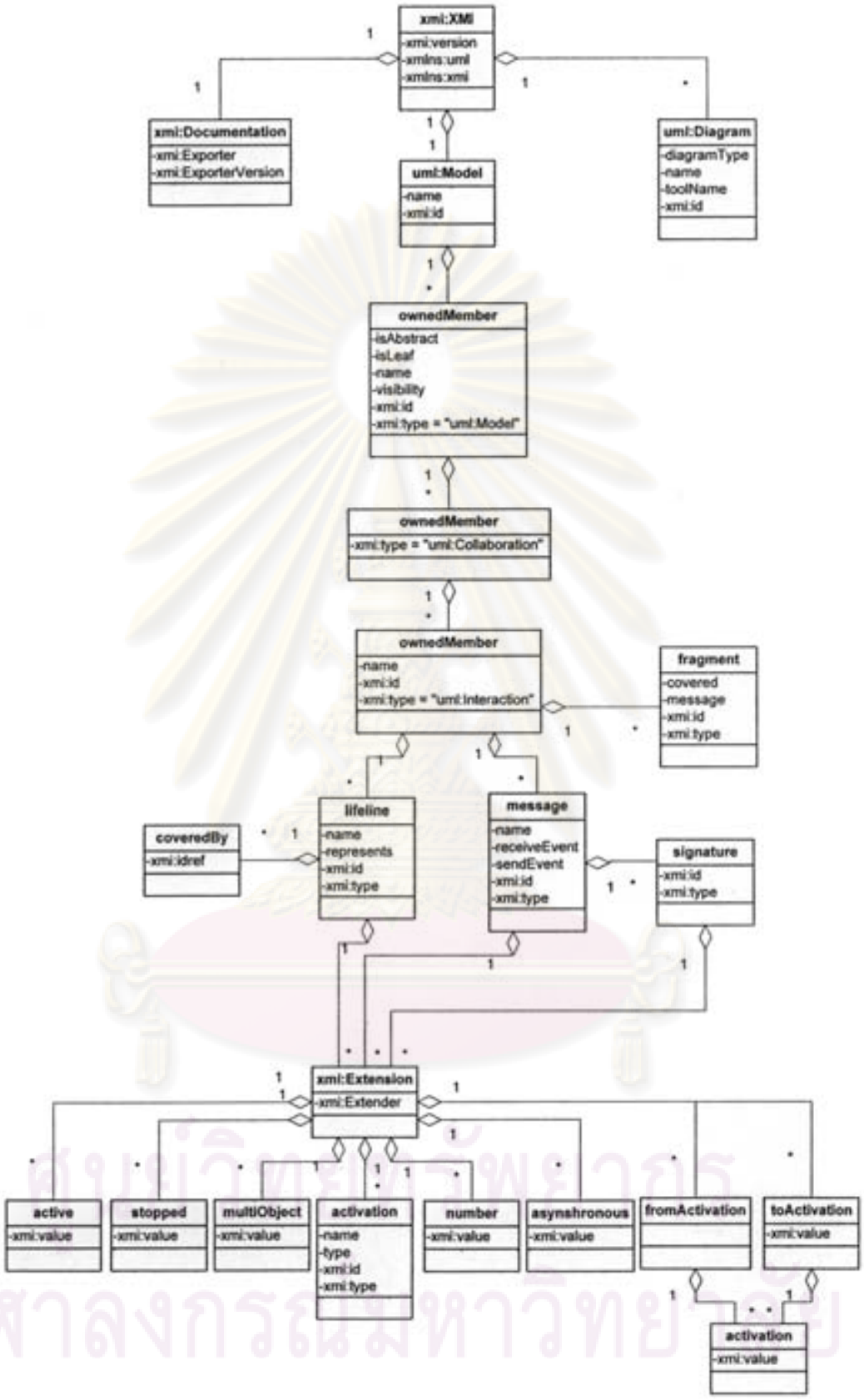
รูปที่ ค.11 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพยูสเคส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



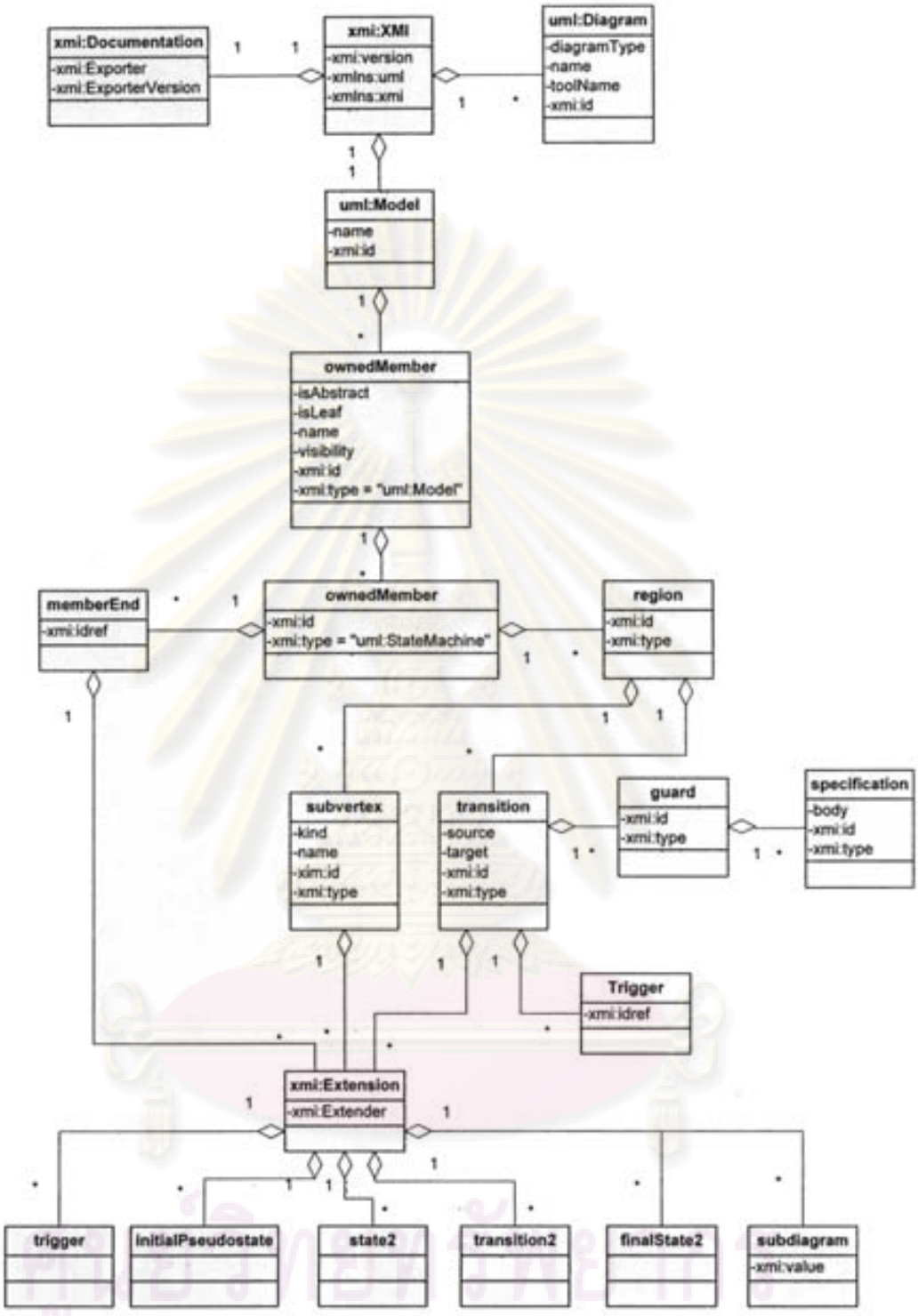
รูปที่ ค.12 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพคลาส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค.13 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค.14 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอของแผนภาพสเตทแมชชีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การใช้งานเครื่องมือ

ในภาคผนวกนี้จะเป็นการกล่าวถึงการใช้งานเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุ ที่พัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้

ง.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากเครื่องมือ

งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันจากแผนภาพยูเอ็มแอล ซึ่งจะอธิบายการทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

เริ่มต้นด้วยการดับเบิลคลิกเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงขึ้นมา เครื่องมือจะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ง.1 โดยมีขั้นตอนการใช้งานเรียงตามลำดับ ดังนี้

1) ขั้นตอนการนำเข้าแฟ้มข้อมูล (Import File) เลือกปุ่ม "Browse" เพื่อทำการเลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่จะเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยง เครื่องมือจะแสดงหน้าต่างสำหรับการเลือกข้อมูลนำเข้า ดังรูปที่ ง.2 หลังเลือกแฟ้มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เครื่องมือจะแสดงข้อความบอกกับผู้ใช้งานว่าการนำเข้าข้อมูลสำเร็จเรียบร้อย (Import XMI File Successful) ดังรูปที่ ง.3 หลังจากนำเข้าข้อมูลสำเร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป

2) ขั้นตอนการแสดงข้อมูลที่ได้จากการนำเข้าแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ (Data Information) เครื่องมือจะแสดงหน้าจอสำหรับข้อมูลที่ได้จากการนำเข้าแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ ดังรูปที่ ง.4 เมื่อผู้ใช้งานต้องการไปยังขั้นตอนถัดไป ให้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ

3) ขั้นตอนการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุ (Risk Identification and Analysis of Object Behavior) เครื่องมือจะอธิบายขั้นตอนการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุ ดังรูปที่ ง.5 เมื่อผู้ใช้งานต้องการเริ่มการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุให้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ

4) ขั้นตอนการระบุและวิเคราะห์ปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุ (Identifying and Analyzing Risk Factor of Object) เครื่องมือจะแสดงรายการปัจจัยความเสี่ยงของวัตถุที่ขึ้นอยู่กับสถานะพร้อมแสดงค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุนั้น ดังรูปที่ ง.6 ผู้ใช้ทำการเลือกระดับความรุนแรงของแต่ละวัตถุหากเกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาเกิดขึ้น ในสดมภ์ที่ชื่อระดับความรุนแรง (Severity Level) เพื่อที่โปรแกรมจะได้คำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วให้ผู้ใช้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป

5) ขั้นตอนการระบุและวิเคราะห์ปัจจัยความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ของวัตถุ (Identify and Analyzing Risk Factor of Object Interaction) เครื่องมือจะแสดงรายการปัจจัยความเสี่ยงของทุกการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในทุกซีนนาริโอ ดังรูปที่ ง.7 โดยแต่ละซีนนาริโอ ผู้ใช้งานเครื่องมือจะต้องเลือกวัตถุที่เริ่มต้น (Starting Object) และวัตถุที่สิ้นสุด (Terminating Object) การทำงานในซีนนาริโอนั้นๆ จากนั้นจึงให้ค่าระดับความรุนแรงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ เมื่อใส่ข้อมูลครบทุกซีนนาริโอแล้วให้ผู้ใช้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป

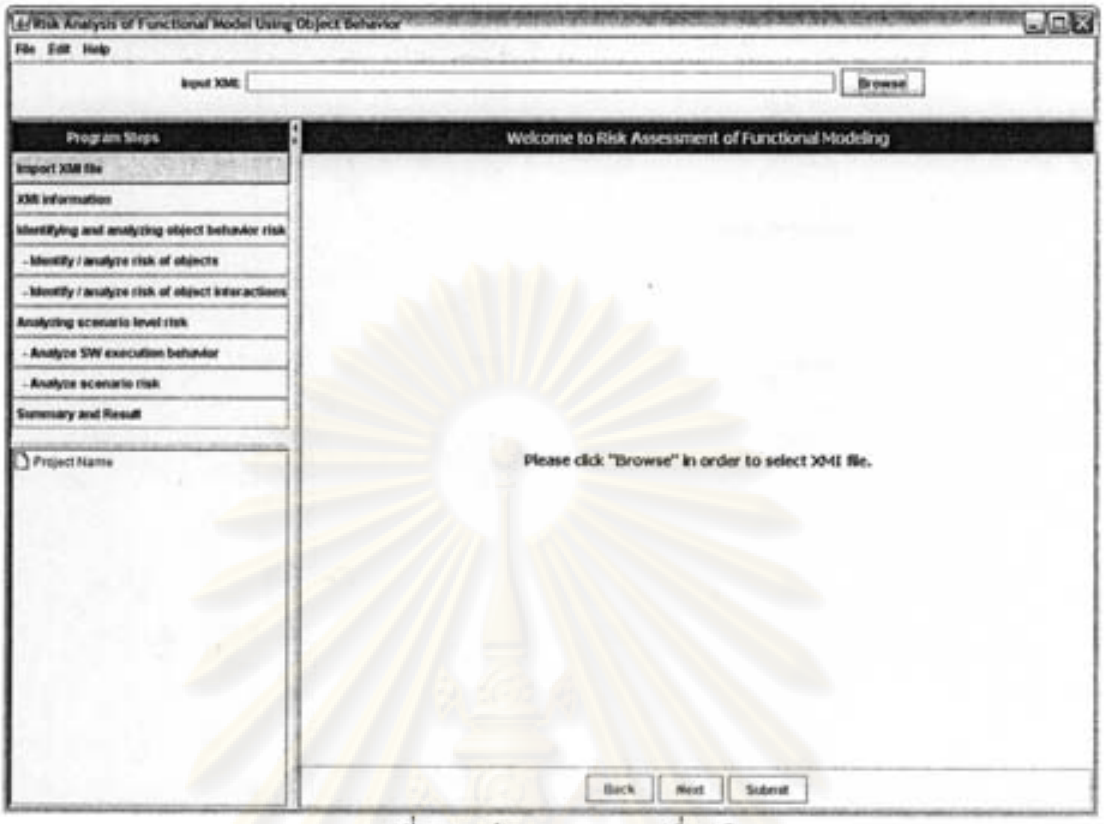
6) ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ (Analyzing Scenario Level Risk) ดังรูปที่ ง.8 เครื่องมือจะอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ เมื่อผู้ใช้งานต้องการเริ่มวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ระดับซีนนาริโอ ให้ผู้ใช้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป

7) ขั้นตอนวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ (Analyze Software Execution Behavior) เครื่องมือจะอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ และรายงานผลการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์และเมทริกซ์ของการแทรนซิชัน ดังรูปที่ ง.9 จากนั้นให้ผู้ใช้กดปุ่ม "Next" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป

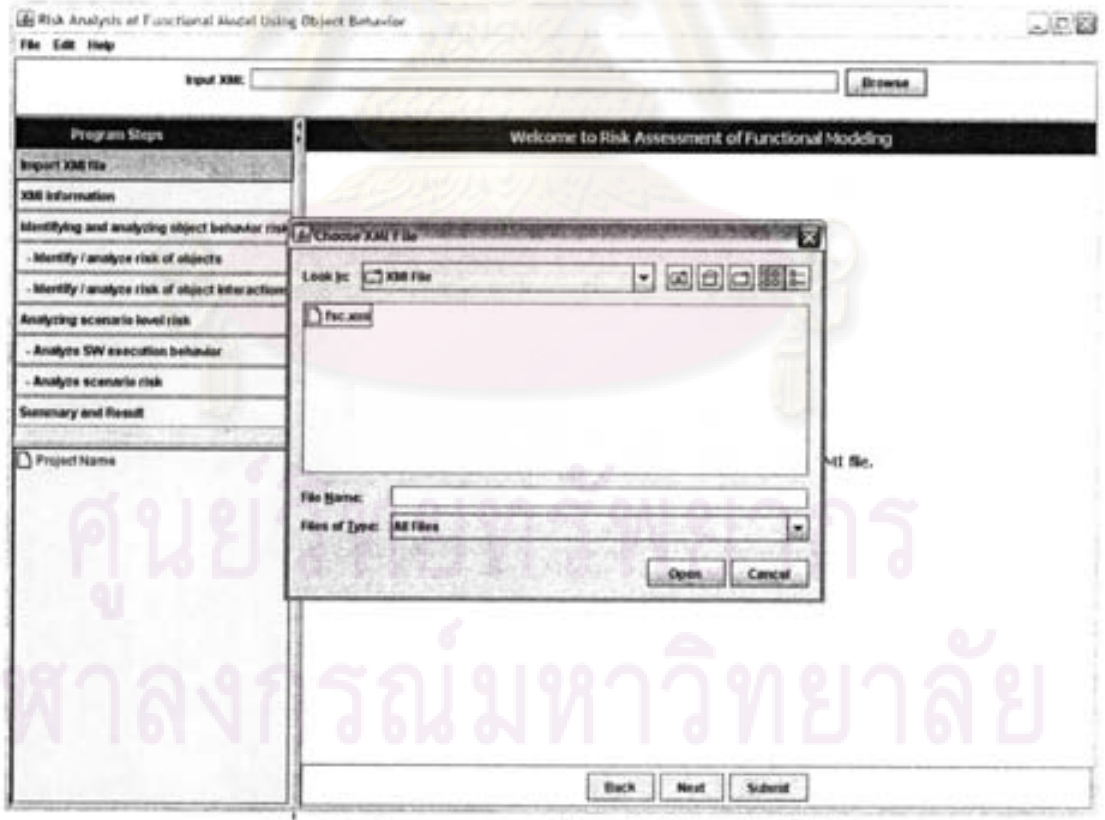
8) ขั้นตอนวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ (Analyze Scenario Risk) เครื่องมือจะอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ และรายงานผลการสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอและเมทริกซ์ต่างๆ ที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง ดังรูปที่ ง.10 เมื่อผู้ใช้ต้องการดูผลการคำนวณความเสี่ยง ให้ผู้ใช้กดปุ่ม "Submit" ที่ส่วนล่างของเครื่องมือ เพื่อดูผลลัพธ์

9) ขั้นตอนการสรุปผลและแสดงผลลัพธ์ (Summary and Result) เครื่องมือจะแสดงผลลัพธ์สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของฟังก์ชัน ดังรูปที่ ง.11 โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกดูผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอได้ โดยการคลิกเลือกจากแผนผังต้นไม้ทางด้านล่างซ้ายของเครื่องมือ เพื่อดูผลของแต่ละซีนนาริโอ ดังรูปที่ ง.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

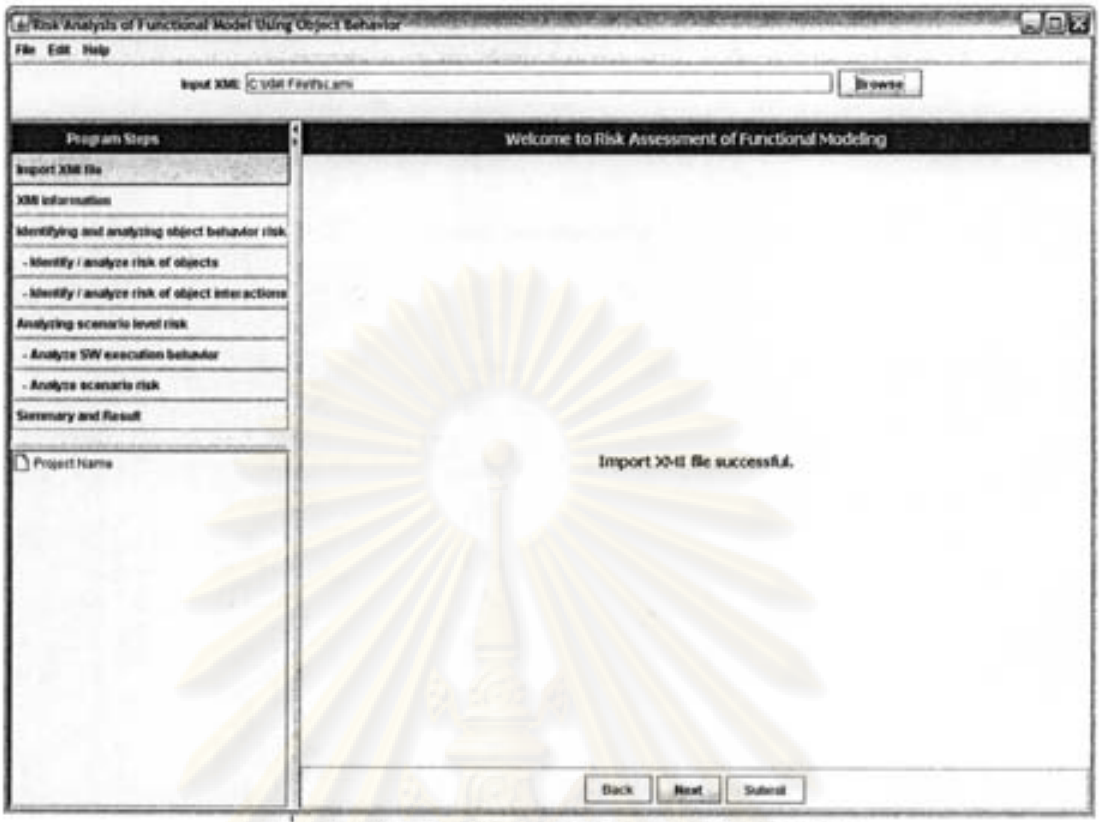


รูปที่ ง.1 หน้าจอแรกของเครื่องมือ

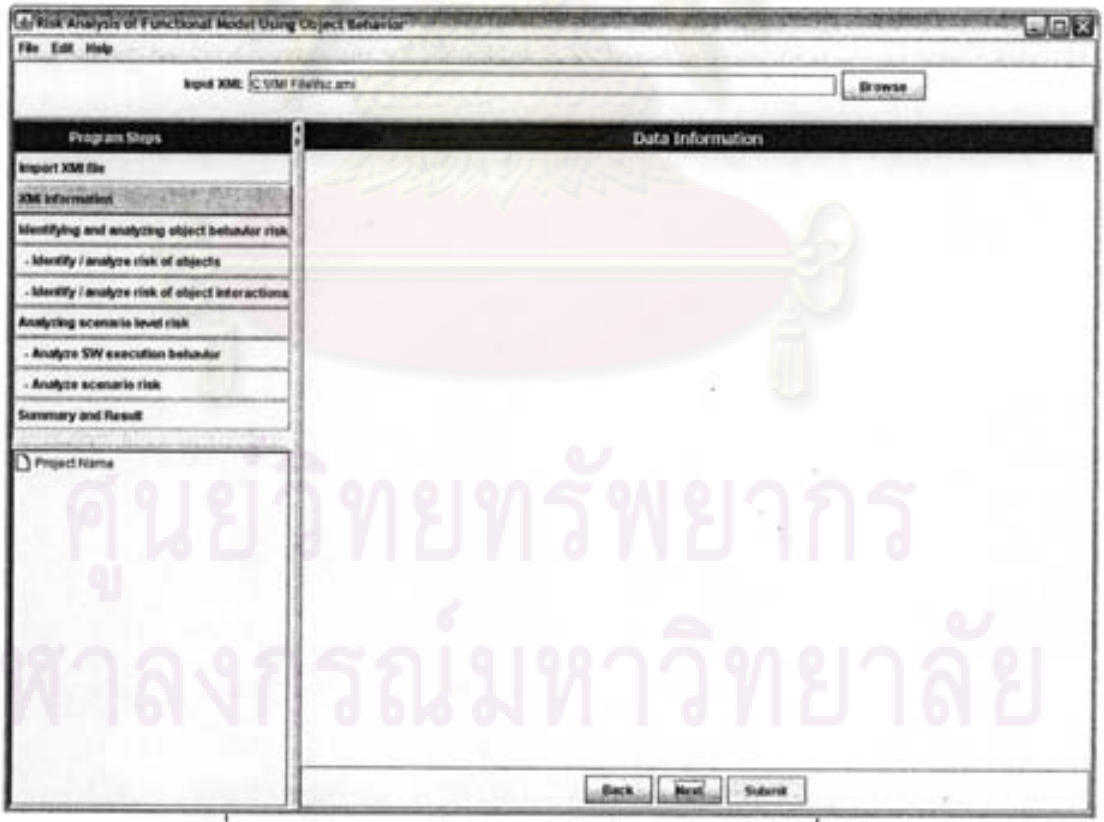


รูปที่ ง.2 หน้าจอแสดงการเลือกแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

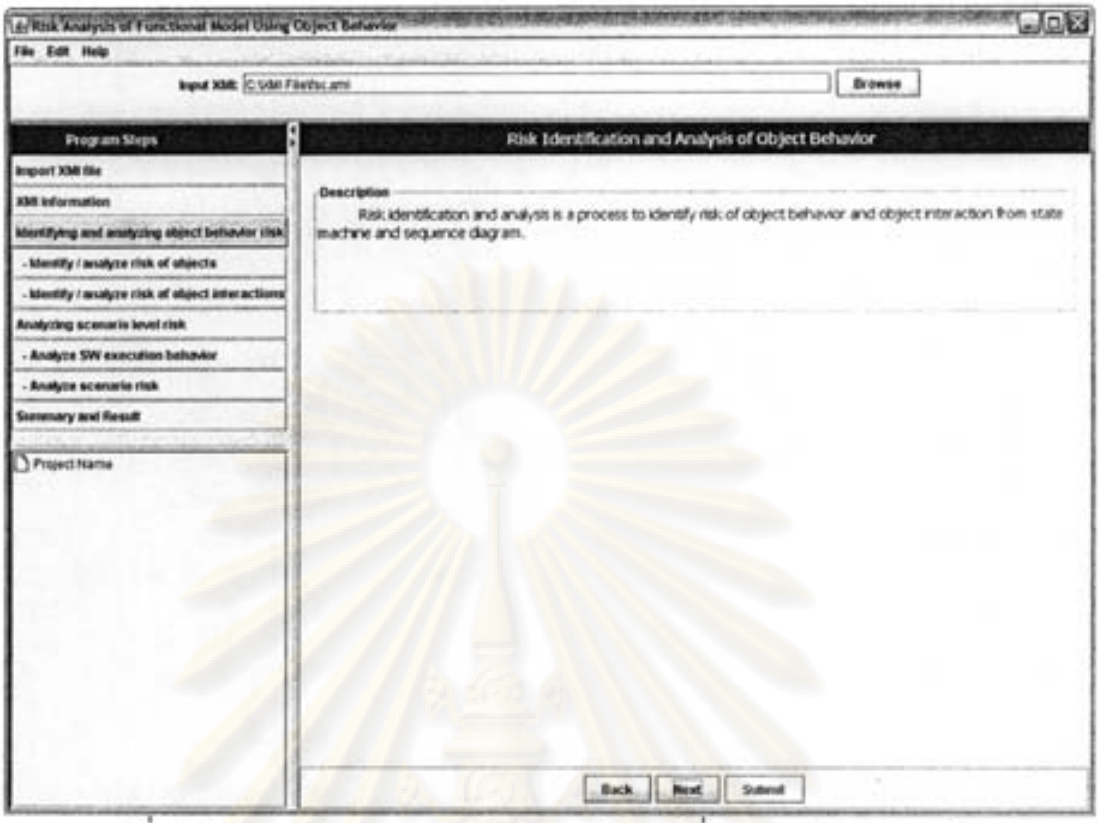


รูปที่ ง.3 หน้าจอแสดงการนำเข้าข้อมูลสำเร็จเรียบร้อย

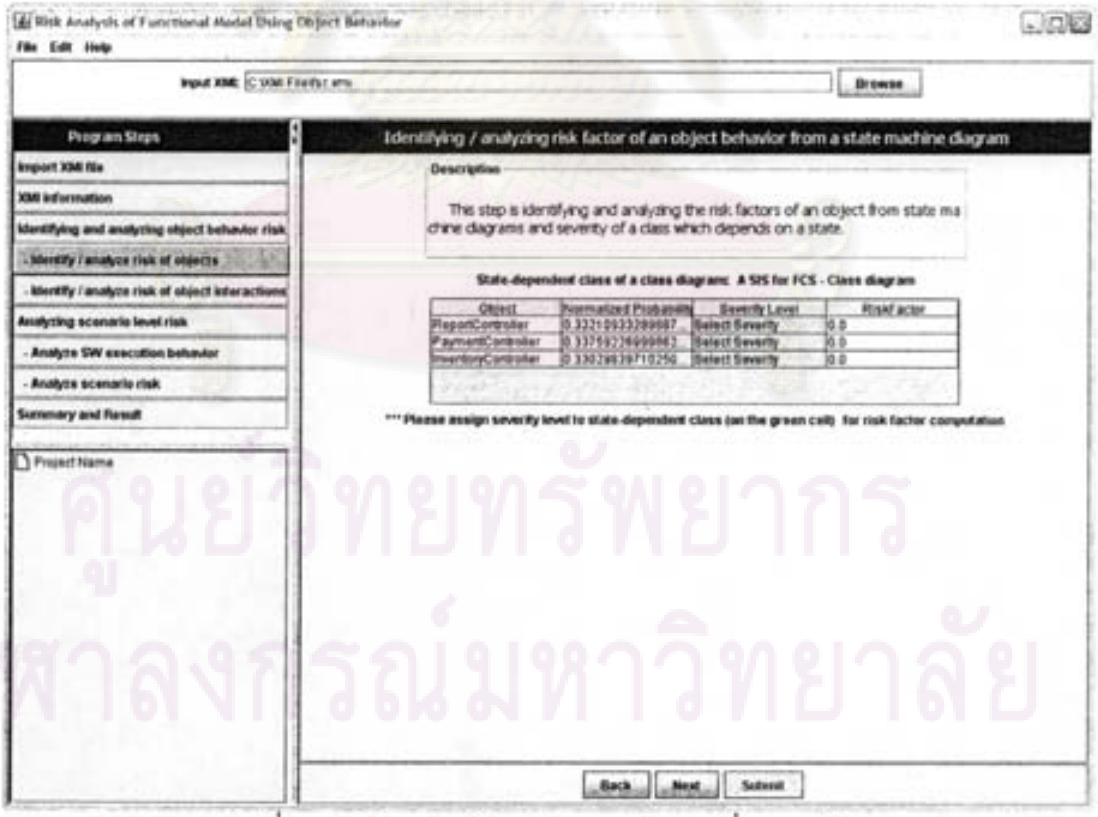


รูปที่ ง.4 หน้าจอแสดงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเอ็กซ์เอ็มไอที่ได้นำเข้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

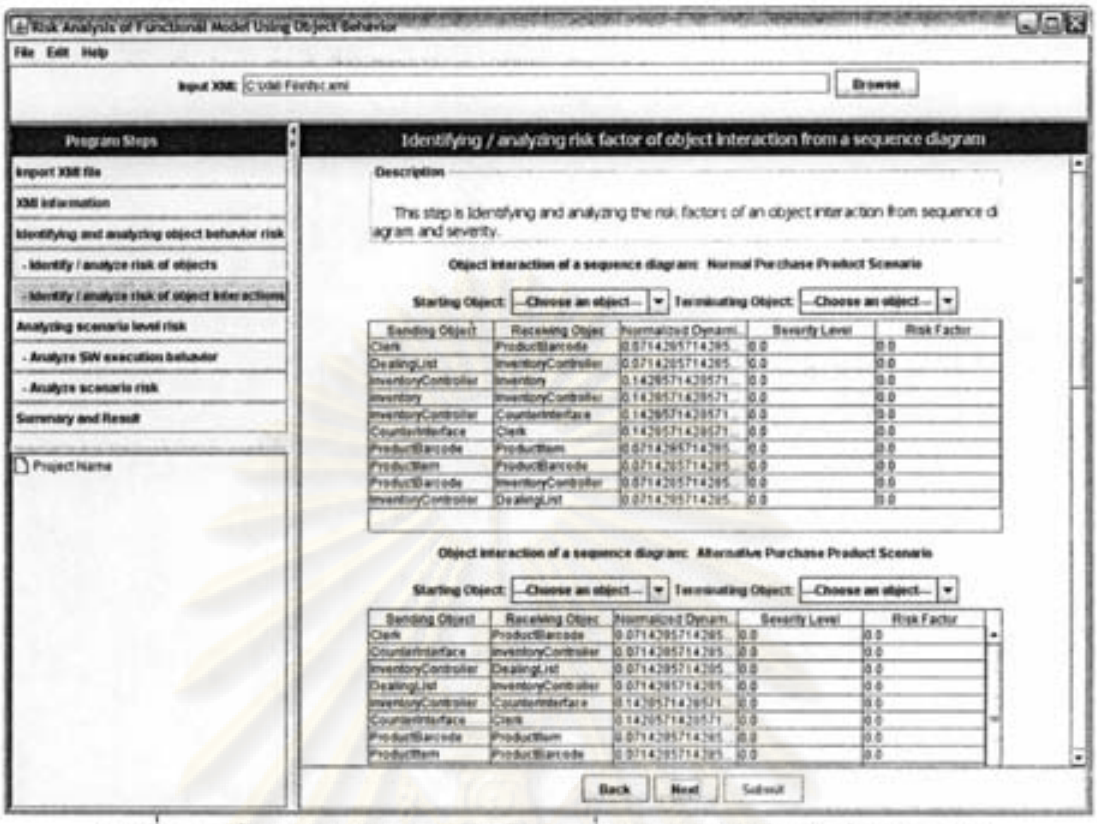


รูปที่ ง.5 หน้าจออธิบายการระบุและวิเคราะห์ความเสี่ยงของพฤติกรรมของวัตถุ

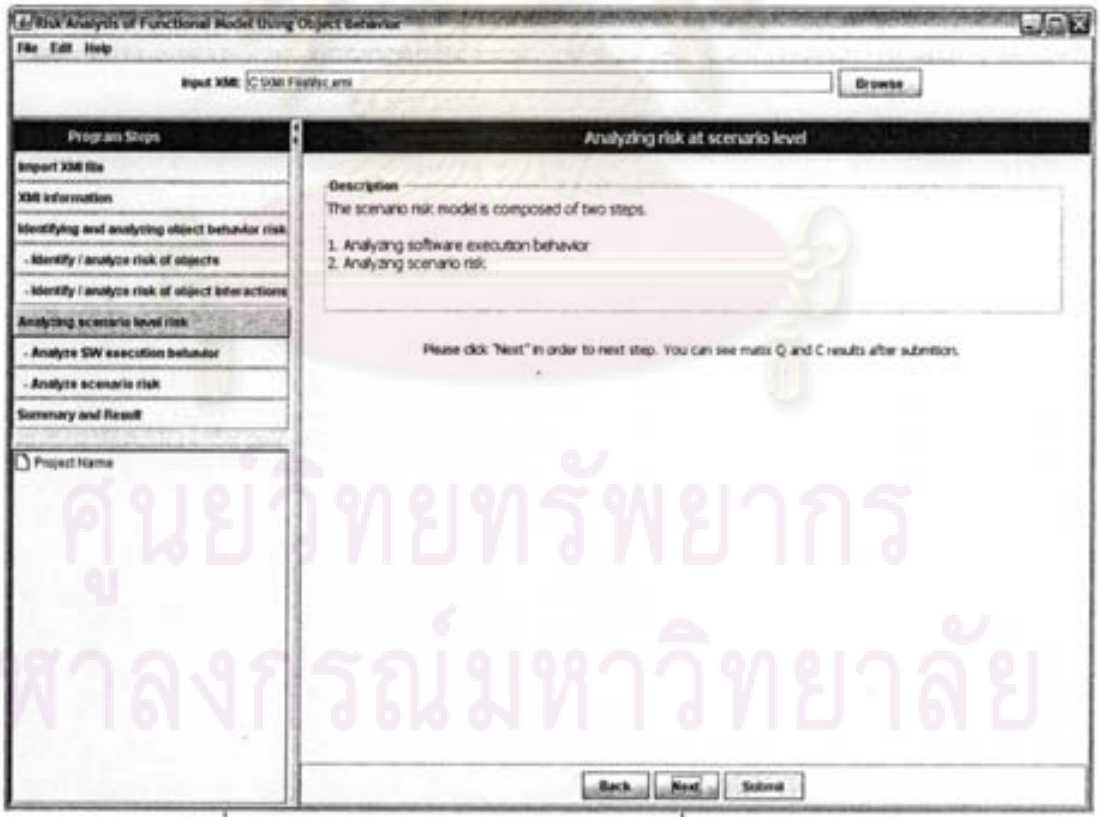


รูปที่ ง.6 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวัตถุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

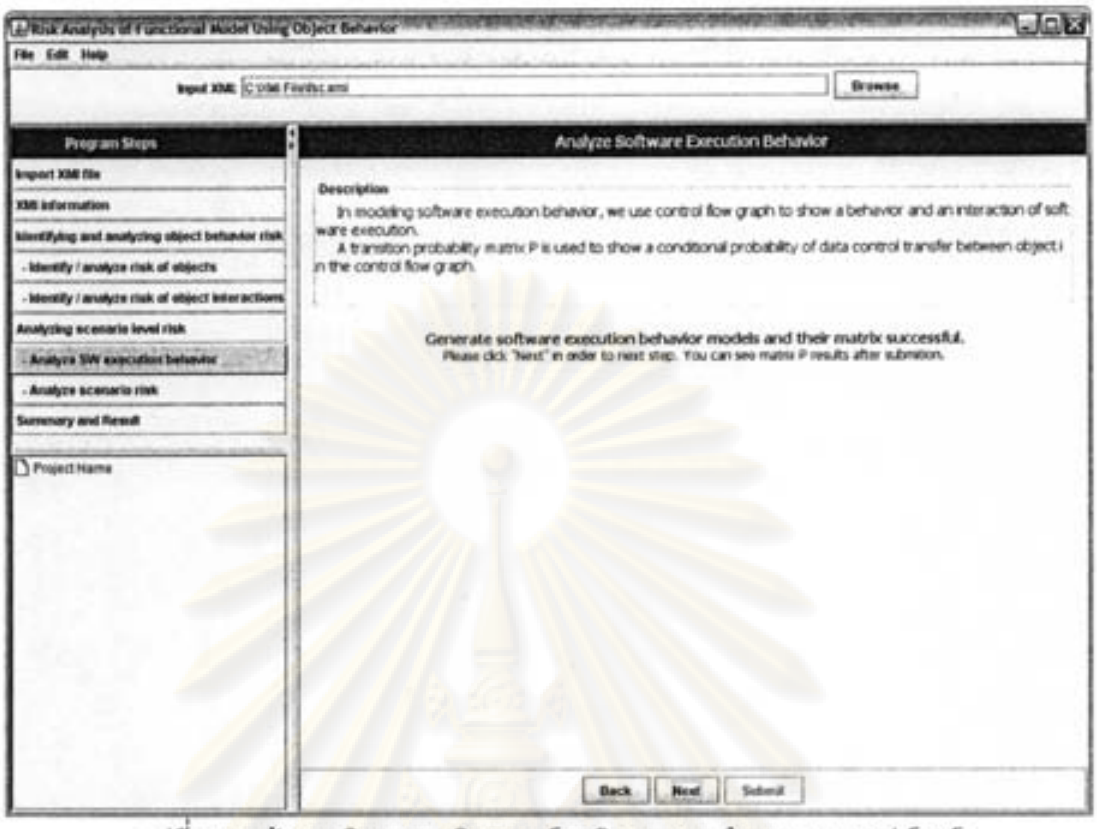


รูปที่ ง.7 หน้าจอแสดงการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

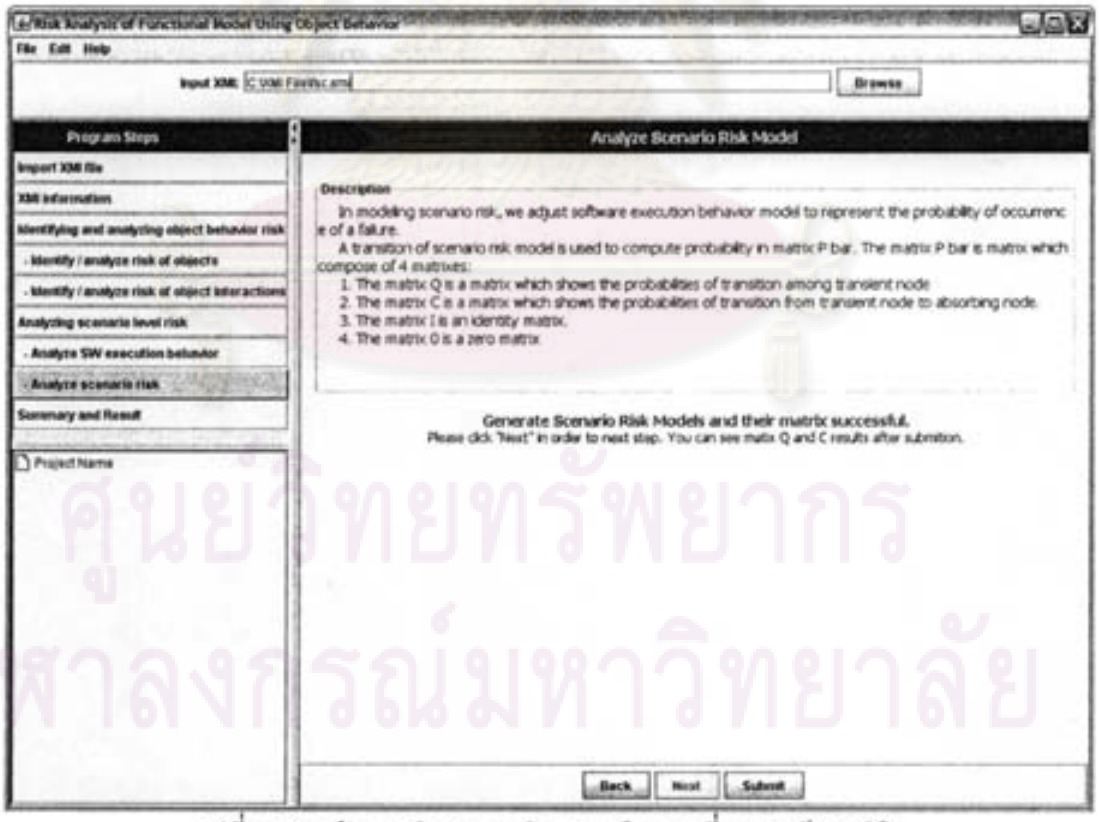


รูปที่ ง.8 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์ความเสี่ยงในระดับซีนนาริโอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

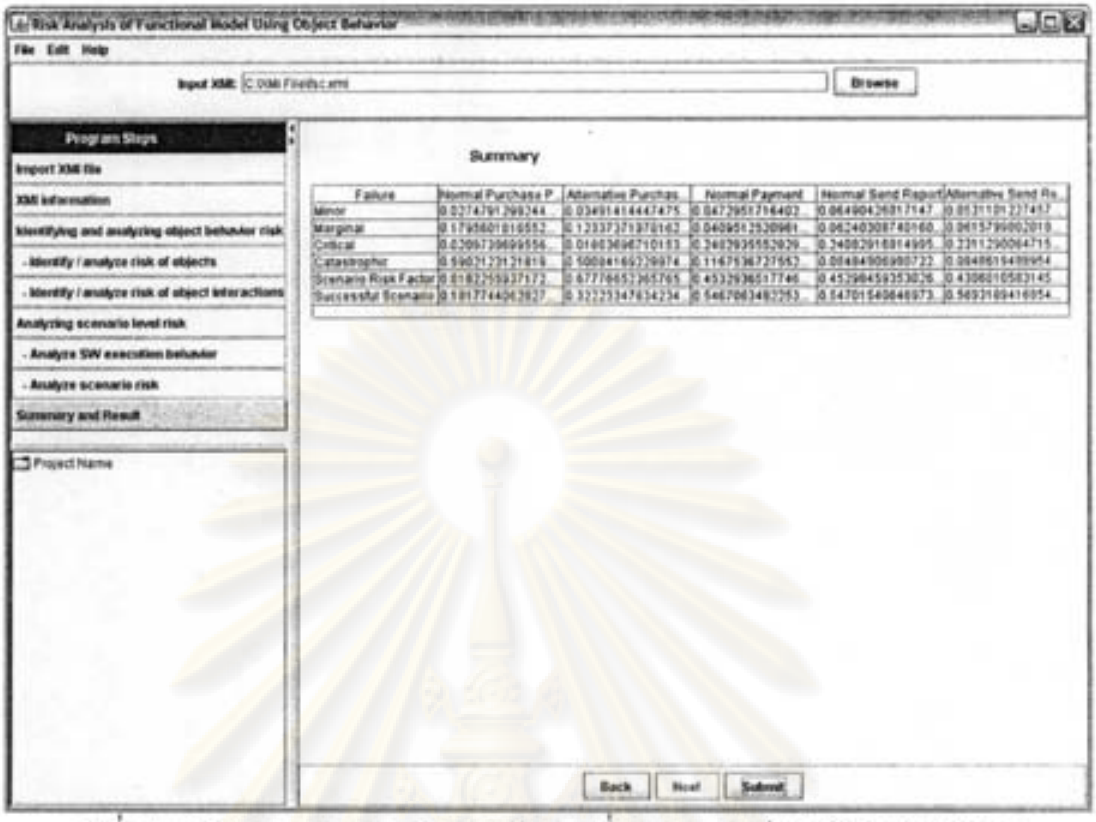


รูปที่ ง.9 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์



รูปที่ ง.10 หน้าจออธิบายการวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.11 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแต่ละซีนนาริโอในฟังก์ชันงาน

รูปที่ ง.12 หน้าจอแสดงค่าผลลัพธ์ของแต่ละเมทริกซ์ในแต่ละซีนนาริโอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ความต้องการระบบและแผนภาพยูเอ็มแอลของกรณีศึกษา

จ.1 ระบบเอทีเอ็ม

จ.1.1 ความต้องการของระบบเอทีเอ็ม

การทำงานของระบบเอทีเอ็มอย่างง่าย ลูกค้าที่เป็นเจ้าของบัญชีสามารถสอบถามยอดเงินในบัญชี และสามารถถอนเงินในบัญชีได้ เริ่มต้นเมื่อลูกค้าต้องการใช้งานระบบ ลูกค้าจะต้องสอดบัตรเอทีเอ็มเข้าไปยังเครื่องเอทีเอ็ม และกดรหัสผ่าน เพื่อที่ระบบจะได้ทำการตรวจสอบข้อมูลของผู้ใช้และตรวจสอบความเป็นตัวตน (Authentication) ของผู้ที่ใช้งาน ถ้าลูกค้าใส่รหัสผ่านถูกต้องจึงจะสามารถเข้าใช้งานระบบได้ แต่หากใส่รหัสผ่านไม่ถูกต้องระบบจะแจ้งข้อความว่ารหัสผ่านไม่ถูกต้อง เพื่อที่จะให้ลูกค้าใส่รหัสผ่านใหม่ ซึ่งถ้ามีการใส่รหัสผ่านผิด 3 ครั้ง ระบบจะทำการยึดบัตรเอทีเอ็ม และแสดงข้อความให้ลูกค้าไปติดต่อกับทางธนาคาร

เมื่อลูกค้าสามารถเข้าใช้งานระบบได้แล้ว ระบบจะแสดงแถบรายการเลือกเพื่อให้ลูกค้าสามารถที่จะทำธุรกรรมกับบัญชีของตนเองได้ โดยธุรกรรมที่สามารถทำได้ ประกอบด้วย

1) การสอบถามยอดเงินคงเหลือ เมื่อลูกค้าต้องการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี ลูกค้าต้องเลือกแถบรายการเป็นการสอบถามยอดเงิน จากนั้นระบบจะแสดงข้อความถามประเภทบัญชีของลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าทำการเลือกแถบรายการของประเภทบัญชี ซึ่งระบบจะตรวจสอบความถูกต้องของประเภทบัญชีของลูกค้า หากประเภทบัญชีถูกต้อง ระบบจะนำข้อมูลบัญชีที่ได้รับจากบัตรเอทีเอ็มของลูกค้าไปส่งไปยังระบบกลางของธนาคาร เพื่อเป็นการสอบถามข้อมูลยอดเงินคงเหลือของบัญชีดังกล่าว หลังจากนั้นระบบกลางของธนาคารจึงจะส่งข้อมูลยอดเงินคงเหลือกลับมาให้กลับระบบเอทีเอ็ม เพื่อที่จะแสดงข้อมูลยอดเงินคงเหลือให้กลับลูกค้า

2) การถอนเงิน เมื่อลูกค้าต้องการถอนเงิน ลูกค้าจะเลือกแถบรายการเป็นการถอนเงิน จากนั้นระบบจะแสดงข้อความถามประเภทบัญชีของลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าทำการเลือกแถบรายการของประเภทบัญชี ถ้าประเภทบัญชีถูกต้องระบบจะถามลูกค้าว่าต้องการถอนเงินจำนวนเท่าใด จากนั้นระบบจึงจะทำการตรวจสอบไปยังระบบกลางของธนาคาร ถึงยอดเงินคงเหลือว่าเพียงพอที่จะสามารถให้ถอนได้หรือไม่ ซึ่งถ้ายอดเงินคงเหลือในบัญชีเพียงพอที่จะสามารถถอนได้ ระบบเอทีเอ็มจะทำการออกเงิน และพิมพ์ใบเสร็จ หลังจากการทำธุรกรรมเรียบร้อยแล้วระบบจึงจะคืนบัตรเอทีเอ็มให้กับลูกค้า แต่หากจำนวนเงินในบัญชีไม่เพียงพอ ระบบจะแสดงข้อความบอกให้ลูกค้าทราบ

จ.1.2 แผนภาพยูสเคสของระบบ

จากความต้องการของระบบผู้วิจัยสามารถออกแบบแผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม ดังรูปที่ จ.1 ประกอบไปด้วยยูสเคส 3 ยูสเคส คือ ตรวจสอบรหัส (Validate PIN) สอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี (Inquire Balance) และถอนเงิน (Withdraw Money) ซึ่งเป็นฟังก์ชันงานหลักโดยทั่วไปของระบบเอทีเอ็มอย่างง่าย โดยแต่ละยูสเคสจะอธิบายรายละเอียดของการทำงานเงื่อนไขต่างๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องในคำอธิบายยูสเคส ซึ่งมีแผ่นแบบดังตารางที่ จ.1 สำหรับตารางที่ จ.2 จ.3 และ จ.4 เป็นคำอธิบายยูสเคสตรวจสอบรหัส ยูสเคสสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี และยูสเคสถอนเงิน ตามลำดับ

จ.1.3 แผนภาพคลาสของระบบ

จากความต้องการของระบบและแผนภาพยูสเคสซึ่งแสดงถึงฟังก์ชันงานของระบบเอทีเอ็ม สามารถนำมาออกแบบโครงสร้างของระบบเอทีเอ็มซึ่งประกอบด้วยคลาส แอทริบิวต์ และเมทธอด ดังรูปที่ จ.2

จ.1.4 แผนภาพลำดับของระบบ

จากแผนภาพยูสเคส ภายในแต่ละยูสเคสจะประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงานต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพลำดับที่อธิบายการเรียกใช้เมทธอดกันระหว่างวัตถุ ดังนี้

1) ยูสเคสตรวจสอบรหัส ประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงาน 2 ซีนนาริโอ คือ ซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรถูกต้อง แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.3 และซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มไม่ถูกต้อง แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.4

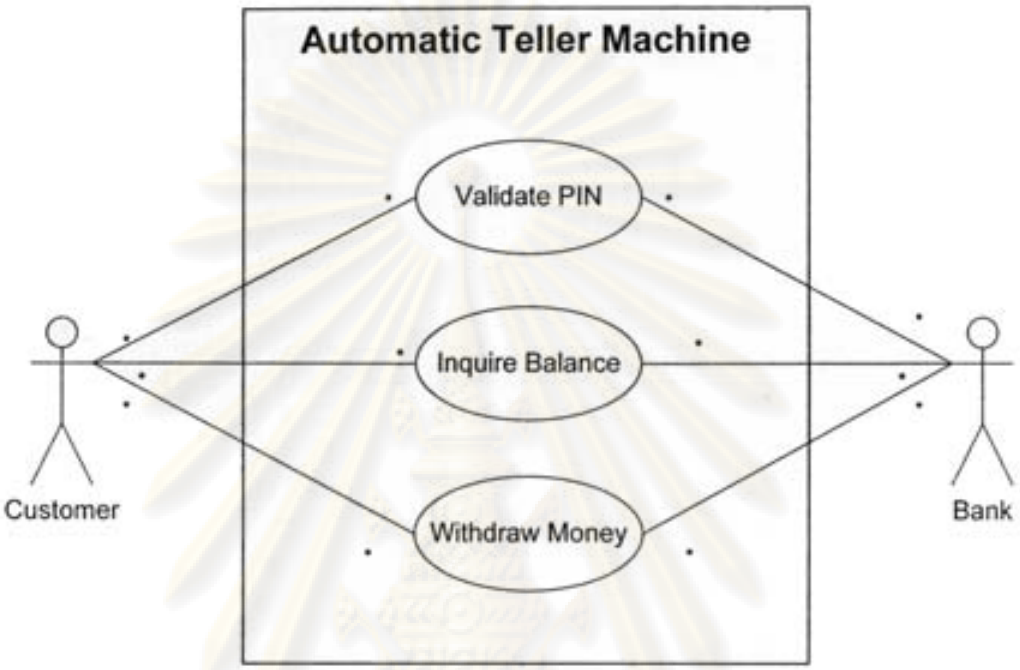
2) ยูสเคสสอบถามยอดเงินคงเหลือ ประกอบด้วยซีนนาริโอปกติในการสอบถามยอดเงินคงเหลือ แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.5

3) ยูสเคสถอนเงิน ประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงาน 2 ซีนนาริโอ คือ ซีนนาริโอปกติกรณีลูกค้าถอนเงินได้ถูกต้อง แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.6 และซีนนาริโอการถอนเงินกรณีลูกค้าต้องการถอนเงินมากกว่าจำนวนเงินในบัญชี แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.7

จ.1.5 แผนภาพสเตทแมชชีนของระบบ

จากแผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม มีคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ 2 คลาส คือ คลาส ATMController และคลาส TransactionController ซึ่งคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะนี้สามารถแสดงเป็นแผนภาพสเตทแมชชีนเพื่ออธิบายการเปลี่ยนสถานะของคลาสในระหว่างการทำงาน โดยรูปที่ จ.8 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController รูปที่

จ.9 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส TransactionController และ รูปที่ จ.10 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนย่อยที่แสดงการเปลี่ยนสถานะภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input



รูปที่ จ.1 แผนภาพยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 แผ่นแบบของคำอธิบายยูสเคส

<table>
<tr><td colspan="3">[ชื่อระบบ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">[ชื่อผู้แต่ง]</td><td>Date: [วันที่ที่สร้างเอกสาร]
Version: [รุ่นของเอกสาร]</td></tr>
<tr><td>ชื่อยูสเคส (Use Case Name):</td><td>[ชื่อยูสเคส สำหรับใช้อ้างอิง]</td><td rowspan="4">Use Case Type
Business Requirements: ☑
System Analysis: ☑</td></tr>
<tr><td>หมายเลขยูสเคส (Use Case ID):</td><td>[หมายเลขยูสเคส สำหรับใช้อ้างอิง]</td></tr>
<tr><td>ลำดับความสำคัญ (Priority):</td><td>[ระดับความสำคัญของยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>แหล่งข้อมูล (Source):</td><td>[แหล่งข้อมูลที่ยูสเคสนี้ต้องใช้]</td></tr>
<tr><td>ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ (Primary Business Actor):</td><td colspan="2">[ผู้ที่เกี่ยวข้องกับยูสเคสในมุมมองธุรกิจ ซึ่งอาจเป็นผู้กระตุ้นยูสเคส และอาจได้รับผลลัพธ์จากยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ (Primary System Actor):</td><td colspan="2">[ผู้ที่เกี่ยวข้องกับยูสเคสในมุมมองของระบบ เป็นผู้กระตุ้นยูสเคส และได้รับผลลัพธ์จากยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น (Other Participating Actors):</td><td colspan="2">[ผู้ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมของยูสเคส เพื่อให้กิจกรรมดำเนินต่อไปได้]</td></tr>
<tr><td>ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ (Other Interested Stakeholders):</td><td colspan="2">[ผู้ที่มีสนใจผลลัพธ์ของกิจกรรมที่เกิดภายในยูสเคส เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการอย่างอื่นต่อไป]</td></tr>
<tr><td>คำอธิบาย (Description):</td><td colspan="2">[คำอธิบายยูสเคส ว่ายูสเคสดังกล่าวมีหน้าที่อะไร]</td></tr>
<tr><td>เงื่อนไขก่อน (Precondition):</td><td colspan="2">[เงื่อนไขหรือข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาก่อนการดำเนินกิจกรรมภายในยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>การกระตุ้น (Trigger):</td><td colspan="2">[ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ หรือ ยูสเคสอื่นที่มากระตุ้นให้ยูสเคสนี้เริ่มดำเนินกิจกรรม]</td></tr>
<tr><td>ความสัมพันธ์ (Relationships):
[ความสัมพันธ์ระหว่างยูสเคส]</td><td colspan="2">Association: -
Include: -
Extend: -
Generalization: -</td></tr>
<tr><td rowspan="2">สายงานปกติของเหตุการณ์ (Typical Course of Events):
[รายการกิจกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง กับ ตัวระบบ]</td><td>การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง</td><td>การตอบสนองของระบบ</td></tr>
<tr><td>[กิจกรรมที่เกิดโดยผู้ที่เกี่ยวข้อง]</td><td>[กิจกรรมที่เกิดโดยตัวระบบ]</td></tr>
<tr><td>สายงานทางเลือก (Alternate Courses):</td><td colspan="2">[สำหรับกำหนดกรณีที่บางกิจกรรมมีทางเลือกมากกว่า 1 ทาง]</td></tr>
<tr><td>สรุป (Conclusion):</td><td colspan="2">[สรุปกิจกรรมภายในยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>เงื่อนไขหลัง (Postcondition):</td><td colspan="2">[เงื่อนไงหรือข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาหลังจากการดำเนินกิจกรรมภายในยูสเคสเสร็จสิ้น]</td></tr>
<tr><td>หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ (Business Rules):</td><td colspan="2">[หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจบางประการ ที่ต้องพิจารณาร่วมกับในการดำเนินกิจกรรมภายในยูสเคส]</td></tr>
<tr><td>เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา (Implementation Constraints and Specifications):</td><td colspan="2">[เงื่อนไขบังคับ หรือข้อกำหนด ที่ต้องพิจารณา ในการพัฒนา]</td></tr>
<tr><td>สมมุติฐาน (Assumptions):</td><td colspan="2">[สมมติฐานที่เกี่ยวข้องที่ต้องพิจารณา]</td></tr>
<tr><td>ประเด็นปัญหา (Open issues):</td><td colspan="2">[ประเด็นปัญหา หรือผลลัพธ์ ที่ต้องพิจารณาในยูสเคส]</td></tr>
</table>

ตารางที่ จ.2 คำอธิบายยูสเคสตรวจสอบรหัส

ระบบเครื่องรับจ่ายเงินอัตโนมัติ: เอทีเอ็ม (Automatic Teller Machine: ATM)			
ผู้แต่ง:	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0
ชื่อยูสเคส:	Validate PIN	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑	
หมายเลขยูสเคส:	ATM01		
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง		
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ลูกค้า (Customer)		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ลูกค้า		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	ธนาคาร (Bank)		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการตรวจสอบรหัสผ่านก่อนเข้าใช้งานระบบ		
เงื่อนไขก่อน:	ลูกค้าจะต้องมีบัตรเอทีเอ็มเพื่อใช้ประกอบการตรวจสอบความเป็นเจ้าของบัญชีก่อนเข้าใช้งาน		
การกระตุ้น:	เมื่อลูกค้าทำการสอดบัตรเข้าสู่เครื่องเอทีเอ็ม		
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	**การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง**	**การตอบสนองของระบบ**	
	1. ลูกค้าสอดบัตรเอทีเอ็มเข้าสู่เครื่องเอทีเอ็ม 3. ลูกค้ากดรหัสผ่าน	2. ระบบแสดงส่วนต่อประสานเพื่อรับรหัสผ่าน 4. ระบบร้องขอข้อมูลจากบัตรเอทีเอ็ม 5. ระบบตรวจสอบความถูกต้องของรหัสผ่าน 6. ระบบแสดงแถบรายการเพื่อให้เลือกธุรกรรมที่ต้องการทำ	
สายงานทางเลือก:	Alt-Step 5.1: กรณีที่รหัสผ่านไม่ถูกต้องระบบจะแจ้งข้อความเตือนลูกค้าและให้กดรหัสผ่านใหม่อีกครั้ง Alt-Step 5.2: กรณีที่รหัสผ่านไม่ถูกต้อง 3 ครั้งระบบจะแจ้งข้อความกับลูกค้า และทำการยึดบัตร		
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อลูกค้าต้องการเข้าใช้งานระบบ โดยจะต้องมีการตรวจสอบความเป็นตัวตนของเจ้าของบัญชี		
เงื่อนไขหลัง:	ต้องมีการปรับปรุงสถานะเพื่อบันทึกการเข้าใช้งานของลูกค้า		
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	ลูกค้าจะเข้าใช้งานได้จะต้องมีบัตรเอทีเอ็มซึ่งออกโดยธนาคารเท่านั้น และเครื่องเอทีเอ็มที่ลูกค้าจะใช้งานต้องเป็นเครื่องของธนาคารที่สามารถรองรับบัตรเอทีเอ็มของที่ลูกค้าเป็นเจ้าของบัญชีได้		
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-		
สมมุติฐาน:	-		
ประเด็นปัญหา:	-		

ตารางที่ จ.3 คำอธิบายยูสเคสสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี

ระบบเครื่องรับจ่ายเงินอัตโนมัติ: เอทีเอ็ม (Automatic Teller Machine: ATM)			
Author(s):	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0

ชื่อยูสเคส:	Inquire Balance	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑
หมายเลขยูสเคส:	ATM02	
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง	
แหล่งข้อมูล:	-	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ลูกค้า	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ลูกค้า	
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	ธนาคาร	
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-	
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี	
เงื่อนไขก่อน:	ลูกค้าจะต้องผ่านการตรวจสอบรหัสผ่าน แสดงความเป็นเจ้าของบัญชีก่อนเข้าใช้งาน	
การกระตุ้น:	เมื่อลูกค้าต้องการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี	
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -	

สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ
	1. ลูกค้าเลือกแถบรายการธุรกรรมเป็นสอบถามยอดเงิน	2. ระบบแสดงส่วนต่อประสานให้เลือกประเภทของบัญชี
	3. ลูกค้าเลือกประเภทของบัญชี	4. ระบบตรวจสอบความถูกต้องของประเภทของบัญชีที่เลือก 5. ระบบสอบถามข้อมูลไปยังแม่ข่ายของธนาคาร 6. ระบบแสดงยอดเงินคงเหลือในบัญชีของลูกค้า

สายงานทางเลือก:	
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อลูกค้าต้องการสอบถามยอดเงินคงเหลือในบัญชี
เงื่อนไขหลัง:	ระบบจะทำการคืนบัตรเอทีเอ็มให้กับลูกค้า
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	เครื่องเอทีเอ็มที่ลูกค้าจะใช้งานต้องเป็นเครื่องของธนาคารที่สามารถรองรับบัตรเอทีเอ็มของที่ลูกค้าเป็นเจ้าของบัญชีได้
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-
สมมุติฐาน:	-
ประเด็นปัญหา:	-

ตารางที่ จ.4 คำอธิบายยูสเคสถอนเงิน

ระบบเครื่องรับจ่ายเงินอัตโนมัติ: เอทีเอ็ม (Automatic Teller Machine: ATM)			
Author(s):	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0

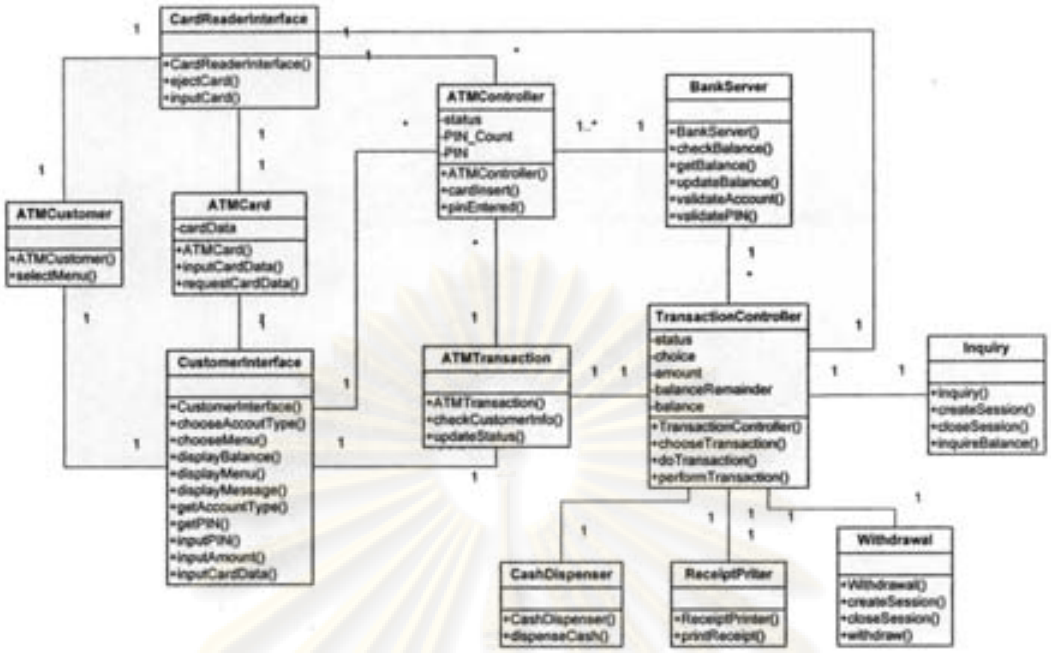
ชื่อยูสเคส:	Withdraw money	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑
หมายเลขยูสเคส:	ATM03	
ลำดับความสำคัญ:	สูง	
แหล่งข้อมูล:	-	

ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ลูกค้า
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ลูกค้า
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	ธนาคาร
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	-
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการถอนเงินออกจากบัญชีของลูกค้า
เงื่อนไขก่อน:	ลูกค้าจะต้องผ่านการตรวจสอบรหัสผ่าน แสดงความเป็นเจ้าของบัญชีก่อนเข้าใช้งาน
การกระตุ้น:	เมื่อลูกค้าต้องการถอนเงินออกจากบัญชี
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -

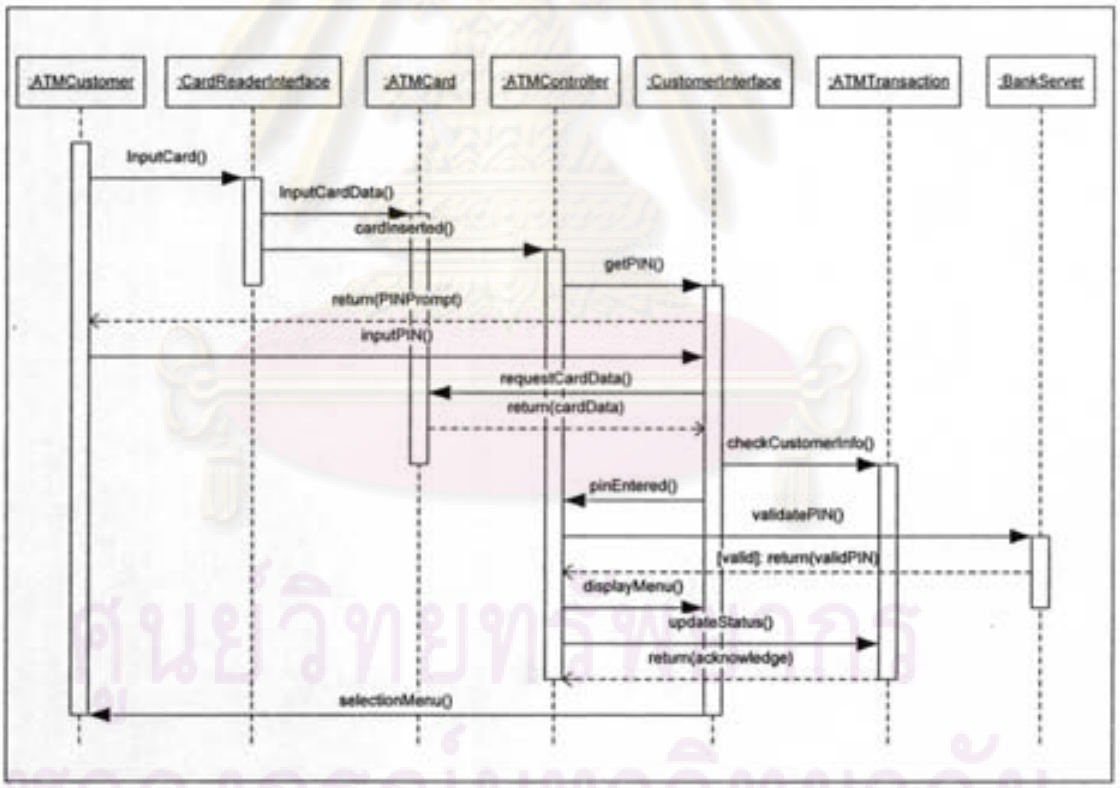
สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ
	1. ลูกค้าเลือกแถบรายการธุรกรรมเป็นถอนเงิน	2. ระบบแสดงส่วนต่อประสานให้เลือกประเภทของบัญชี
	3. ลูกค้าเลือกประเภทของบัญชี	4. ระบบตรวจสอบประเภทของบัญชีที่เลือก
	6. ลูกค้าใส่ยอดเงินที่ต้องการถอน	5. ระบบแสดงส่วนต่อประสานให้ทำการใส่ยอดเงินที่ต้องการถอน
		7. ระบบตรวจสอบยอดเงินคงเหลือในบัญชี
		8. ระบบส่งคำร้องขอไปยังแม่ข่ายเพื่อปรับปรุงข้อมูลของบัญชี ซึ่งได้มีการถอนเงิน
		9. ระบบออกเงินทางช่องรับเงิน
		10. ระบบพิมพ์และออกใบเสร็จ
		11. ระบบคืนบัตร

สายงานทางเลือก:	
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อลูกค้าต้องการถอนเงินในบัญชี
เงื่อนไขหลัง:	ระบบจะทำการคืนบัตรเอทีเอ็มให้กับลูกค้า
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	เครื่องเอทีเอ็มที่ลูกค้าจะใช้งานต้องเป็นเครื่องของธนาคารที่สามารถรองรับบัตรเอทีเอ็มของที่ลูกค้าเป็นเจ้าของบัญชีได้
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-
สมมุติฐาน:	-
ประเด็นปัญหา:	-

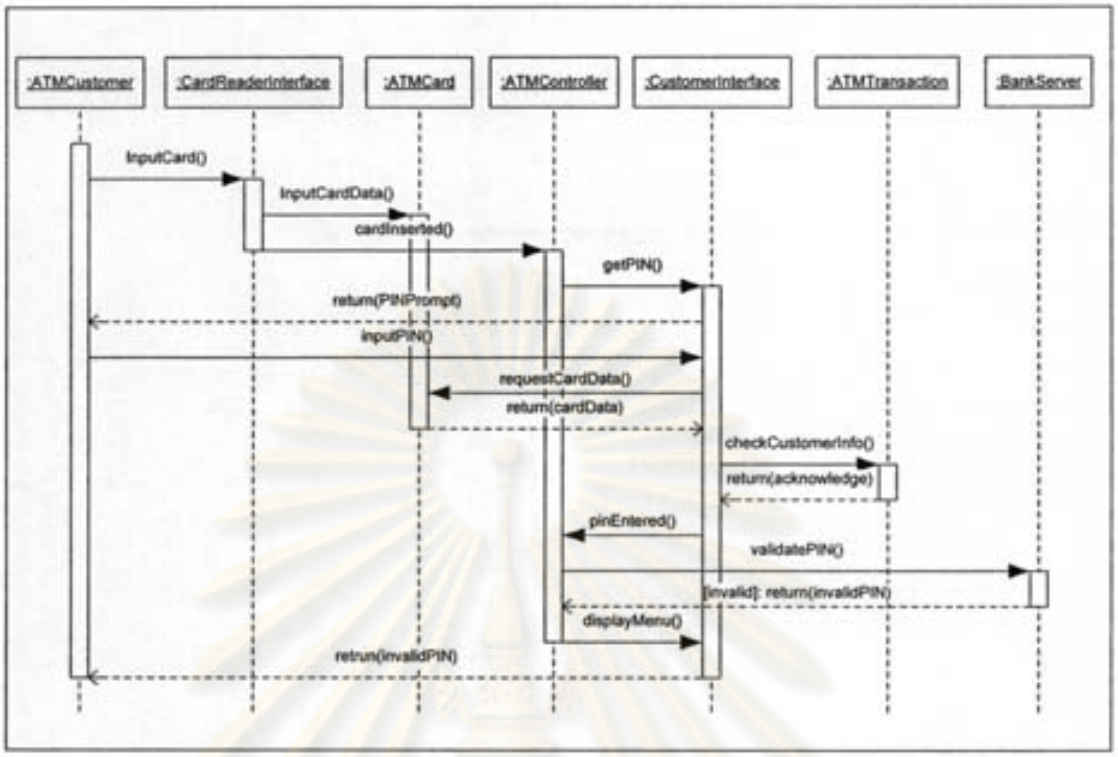
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



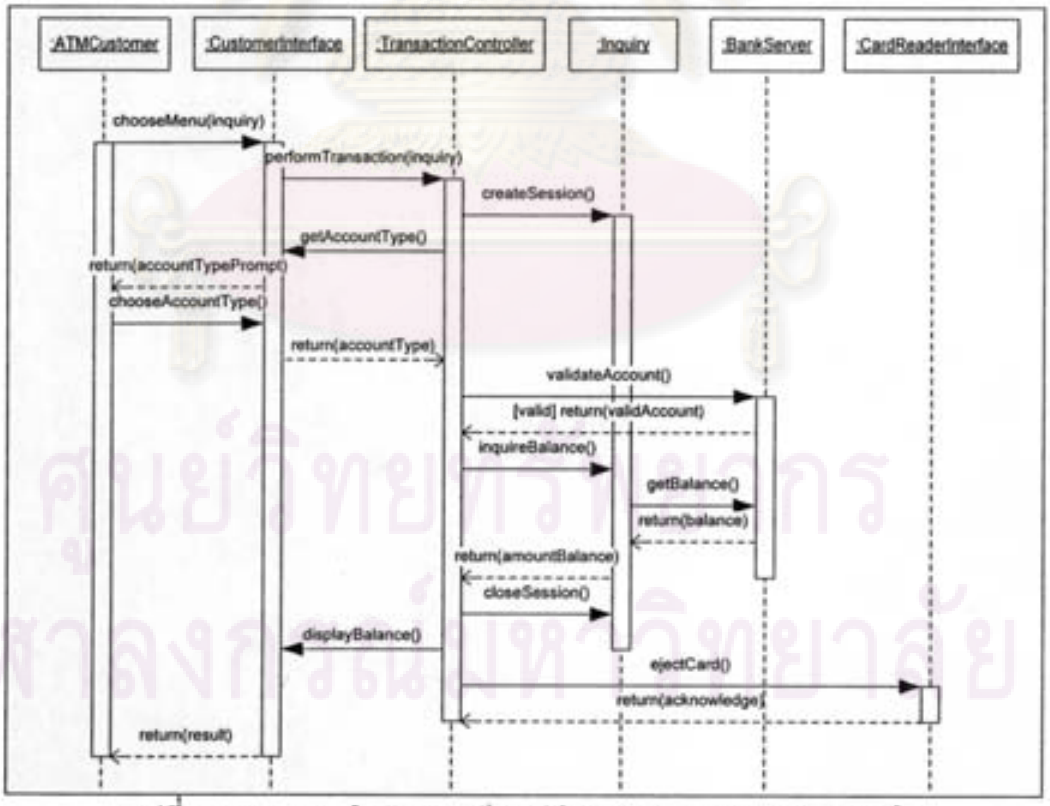
รูปที่ จ.2 แผนภาพคลาสของระบบเอทีเอ็ม



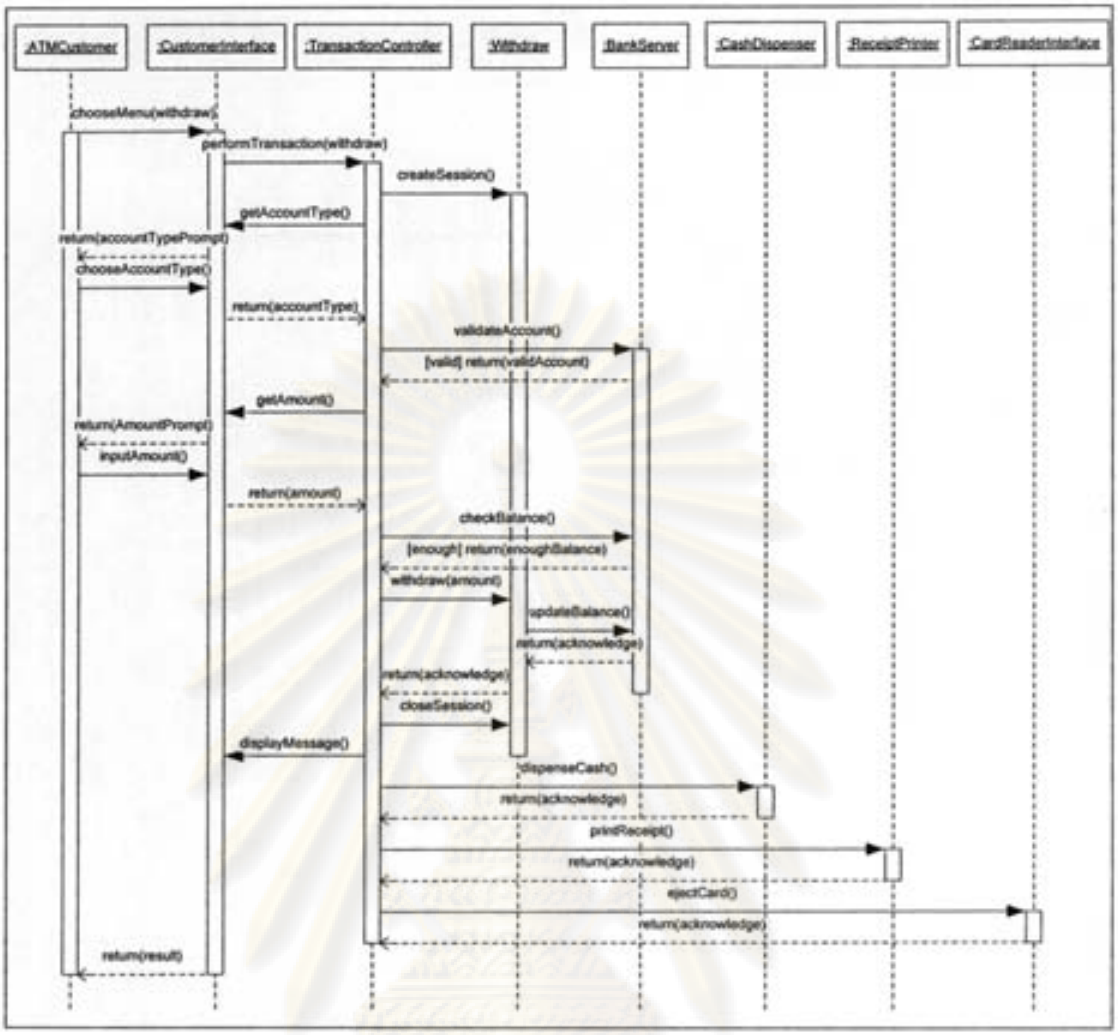
รูปที่ จ.3 แผนภาพลำดับแสดงขั้นตอนการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง



รูปที่ จ.4 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มไม่ถูกต้อง

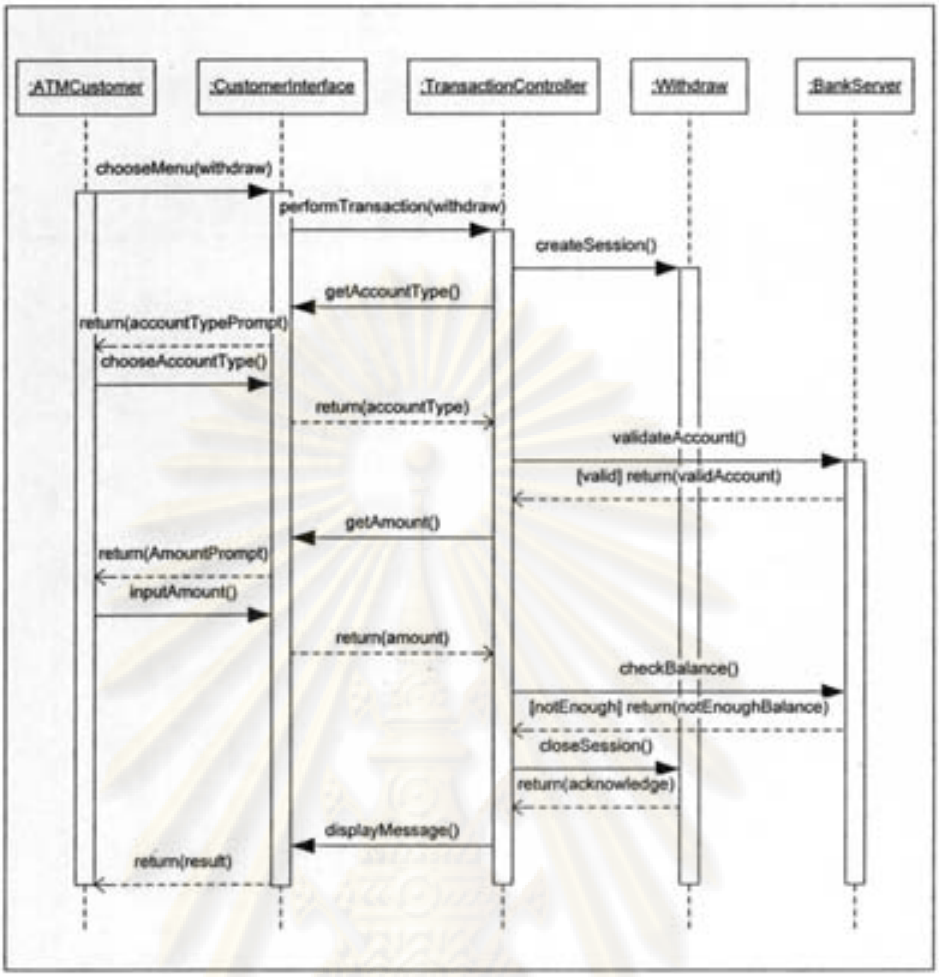


รูปที่ จ.5 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการสอบถามยอดเงินคงเหลือ

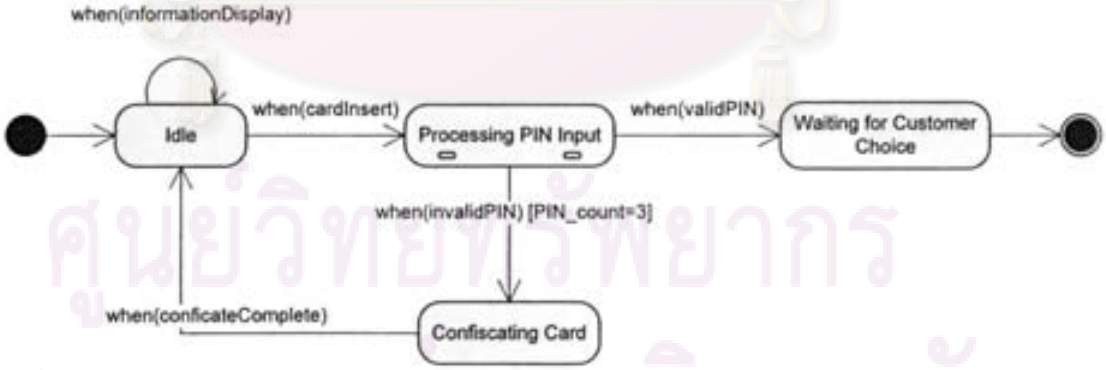


รูปที่ จ.6 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอปกติกรณีลูกค้าถอนเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



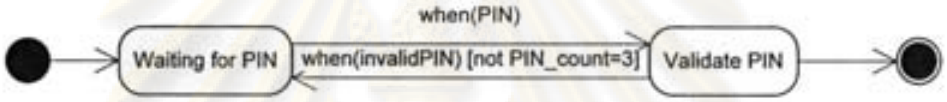
รูปที่ จ.7 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการถอนเงิน กรณีลูกค้าต้องการถอนเงินมากกว่าจำนวนเงินในบัญชี



รูปที่ จ.8 แผนภาพสเตทแมชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ จ.9 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส TransactionController



รูปที่ จ.10 แผนภาพสเตทแมชชีนย่อยแสดงการเปลี่ยนสถานะภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input

จ.2 ระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

จ.2.1 ความต้องการของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

การทำงานของระบบร้านสะดวกซื้อจะเน้นเรื่องการขายสินค้าให้กับลูกค้า หลังจากลูกค้าเลือกสินค้าที่ต้องการซื้อเรียบร้อยแล้ว ลูกค้าจะนำสินค้ามายังเคาน์เตอร์เพื่อจะทำการตรวจสอบสินค้าและชำระเงิน พนักงานที่เคาน์เตอร์จะนำสินค้ามาตรวจสอบโดยใช้เครื่องกราดตรวจ (Scanner) สำหรับการตรวจสินค้าแต่ละชิ้น เพื่อที่ข้อมูลสินค้าดังกล่าวจะถูกนำไปตรวจสอบราคาของสินค้าที่ได้มีการบันทึกไว้แล้วในระบบ แล้วคำนวณราคารวมของสินค้า หลังจากนั้นจึงจะออกใบเสร็จ แต่หากข้อมูลสินค้าดังกล่าวไม่มีอยู่ในระบบ ซึ่งอาจเป็นเพราะเป็นสินค้าชนิดใหม่ไม่มีการกำหนดข้อมูลของสินค้าไว้ในระบบ พนักงานจะต้องทำการใส่รหัสสินค้าและราคาเพื่อที่ระบบจะสามารถคำนวณราคาสินค้าที่ลูกค้าต้องการได้

หลังจากที่ตรวจสอบข้อมูลสินค้าครบทุกชิ้นเรียบร้อยแล้ว จะถึงขั้นตอนของการชำระเงิน ซึ่งพนักงานจะต้องเลือกให้ระบบทำการคำนวณราคารวม และออกใบเสร็จ กระบวนการขายสินค้าจะถูกบันทึกไว้ในรายการขายสินค้าของร้านสะดวกซื้อ เพื่อที่ข้อมูลการขายสินค้านี้จะสามารถถูกเรียกดูและตรวจสอบได้โดยผู้จัดการร้านสะดวกซื้อ เมื่อสิ้นสุดการขายสินค้าในหนึ่งวัน

ผู้จัดการร้านจะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลการขายและทำการส่งรายการขายสินค้าประจำวันไปยังระบบคลังสินค้า เพื่อทำการปรับปรุงรายการสินค้าทั้งหมด

จ.2.2 แผนภาพยูสเคสของระบบ

จากความต้องการของระบบผู้วิจัยสามารถออกแบบแผนภาพยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ ดังรูปที่ จ.11 ประกอบไปด้วยยูสเคส 3 ยูสเคส คือ ซื้อสินค้า (Purchase Product) ชำระเงิน (Payment) และส่งรายงานการขายประจำวัน (Send Daily Sale) โดยแต่ละยูสเคสจะอธิบายรายละเอียดของการทำงาน เงื่อนไขต่างๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องในคำอธิบายยูสเคส สำหรับตารางที่ จ.5 จ.6 และ จ.7 เป็นคำอธิบายยูสเคสซื้อสินค้า ยูสเคสชำระเงิน และยูสเคสส่งรายงานการขายประจำวัน ตามลำดับ

จ.2.3 แผนภาพคลาสของระบบ

จากความต้องการของระบบและแผนภาพยูสเคสซึ่งแสดงถึงฟังก์ชันงานของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ สามารถนำมาออกแบบโครงสร้างของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ ซึ่งประกอบด้วยคลาส แอทริบิวต์ และเมทธอด ดังรูปที่ จ.12

จ.2.4 แผนภาพลำดับของระบบ

จากแผนภาพยูสเคส ภายในแต่ละยูสเคสจะประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงานต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพลำดับที่อธิบายการเรียกใช้เมทธอดกันระหว่างวัตถุ ดังนี้

1) ยูสเคสซื้อสินค้า ประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงาน 2 ซีนนาริโอ คือ ซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.13 และซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.14

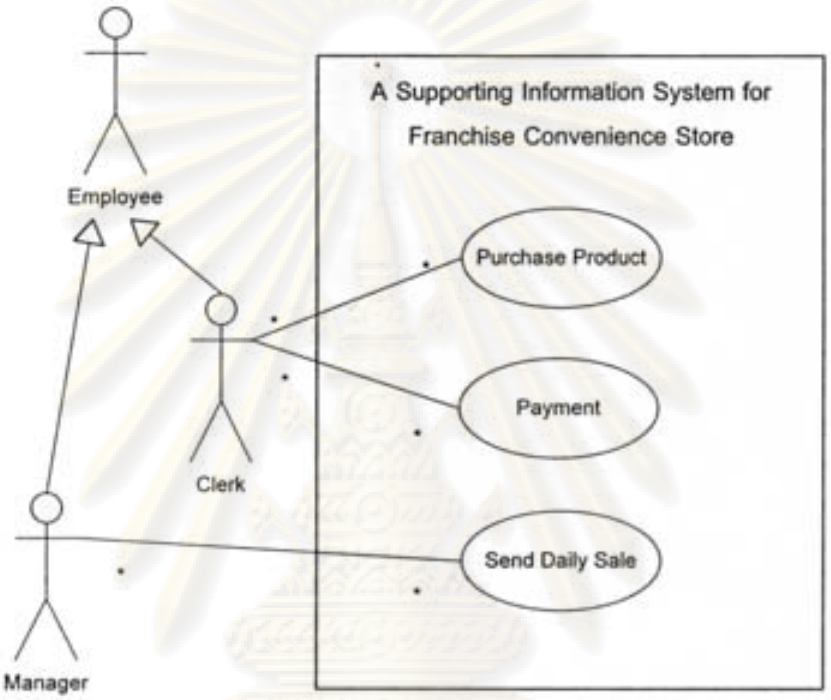
2) ยูสเคสสอบถามยอดเงินคงเหลือ ประกอบด้วยซีนนาริโอปกติชำระเงินค่าสินค้า แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.15

3) ยูสเคสส่งรายงานการขายประจำวัน ประกอบด้วยซีนนาริโอการทำงาน 2 ซีนนาริโอ คือ ซีนนาริโอปกติกรณีส่งรายงานการขายสินค้าประจำวัน แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.16 และซีนนาริโอการเรียกดูรายงานการขายสินค้าประจำวันแต่ไม่ได้ส่งรายงานเพื่อไปปรับปรุงรายการสินค้าคงคลัง แสดงเป็นแผนภาพลำดับในรูปที่ จ.17

จ.2.5 แผนภาพสเตทแมชชีนของระบบ

จากแผนภาพคลาสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ มีคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ 3 คลาส คือ คลาส InventoryController คลาส PaymentController และคลาส Report

Controller ซึ่งคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะนี้สามารถแสดงเป็นแผนภาพสเตทแมชชีนเพื่ออธิบายการเปลี่ยนสถานะของคลาสในระหว่างการทำงาน โดยรูปที่ จ.18 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController รูปที่ จ.19 เป็นแผนภาพ สเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส PaymentController และรูปที่ จ.20 เป็นแผนภาพสเตทแมชชีนที่แสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ReportController



รูปที่ จ.11 แผนภาพยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.5 คำอธิบายยูสเคสซื้อสินค้า

ระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ (A Supporting Information System for Franchise Convenience Store)			
Author(s):	เอกชัย ตั้งสุขล้นต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0

ชื่อยูสเคส:	Purchase Product	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑
หมายเลขยูสเคส:	FCS01	
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง	
แหล่งข้อมูล:	-	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	พนักงานขาย	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	พนักงานขาย	
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-	
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	ลูกค้า	
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการตรวจสอบสินค้าที่ลูกค้าต้องการซื้อ	
เงื่อนไขก่อน:	-	
การกระตุ้น:	เมื่อพนักงานขายต้องการตรวจสอบสินค้าที่ลูกค้าต้องการซื้อ	
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -	

สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ
	1. พนักงานขายนำสินค้าแต่ละชิ้นมาเข้าเครื่องกราดตรวจ	2. ระบบร้องขอข้อมูลสินค้า 3. ระบบตรวจสอบข้อมูลสินค้าในบัญชีรายการสินค้าของร้าน 4. ระบบเพิ่มข้อมูลสินค้าในรายการซื้อขาย 5. ระบบปรับปรุงข้อมูลในบัญชีรายการสินค้าของร้าน 6. ระบบแสดงส่วนต่อประสานแจ้งข้อมูลรายการสินค้าที่ถูกใช้ต้องการซื้อ

สายงานทางเลือก:	Alt-Step 3.1: กรณีที่ไม่พบข้อมูลสินค้าชิ้นใดๆ ในบัญชีรายการของร้าน พนักงานขายจะต้องทำการใส่รหัสสินค้า และราคาของสินค้าชิ้นนั้น กับระบบโดยตนเอง
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อลูกค้าต้องการซื้อสินค้า และพนักงานขายทำการตรวจสอบสินค้า
เงื่อนไขหลัง:	ต้องมีการเก็บรายการสินค้าที่ลูกค้าต้องการซื้อ
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	-
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-
สมมุติฐาน:	-
ประเด็นปัญหา:	-

ตารางที่ จ.6 คำอธิบายยูสเคสชำระเงิน

ระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ (A Supporting Information System for Franchise Convenience Store)			
Author(s):	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0
ชื่อยูสเคส:	Payment	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑	
หมายเลขยูสเคส:	FCS02		
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง		
แหล่งข้อมูล:	-		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	พนักงานขาย		
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	พนักงานขาย		
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-		
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	ลูกค้า		
คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการชำระเงิน		
เงื่อนไขก่อน:	สินค้าทุกชิ้นที่ต้องการซื้อต้องถูกตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ก่อนชำระเงิน		
การกระตุ้น:	เมื่อพนักงานต้องการคำนวณราคารวมของสินค้า		
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -		
สายงานปกติของเหตุการณ์:	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	การตอบสนองของระบบ	
	1. พนักงานขายกดเลือกรายการเพื่อคำนวณราคารวม	2. ระบบร้องขอรายการสินค้าที่ซื้อ 3. ระบบสอบถามราคาของสินค้านตามรายการสินค้าที่ต้องการซื้อ 4. ระบบคำนวณราคารวม 5. ระบบแสดงยอดเงินที่ลูกค้าต้องชำระ 6. ระบบพิมพ์รายการสินค้าและราคาของสินค้าที่ลูกค้าซื้อ	
	7. พนักงานขายกดเลือกรายการเพื่อออกใบเสร็จ	8. ระบบแสดงส่วนต่อประสานแจ้งผลลัพธ์การทำงาน	
สายงานทางเลือก:	-		
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อพนักงานขายต้องการคิดราคารวมของสินค้าและออกใบเสร็จ		
เงื่อนไขหลัง:	ต้องมีการจัดเก็บข้อมูลรายการของสินค้าที่มีการซื้อขาย		
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	-		
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-		
สมมุติฐาน:	-		
ประเด็นปัญหา:	-		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.7 คำอธิบายยูสเคสส่งรายงานการขายประจำวัน

ระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ (A Supporting Information System for Franchise Convenience Store)			
Author(s):	เอกชัย ตั้งสุขสันต์	Date:	วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2550
		Version:	1.0

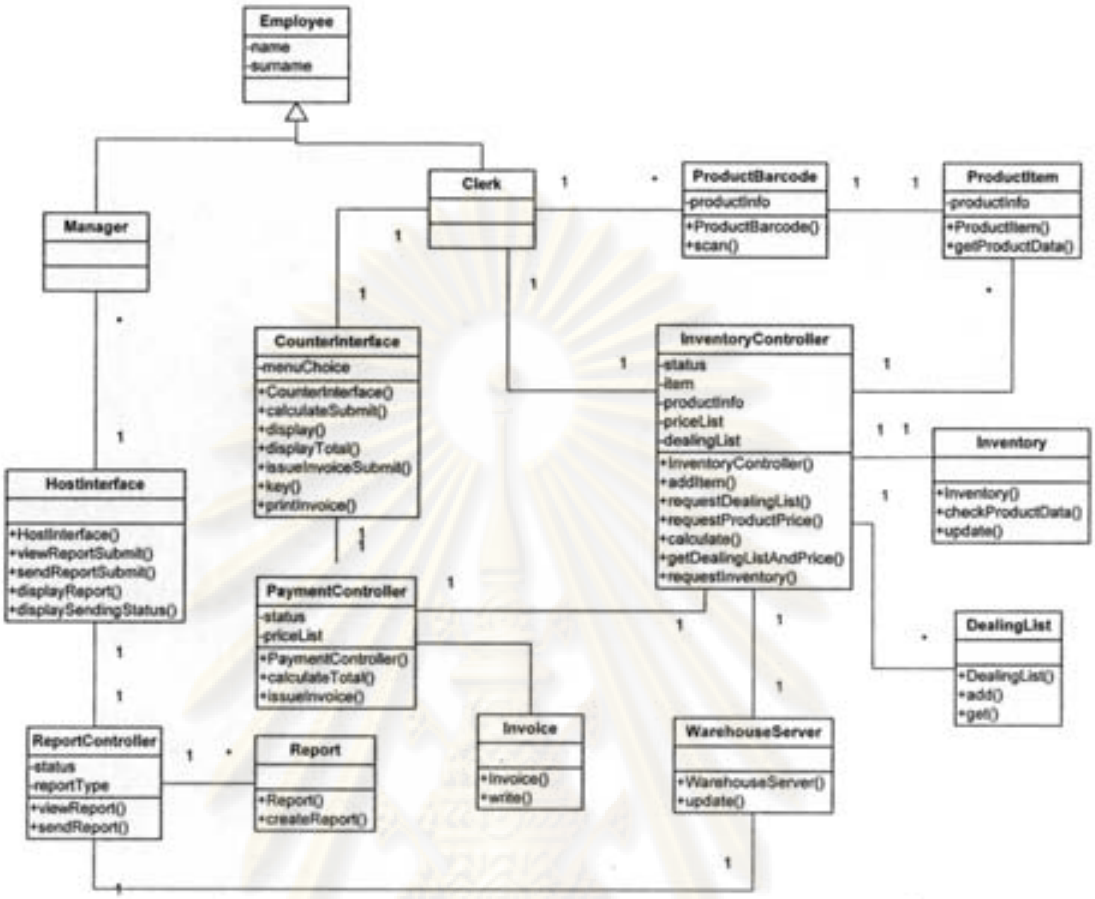
ชื่อยูสเคส:	Send daily sale	Use Case Type Business Requirements: ☑ System Analysis: ☑
หมายเลขยูสเคส:	ATM03	
ลำดับความสำคัญ:	ปานกลาง	
แหล่งข้อมูล:	-	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของธุรกิจ:	ผู้จัดการร้าน	
ผู้เกี่ยวข้องหลักในมุมมองของระบบ:	ผู้จัดการร้าน	
ผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมอื่น:	-	
ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นที่สนใจ:	ลูกค้า	

คำอธิบาย:	อธิบายขั้นตอนของการส่งรายงานการขายเพื่อไปปรับปรุงรายการที่คลังสินค้า
เงื่อนไขก่อน:	-
การกระตุ้น:	เมื่อผู้จัดการร้านต้องการส่งรายงานการขาย
ความสัมพันธ์:	Association: - Include: - Extend: - Generalization: -

	การกระทำของผู้เกี่ยวข้อง	**การตอบสนองของระบบ**
สายงานปกติของเหตุการณ์:	1. ผู้จัดการร้านกดเลือกรายการเพื่อขอดูรายงาน	2. ระบบร้องขอข้อมูลสินค้าจากบัญชีรายการสินค้าในร้าน 3. ระบบสร้างรายงานสินค้าที่ขายประจำวันและสินค้าคงเหลือในร้าน 4. ระบบส่วนต่อประสานแสดงรายงานประจำวัน
	5. ผู้จัดการร้านตรวจสอบรายงานการขายสินค้าประจำวันและกดส่งรายงานเพื่อไปปรับปรุงรายการสินค้าในคลังสินค้า	6. ระบบปรับปรุงรายการสินค้าคงคลัง 7. ระบบส่วนต่อประสานแสดงสถานะการปรับปรุงรายการสินค้า

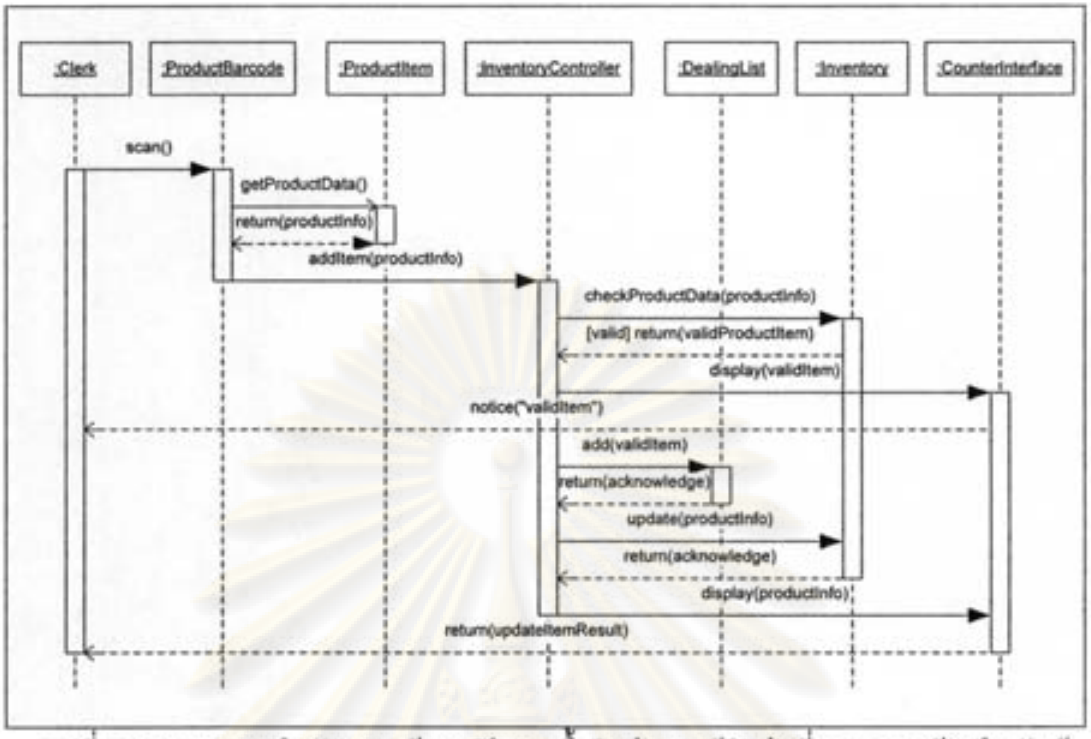
สายงานทางเลือก:	Alt-Step 5.1 หากผู้จัดการร้านตรวจสอบรายงานการขายสินค้าแล้วไม่ต้องการส่งข้อมูลไปปรับปรุงรายการสินค้าในคลังสินค้า สามารถที่จะจบกระบวนการทำงานได้
สรุป:	แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้จัดการร้านต้องการส่งรายงานสินค้าเพื่อไปปรับปรุงรายการสินค้าคงคลัง
เงื่อนไขหลัง:	-
หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ:	-
เงื่อนไขบังคับและข้อกำหนดในการพัฒนา:	-
สมมุติฐาน:	-
ประเด็นปัญหา:	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

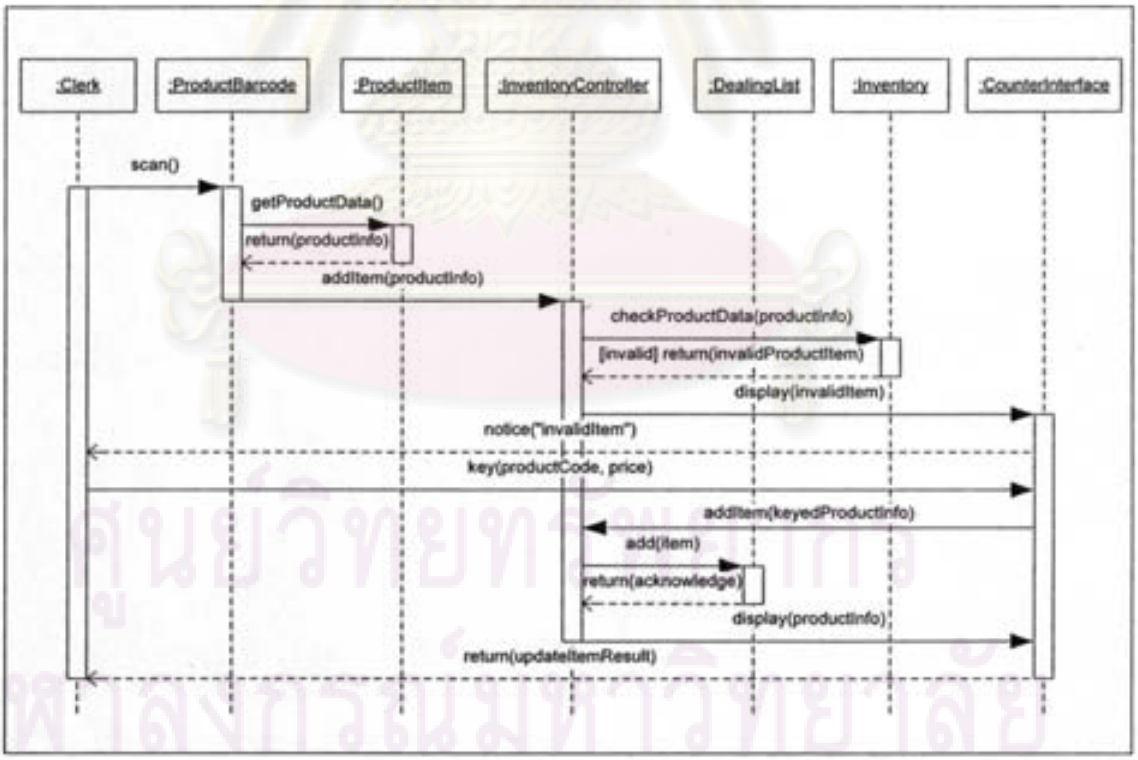


รูปที่ จ.12 แผนภาพคลาสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

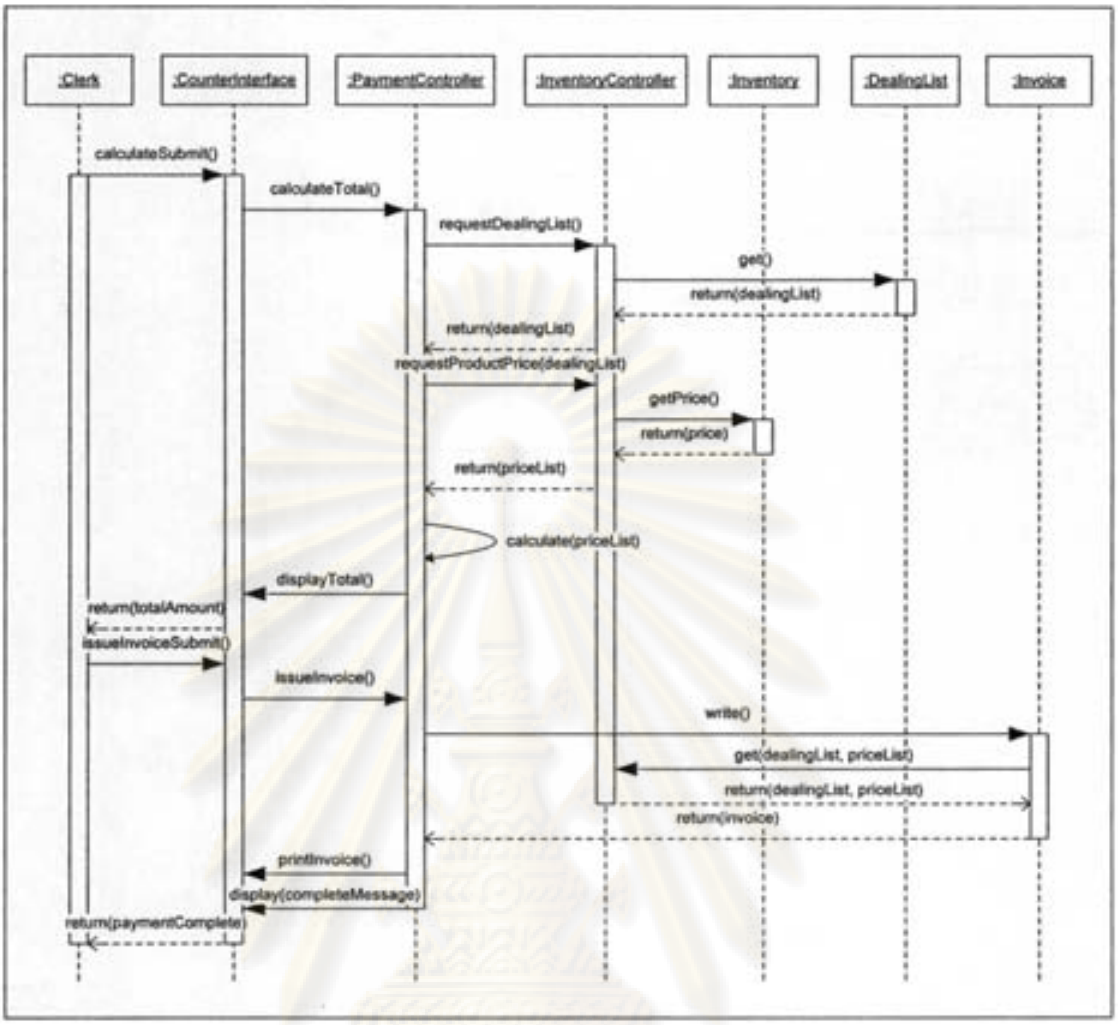


รูปที่ จ.13 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้า กรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า



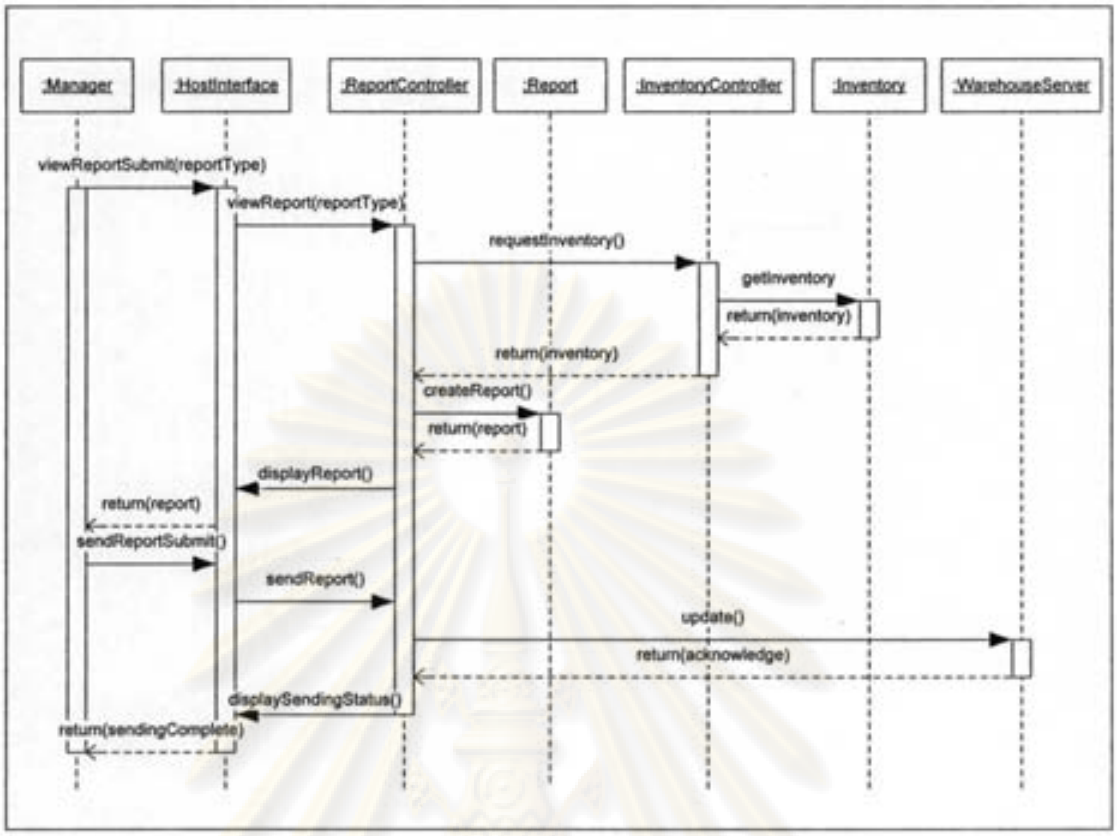
รูปที่ จ.14 แผนภาพลำดับแสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้า กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

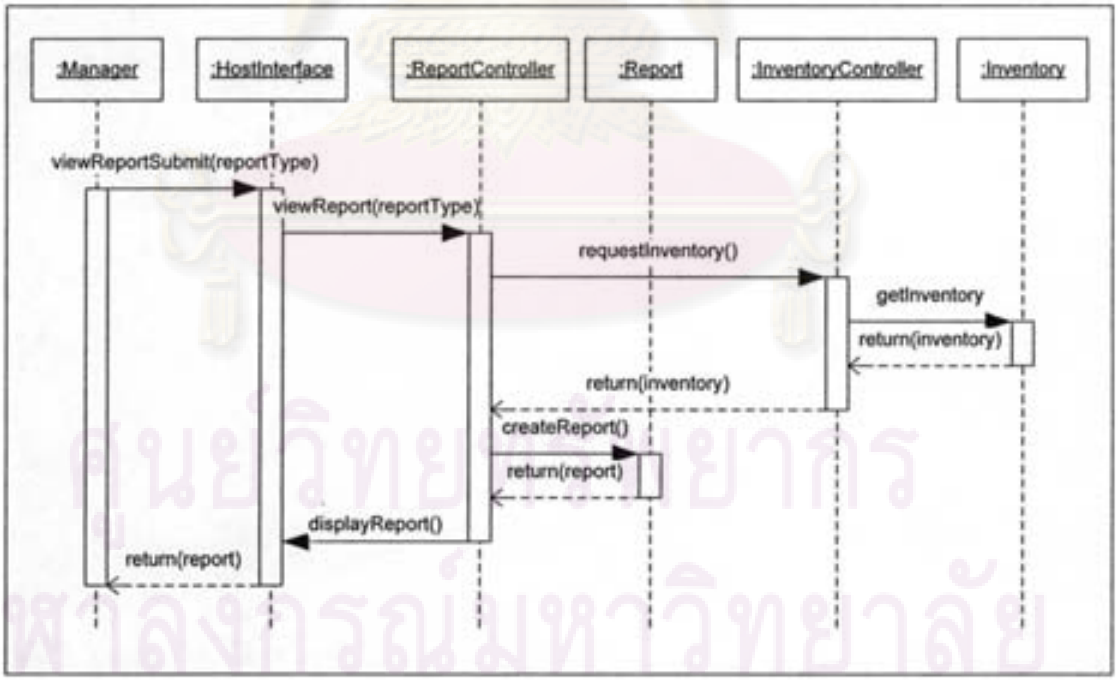


รูปที่ จ.15 แผนภาพลำดับแสดงขีนนาริโอการชำระเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

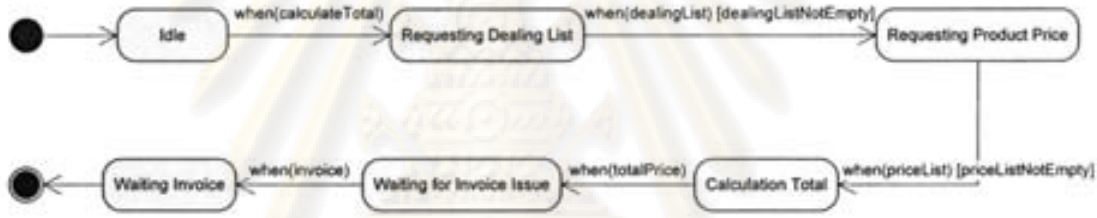


รูปที่ จ.16 แผนภาพลำดับแสดงชีนนาริโอการส่งรายงานการขายสินค้าประจำวัน

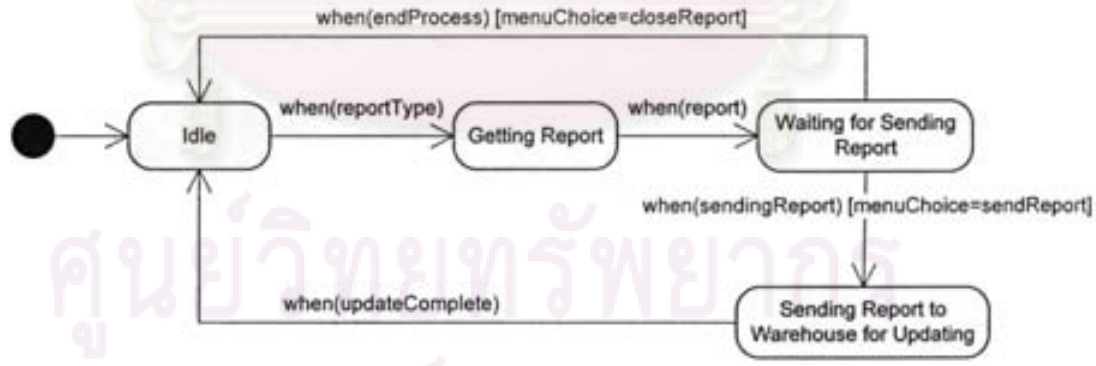


รูปที่ จ.17 แผนภาพลำดับแสดงชีนนาริโอการเรียกดูรายงาน

รูปที่ จ.18 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController



รูปที่ จ.19 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส PaymentController



รูปที่ จ.20 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงการเปลี่ยนสถานะของคลาส ReportController

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกรณีศึกษา

ในภาคผนวกนี้จะเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงของแบบจำลองเชิงฟังก์ชันโดยใช้พฤติกรรมของวัตถุจากกรณีศึกษา 2 กรณี คือ ระบบเอทีเอ็ม และระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ โดยจะแสดงขั้นตอนการคำนวณความเสี่ยงทุกขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 เรื่องการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนา แต่เนื่องด้วยขั้นตอนของการคำนวณความเสี่ยงนั้นมีหลายขั้นตอน และแต่ละระบบมีจำนวนซีนนาริโอการทำงานหลายซีนนาริโอ ผู้วิจัยจึงขอแสดงขั้นตอนการคำนวณความเสี่ยงเพียงระบบละ 1 ซีนนาริโอ ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

ฉ.1 การคำนวณความเสี่ยงของระบบเอทีเอ็ม

การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัส โดยการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ โดยในหัวข้อ ฉ.1.1 แสดงการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุที่ได้จากการสร้างค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์จากแผนภาพสเตทแมชชีนและคิดค่าความน่าจะเป็นจากจำนวนของค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์นั้น ในหัวข้อ ฉ.1.2 แสดงการคำนวณความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ได้จากการคำนวณค่าคลัปปลิงของการส่งข้อความกันในแผนภาพลำดับ และหัวข้อ ฉ.1.3 แสดงการคำนวณความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันงาน

ฉ.1.1 การพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ

1) สร้างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ ดังตารางที่ ฉ.1 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ในระบบเอทีเอ็ม

2) สร้างตารางแสดงรายละเอียดประพจน์ที่ทำการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของแต่ละเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชชีน ดังตารางที่ ฉ.2 แสดงข้อกำหนดรายละเอียดประพจน์ที่ทำการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController ในระบบเอทีเอ็ม

3) สร้างค่าความจริงที่เป็นไปได้ของแต่ละประพจน์ ดังตารางที่ ฉ.3 ถึงตารางที่ ฉ.9

4) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะของทุกแทรนซิชันในสเตทแมชชีน ดังตารางที่ ฉ.10

5) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชชีนของคลาส ATMController ผู้วิเคราะห์และออกแบบสนใจเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีนที่เกิดขึ้น 3 กรณี คือ กรณีปกติที่ลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง แสดงดังรูป ฉ.1 และ ฉ.2 กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดแต่ไม่ถึง 3 ครั้ง แสดงดังรูป ฉ.3 และ ฉ.4 และกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้งทำให้ถูกยึดบัตร แสดงดังรูป ฉ.5 และ ฉ.6 ทั้ง 3 กรณีจะถูกคำนวณความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงาน ดังตารางที่ ฉ.11

6) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน และค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ดังตารางที่ ฉ.12 เป็นตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาในแต่ละเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งแสดงการเปลี่ยนสถานะของ ATMController

7) เมื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของทุกคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแล้ว จะนำค่าความน่าจะเป็นนั้นมาปรับค่าตามโอกาสที่จะเกิดวัตถุขึ้นในซีนนาริโอใดๆ ดังตาราง ฉ.13 แสดงค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนในวัตถุ ATMController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะคลาสเดียวในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

8) ค่าที่ได้จากการคำนวณในตาราง ฉ.13 ของแต่ละวัตถุจะถูกนำมาคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ โดยนำมาคูณกับระดับความรุนแรงที่ผู้วิจัยได้เป็นผู้กำหนด ดังตารางที่ ฉ.14 แสดงการคำนวณความเสี่ยงของวัตถุ

ฉ.1.2 การพิจารณาความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

1) สร้างตารางแสดงค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการทำงานรวมกันของวัตถุในยูสเคส ดังตาราง ฉ.15 เป็นตัวอย่างค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสเอทีเอ็มถูกต้อง

2) คำนวณความเสี่ยงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ ดังตาราง ฉ.16 แสดงตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

ฉ.1.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชัน

1) การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังรูป ฉ.7 แสดงตัวอย่างแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง ซึ่งสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงค่าความเป็นไปได้ของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังแสดงในตารางที่ ฉ.17

2) การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ดังรูปที่ ฉ.8 แสดงตัวอย่างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรถูกต้องจากแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอดังกล่าวสามารถสร้างตารางเมทริกซ์ Q แสดงค่าดังตารางที่ ฉ.18 ตารางเมทริกซ์ C แสดงค่าดังตารางที่ ฉ.19 และตารางเมทริกซ์ A แสดงค่าดังตารางที่ ฉ.20

3) หลังจากทุกซีนนาริโอถูกคำนวณความเสี่ยงจนได้เมทริกซ์ต่างๆ ของแต่ละซีนนาริโอแล้ว ทุกซีนนาริโอในทุกยูสเคสจะถูกนำมาจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ ฉ.21 แสดงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสในระบบเอทีเอ็ม

4) ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานทุกยูสเคสในระบบจะถูกคำนวณ โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะให้ค่าน้ำหนักของแต่ละซีนนาริโอมีค่าเท่ากัน ดังตารางที่ ฉ.22 แสดงความเสี่ยงรวมของระบบเอทีเอ็ม มีค่า 0.6019532 ซึ่งอยู่ในระดับวิกฤต พร้อมยังได้แยกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงดังกล่าวเป็นค่าความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในแต่ละฟังก์ชันด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ตารางการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อนไขเหตุการณ์							สถานะเป้าหมาย
		information Display	card Insert	PIN	invalid PIN	valid PIN	confiscate Complete	PIN_count =3	
-	Idle	@T	-	-	-		-	-	Idle
-	Idle	-	@T	-	-		-	-	Processing PIN Input
Processing PIN Input	Waiting for PIN	-	-	@T	-		-	-	Validate PIN
Processing PIN Input	Validate PIN	-	-	-	@T		-	f	Waiting for PIN
-	Processing PIN Input	-	-	-	-	@T	-	-	Waiting for Customer Choice
-	Processing PIN Input	-	-	-	@T		-	t	Confiscating Card
-	Confiscating Card	-	-	-	-		@T	-	Idle

ตารางที่ จ.2 การขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อนไขเหตุการณ์	สถานะเป้าหมาย
P1	-	Idle	$\neg informationDisplay \wedge informationDisplay'$	Idle
P2	-	Idle	$\neg cardInsert \wedge cardInsert'$	Processing PIN Input
P3	Processing PIN Input	Waiting for PIN	$\neg PIN \wedge PIN'$	Validate PIN
P4	Processing PIN Input	Validate PIN	$\neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge \neg PIN_count = 3$	Waiting for PIN
P5	-	Processing PIN Input	$\neg validPIN \wedge validPIN'$	Waiting for Customer Choice
P6	-	Processing PIN Input	$\neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge PIN_count = 3$	Confiscating Card
P7	-	Confiscating Card	$\neg confiscateComplete \wedge confiscateComplete'$	Idle

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P1 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	informationDisplay	informationDisplay'	สถานะเป้าหมาย
P1-1	-	Idle	F	T	Idle
P1-2	-	Idle	T	T	Not Change
P1-3	-	Idle	F	F	Not Change

ตารางที่ จ.4 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P2 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	cardInsert	cardInsert'	สถานะเป้าหมาย
P2-1	-	Idle	F	T	Processing PIN Input
P2-2	-	Idle	T	T	Idle
P2-3	-	Idle	F	F	Idle

ตารางที่ จ.5 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P3 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	PIN	PIN'	สถานะเป้าหมาย
P3-1	Processing PIN Input	Waiting for PIN	F	T	Validate PIN
P3-2	Processing PIN Input	Waiting for PIN	T	T	Waiting for PIN
P3-3	Processing PIN Input	Waiting for PIN	F	F	Waiting for PIN

ตารางที่ จ.6 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P4 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	invalidPIN	PIN_count=3	invalidPIN'	สถานะเป้าหมาย
P4-1	Processing PIN Input	Validate PIN	F	f	T	Waiting for PIN
P4-2	Processing PIN Input	Validate PIN	T	f	T	Validate PIN
P4-3	Processing PIN Input	Validate PIN	F	t	T	Validate PIN
P4-4	Processing PIN Input	Validate PIN	F	f	F	Validate PIN

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.7 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P5 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	validPIN	validPIN′	สถานะเป้าหมาย
P5-1	-	Processing PIN Input	F	T	Waiting for Customer Choice
P5-2	-	Processing PIN Input	T	T	Processing PIN Input
P5-3	-	Processing PIN Input	F	F	Processing PIN Input

ตารางที่ ฉ.8 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P6 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	invalidPIN	PIN_count=3	invalidPIN′	สถานะเป้าหมาย
P6-1	-	Processing PIN Input	F	t	T	Confiscating Card
P6-2	-	Processing PIN Input	T	t	T	Processing PIN Input
P6-3	-	Processing PIN Input	F	f	T	Processing PIN Input
P6-4	-	Processing PIN Input	F	t	F	Processing PIN Input

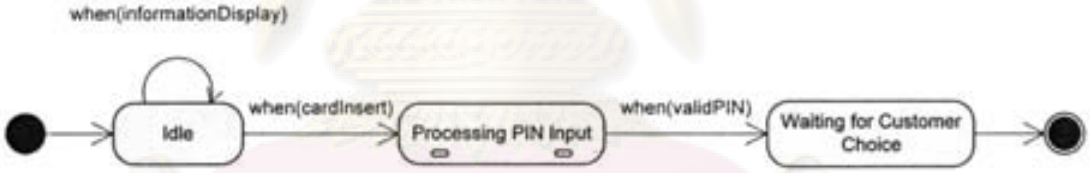
ตารางที่ ฉ.9 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P7 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส ATMController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	confiscateComplete	confiscateComplete′	สถานะเป้าหมาย
P7-1	-	Confiscating Card	F	T	Idle
P7-2	-	Confiscating Card	T	T	Confiscating Card
P7-3	-	Confiscating Card	F	F	Confiscating Card

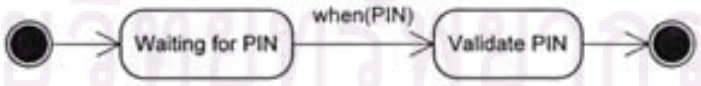
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.10 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน (p)	สถานะเป้าหมาย (q)	$\lvert True\ Truth\ Value_{Pi} \rvert$	$\lvert Total\ Truth\ Value_{Pi} \rvert$	PSO_{Pi}
P1	-	Idle	Idle	1	3	0.3333333
P2	-	Idle	Processing PIN Input	1	3	0.3333333
P3	Processing PIN Input	Waiting for PIN	Validate PIN	1	3	0.3333333
P4	Processing PIN Input	Validate PIN	Waiting for PIN	1	4	0.2500000
P5	-	Processing PIN Input	Waiting for Customer Choice	1	3	0.3333333
P6	-	Processing PIN Input	Confiscating Card	1	4	0.2500000
P7	-	Confiscating Card	Idle	1	3	0.3333333

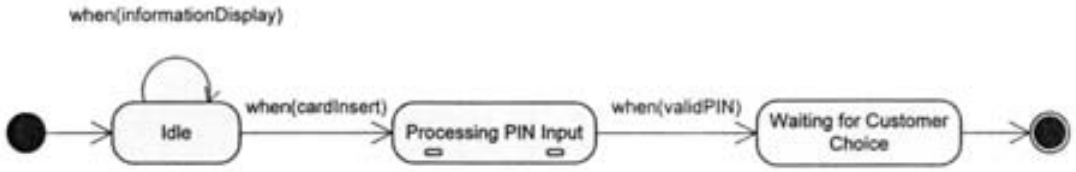


รูปที่ ฉ.1 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

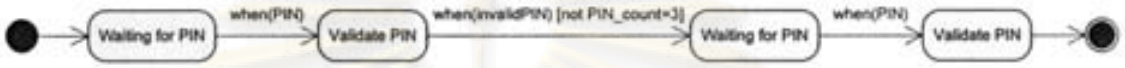


รูปที่ ฉ.2 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

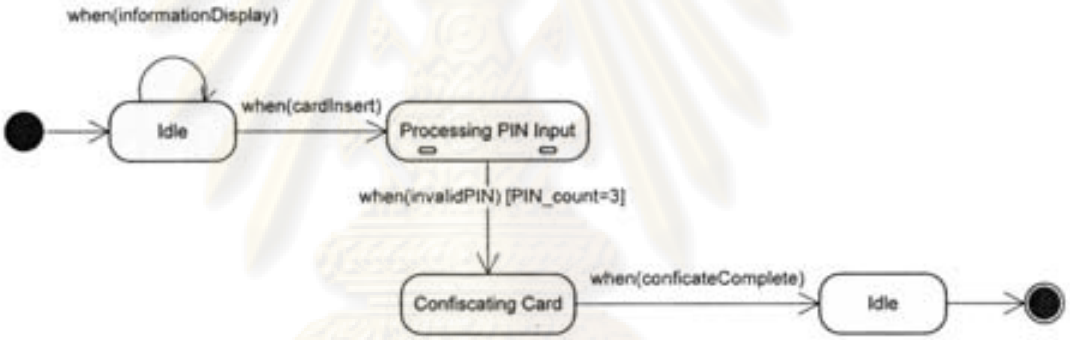
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



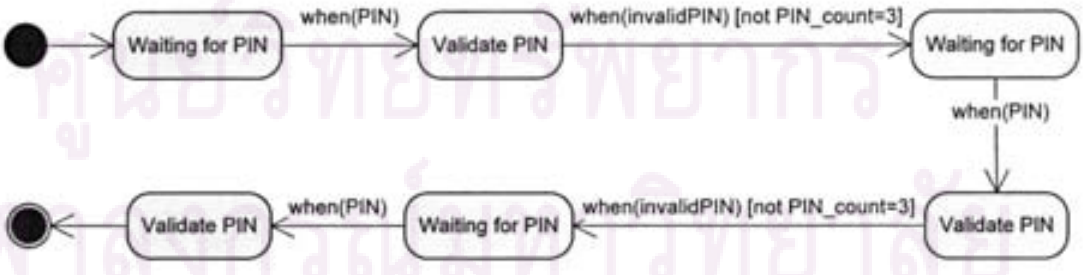
รูปที่ จ.3 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง



รูปที่ จ.4 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง



รูปที่ จ.5 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส ATMController กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง



รูปที่ จ.6 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานภายในสถานะประกอบ Processing PIN Input กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง

ตารางที่ ฉ.11 ความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางของแผนภาพสเตทแมชชีน

แผนภาพสเตทแมชชีน	ประพจน์ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน	$PSO_{initial-final}$
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง	P1-P2-P3-P5	0.01234570
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง	P1-P2-P3-P4-P3-P5	0.00102881
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง	P1-P2-P3-P4-P3-P4-P3-P6-P7	0.000021433

ตารางที่ ฉ.12 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของ ATMController

แผนภาพสเตทแมชชีน	PP_k	$\frac{PP_k}{\sum_{i=1}^{n} PP_i}$	$(PUO_{initial-final})_k$	$PUOO_i$
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง	81	0.001697793	0.987654321	0.999937119
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิดไม่ถึง 3 ครั้ง	972	0.020373514	0.998971193	
กรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มผิด 3 ครั้ง	46656	0.977928693	0.999978567	
$\sum_{i=1}^{n} PP_i$	47709			

ตารางที่ ฉ.13 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ ATMController ในซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็ม

วัตถุ	PPO_i	$PUOO_i$	$PUOOS_i$
ATMController	47709	0.9999371	0.9999371
$\sum_{j=1}^{n} PPO_j$	47709		

ตารางที่ ฉ.14 คำนวณค่าความเสี่ยงของความเสี่ยงของวัตถุ

วัตถุ	$PUOOS_i$	ระดับความรุนแรง (Svt_i)	ค่าความเสี่ยงของปัจจัย (RF_i)
ATMController	0.9999371	0.75	0.7499528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.15 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่รับข้อความ / วัตถุที่ส่งข้อความ	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer
ATMCustomer	0	0.0625	0	0	0.0625	0	0
CardReaderInterface	0	0	0.0625	0.0625	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0.0625	0	0
ATMController	0	0	0	0	0.125	0.0625	0.0625
CustomerInterface	0.125	0	0.0625	0.0625	0	0.0625	0
ATMTransaction	0	0	0	0.0625	0	0	0
BankServer	0	0	0	0.0625	0	0	0

ตารางที่ ฉ.16 ค่าความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

วัตถุที่ส่งข้อความ	วัตถุที่รับข้อความ	NDC_{ij}	ระดับความรุนแรง (Svt_{ij})	ค่าความเสี่ยงของปัจจัย(NDC_{ij})
ATMCustomer	CardReaderInterface	0.0625	0.25	0.015625
ATMCustomer	CustomerInterface	0.0625	0.25	0.015625
CardReaderInterface	ATMCard	0.0625	0.25	0.015625
CardReaderInterface	ATMController	0.0625	0.25	0.015625
ATMCard	CustomerInterface	0.0625	0.25	0.015625
ATMController	CustomerInterface	0.1250	0.75	0.093750
ATMController	ATMTransaction	0.0625	0.75	0.046875
ATMController	BankServer	0.0625	0.75	0.046875
CustomerInterface	ATMCustomer	0.1250	0.50	0.062500
CustomerInterface	ATMCard	0.0625	0.50	0.031250
CustomerInterface	ATMController	0.0625	0.50	0.031250
CustomerInterface	ATMTransaction	0.0625	0.50	0.031250
ATMTransaction	ATMController	0.0625	0.25	0.015625
BankServer	ATMController	0.0625	0.50	0.031250

รูปที่ จ.7 แบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

ตารางที่ จ.17 ค่าของเมทริกซ์ P ของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

โหนดรับ / โหนดส่ง	S	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer	T
S	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0
CardReaderInterface	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ATMController	0	0	0	0	0	0.333333	0.333333	0.333333	0
CustomerInterface	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2
ATMTransaction	0	0	0	0	1	0	0	0	0
BankServer	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	1

รูปที่ ฉ.8 แบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าใส่รหัสบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

ตารางที่ ฉ.18 ค่าของเมทริกซ์ Q ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

โหนดรับ / โหนดส่ง	S	ATMCustomer	CardReaderInterface	ATMCard	ATMController	CustomerInterface	ATMTransaction	BankServer
S	0	1	0	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0	0.4921875	0	0	0.4921875	0	0
CardReaderInterface	0	0	0	0.4921875	0.4921875	0	0	0
ATMCard	0	0	0	0	0	0.9843750	0	0
ATMController	0	0	0	0	0	0.0755351	0.0794421	0.0794421
CustomerInterface	0	0.1875000	0	0.1937500	0.1937500	0	0.1937500	0
ATMTransaction	0	0	0	0	0.9843750	0	0	0
BankServer	0	0	0	0	0.9687500	0	0	0

ตารางที่ ฉ.19 ค่าของเมทริกซ์ C ของแบบจำลองความเสี่ยงของขีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0	0	0	0	0
ATMCustomer	0	0.0156250	0	0	0
CardReaderInterface	0	0.0156250	0	0	0
ATMCard	0	0.0156250	0	0	0
ATMController	0	0	0	0.7655808	0
CustomerInterface	0.2000000	0	0.0312500	0	0
ATMTransaction	0	0.0156250	0	0	0
BankServer	0	0	0.0312500	0	0

ตารางที่ ฉ.20 ค่าของเมทริกซ์ A ของแบบจำลองความเสี่ยงของขีนนาริโอการตรวจสอบรหัสบัตรเอทีเอ็มกรณีลูกค้าบัตรเอทีเอ็มถูกต้อง

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0.2373799	0.0414235	0.0393018	0.6818948	0
ATMCustomer	0.2373799	0.0414235	0.0393018	0.6818948	0
CardReaderInterface	0.1667609	0.0338505	0.0285560	0.7708326	0
ATMCard	0.3106046	0.0339005	0.0504938	0.6050012	0
ATMController	0.0282112	0.0031292	0.0075247	0.9611349	0
CustomerInterface	0.3155348	0.0185655	0.0512953	0.6146043	0
ATMTransaction	0.0277704	0.0187053	0.0074071	0.9461172	0
BankServer	0.0273296	0.0030314	0.0385395	0.9310995	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.21 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบเอทีเอ็ม

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง / (Validate PIN)	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสไม่ถูกต้อง / (Validate PIN)	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินมากกว่าเงินที่มีอยู่ในบัญชี / (Withdraw Money)	การสอบถามยอดเงินคงเหลือ / (Inquire Balance)	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินถูกต้อง / (Withdraw Money)
ระดับเล็กน้อย	0.0414235	0.0487383	0.0756055	0.0539284	0.0520448
ระดับค่อนข้างวิกฤต	0.0393018	0.0587515	0.0377248	0.0272260	0.0261177
ระดับวิกฤต	0.6818948	0.5571484	0.0011877	0.0012042	0.0006311
ระดับหายนะ	0	0	0.4197751	0.4417637	0.4452889
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.7626201	0.6646481	0.5342931	0.5241223	0.5240825
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.2373799	0.3353519	0.4657069	0.4758777	0.4759175
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ตารางที่ ฉ.22 ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบเอทีเอ็ม

ฟังก์ชันงาน	ซีนนาริโอ	ความเสี่ยงของซีนนาริโอ ($RiskScenario_k$)	ค่าน้ำหนัก (α)	ความเสี่ยงของฟังก์ชันงาน ($RiskFunction_i$)
Validate PIN	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสถูกต้อง	0.7626201	0.2	0.2854536
	การตรวจสอบรหัส กรณีลูกค้าใส่รหัสไม่ถูกต้อง	0.6646481	0.2	
Withdraw Money	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินถูกต้อง	0.5240825	0.2	0.2116751
	การถอนเงิน กรณีลูกค้าใส่จำนวนเงินมากกว่าเงินที่มีอยู่ในบัญชี	0.5342931	0.2	
Inquire Balance	การสอบถามยอดเงินคงเหลือ	0.5241223	0.2	0.1048245
รวม			1.0	0.6019532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ.2 การคำนวณความเสี่ยงของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้าของลูกค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า โดยการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ โดยในหัวข้อ ฉ.2.1 แสดงการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุที่ได้จากการสร้างค่าความจริงที่เป็นไปได้จากแผนภาพสเตทแมชซีนและคิดค่าความน่าจะเป็นจากค่าความจริงนั้น ในหัวข้อ ฉ.2.2 แสดงการคำนวณค่าความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่ได้จากการคำนวณค่าคลัปปลิงของการส่งข้อความกันในแผนภาพลำดับ และหัวข้อ ฉ.2.3 แสดงการคำนวณค่าความเสี่ยงของซีนนาริโอในแต่ละฟังก์ชันงาน

ฉ.2.1 การพิจารณาความเสี่ยงของวัตถุ

1) สร้างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชซีนของคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะ ดังตารางที่ ฉ.23 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชซีนของคลาส InventoryController ในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

2) สร้างตารางแสดงการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของแต่ละเงื่อนไขการเปลี่ยนสถานะของแผนภาพสเตทแมชซีน ดังตารางที่ ฉ.24 แสดงข้อกำหนดรายละเอียดประพจน์ที่ทำการขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController ในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

3) สร้างค่าความจริงที่เป็นไปได้ของแต่ละประพจน์ ดังตารางที่ ฉ.25 ถึงตารางที่ ฉ.38

4) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะของทุกแทรนซิชันในสเตทแมชซีน ดังตารางที่ ฉ.39

5) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานในแต่ละเส้นทางของแผนภาพสเตทแมชซีน ตัวอย่างแผนภาพสเตทแมชซีนของคลาส Inventory Controller ผู้วิเคราะห์และออกแบบสนใจเส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชซีนที่เกิดขึ้น 5 กรณี คือ กรณีปกติที่ตรวจสอบสินค้าที่มีอยู่ในบัญชีรายการของร้านและสินค้าครบตามความต้องการของลูกค้า แสดงดังรูป ฉ.9 กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการของร้าน แสดงดังรูป ฉ.10 กรณีตรวจสอบสินค้าและจำนวนสินค้ายังไม่ครบตามความต้องการของลูกค้า แสดงดังรูป ฉ.11 กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าที่ลูกค้าซื้อเพื่อคำนวณราคารวมและออกใบเสร็จ แสดงดังรูป ฉ.12 และกรณีร้องขอข้อมูลสินค้าจากรายการของสินค้าของร้าน แสดงดังรูป ฉ.13 ทั้ง 5 กรณีจะถูกคำนวณความน่าจะเป็นของเส้นทางการทำงาน ดังตารางที่ ฉ.40

6) คำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน และค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุใดๆ ดังตารางที่ ฉ.41 เป็นตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาในแต่ละเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีน ซึ่งแสดงการเปลี่ยนสถานะของ Inventory Controller

7) เมื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของทุกคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะแล้ว จะนำค่าความน่าจะเป็นนั้นมาปรับค่าตามโอกาสที่จะเกิดวัตถุขึ้นในซีนนาริโอใดๆ ดังตาราง ฉ.42 แสดงค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานของแผนภาพสเตทแมชชีนในวัตถุ InventoryController ซึ่งเป็นคลาสที่ขึ้นอยู่กับสถานะคลาสเดียวในซีนนาริโอซื้อสินกรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

8) ค่าที่ได้จากการคำนวณในตาราง ฉ.42 ของแต่ละวัตถุจะถูกนำมาคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ โดยนำมาคูณกับระดับความรุนแรงที่ผู้วิจัยได้เป็นผู้กำหนด ดังตารางที่ ฉ.43 แสดงการคำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ

ฉ.2.2 การพิจารณาความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ

1) สร้างตารางแสดงค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการทำงานรวมกันของวัตถุในยูสเคส ดังตาราง ฉ.44 เป็นตัวอย่างค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

2) คำนวณความเสี่ยงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับ ดังตาราง ฉ.45 แสดงตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงของแต่ละการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

ฉ.2.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของซีนนาริโอและฟังก์ชัน

1) การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังรูป ฉ.14 แสดงตัวอย่างแบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า ซึ่งสามารถสร้างเมทริกซ์ P แสดงค่าความเป็นไปได้ของการแทรนซิชันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ดังแสดงในตาราง ฉ.46

2) การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอ ดังรูปที่ ฉ.15 แสดงตัวอย่างแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า จากแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอดังกล่าวสามารถสร้างตารางเมทริกซ์ Q แสดงค่า

ดังตารางที่ ฉ.47 ตารางเมทริกซ์ C แสดงค่าดังตารางที่ ฉ.48 และตารางเมทริกซ์ A แสดงค่าดังตารางที่ ฉ.49

3) หลังจากทุกซีนนาริโอถูกคำนวณความเสี่ยงจนได้เมทริกซ์ต่างๆ ของแต่ละซีนนาริโอแล้ว ทุกซีนนาริโอในทุกยูสเคสจะถูกนำมาจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง ดังตารางที่ ฉ.50 แสดงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

4) ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานทุกยูสเคสในระบบจะถูกคำนวณ โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะให้ค่าน้ำหนักของแต่ละซีนนาริโอมีค่าเท่ากัน ดังตารางที่ ฉ.22 แสดงความเสี่ยงรวมของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ มีค่า 0.6151185 ซึ่งอยู่ในระดับวิกฤต พร้อมยังได้แยกความน่าจะเป็นของความเสี่ยงดังกล่าวเป็นค่าความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในแต่ละฟังก์ชันด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.23 ตารางการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อนไขเหตุการณ์																					สถานะเป้าหมาย
		productInfo	validProductItem	invalidProductItem	keyedProductInfo	addComplete	updateComplete	requestDealingList	dealingList	requestPriceList	priceList	dealingInfo	requestInventory	inventory	menuChoice=purchase	menuChoice=Payment	menuChoice=viewReport	productCode=13 digit	priceNotEmpty	amountOfItem=amountOfCustomerNeed	commandUpdatingNow	dealingListNotEmpty	priceListNotEmpty	
-	Idle	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	-	-	-	-	-	-	-	-	Checking Product
-	Checking Product	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Adding Item to Dealing List
-	Checking Product	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Key Product Code and Price
-	Key Product Code and Price	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	t	-	-	-	-	Adding Item to Dealing List
-	Adding Item to Dealing List	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	f	-	-	-	Idle
-	Adding Item to Dealing List	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	t	-	-	Updating Inventory
-	Updating Inventory	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Idle
-	Idle	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	t	-	-	-	-	-	-	-	Getting Dealing List
-	Getting Dealing List	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Waiting for Price Request
-	Waiting for Price Request	-	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Getting Price List
-	Getting Price List	-	-	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	t	Idle
-	Idle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	t	-	-	-	-	-	-	Getting Inventory
-	Getting Inventory	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	@T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Idle

ตารางที่ จ.24 การขยายตัวกระตุ้นเหตุการณ์ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	เงื่อนไขเหตุการณ์	สถานะเป้าหมาย
P1	-	Idle	$\neg productInfo \wedge productInfo' \wedge menuChoice = purchase$	Checking Product
P2	-	Checking Product	$\neg validProductItem \wedge validProductItem'$	Adding Item to Dealing List
P3	-	Checking Product	$\neg invalidProductItem \wedge invalidProductItem'$	Key Product Code and Price
P4	-	Key Product Code and Price	$\neg keyedProductInfo \wedge keyedProductInfo' \wedge productCode = 13digit \wedge priceNotEmpty$	Adding Item to Dealing List
P5	-	Adding Item to Dealing List	$\neg addComplete \wedge addComplete' \wedge \neg amountOfItem = amountOfCustomerNeed$	Idle
P6	-	Adding Item to Dealing List	$\neg addComplete \wedge addComplete' \wedge amountOfItem = amountOfCustomerNeed \vee commandUpdatingNow$	Updating Inventory
P7	-	Updating Inventory	$\neg updateComplete \wedge updateComplete'$	Idle
P8	-	Idle	$\neg requestDealingList \wedge requestDealingList' \wedge menuChoice = payment$	Getting Dealing List
P9	-	Getting Dealing List	$\neg dealingList \wedge dealingList'$	Waiting for Price Request
P10	-	Waiting for Price Request	$\neg requestPriceList \wedge requestPriceList'$	Getting Price List
P11	-	Getting Price List	$\neg priceList \wedge priceList'$	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
P12	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	$\neg dealingInfo \wedge dealingInfo' \wedge dealingListNotEmpty \wedge priceListNotEmpty$	Idle
P13	-	Idle	$\neg requestInventory \wedge requestInventory' \wedge menuChoice = viewReport$	Getting Inventory
P14	-	Getting Inventory	$\neg inventory \wedge inventory'$	Idle

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.25 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P1 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	productInfo	menuChoice=purchase	productInfo′	สถานะเป้าหมาย
P1-1	-	Idle	F	t	T	Checking Product
P1-2	-	Idle	T	t	T	Idle
P1-3	-	Idle	F	f	F	Idle
P1-4	-	Idle	F	t	F	Idle

ตารางที่ ฉ.26 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P2 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	validProductItem	validProductItem′	สถานะเป้าหมาย
P2-1	-	Checking Product	F	T	Adding Item to Dealing List
P2-2	-	Checking Product	T	T	Checking Product
P2-3	-	Checking Product	F	F	Checking Product

ตารางที่ ฉ.27 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P3 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	invalidProductItem	invalidProductItem′	สถานะเป้าหมาย
P3-1	-	Checking Product	F	T	Key Product Code and Price
P3-2	-	Checking Product	T	T	Checking Product
P3-3	-	Checking Product	F	F	Checking Product

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.28 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P4 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	keyedProductInfo	productCode=13digit	priceNotEmpty	keyedProductInfo′	สถานะเป้าหมาย
P4-1	-	Key Product Code and Price	F	t	t	T	Adding Item to Dealing List
P4-2	-	Key Product Code and Price	T	t	t	T	Key Product Code and Price
P4-3	-	Key Product Code and Price	F	f	t	T	Key Product Code and Price
P4-4	-	Key Product Code and Price	F	t	f	T	Key Product Code and Price
P4-5	-	Key Product Code and Price	F	t	t	F	Key Product Code and Price

ตารางที่ จ.29 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P5 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	addComplete	amountOfCustomerNeed	addComplete′	สถานะเป้าหมาย
P5-1	-	Adding Item to Dealing List	F	f	T	Idle
P5-2	-	Adding Item to Dealing List	T	f	T	Adding Item to Dealing List
P5-3	-	Adding Item to Dealing List	F	t	T	Adding Item to Dealing List
P5-4	-	Adding Item to Dealing List	F	f	F	Adding Item to Dealing List

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.30 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P6 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	addComplete	amountOfItem= amountOf CustomerNeed	command UpdatingNow	addComplete′	สถานะเป้าหมาย
P6-1	-	Adding Item to Dealing List	F	t	t	T	Updating Inventory
P6-2	-	Adding Item to Dealing List	T	t	f	T	Adding Item to Dealing List
P6-3	-	Adding Item to Dealing List	F	f	f	T	Adding Item to Dealing List
P6-4	-	Adding Item to Dealing List	F	f	t	T	updating Inventory
P6-5	-	Adding Item to Dealing List	F	t	f	F	Adding Item to Dealing

ตารางที่ จ.31 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P7 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	updateComplete	updateComplete′	สถานะเป้าหมาย
P7-1	-	Updating Inventory	F	T	Idle
P7-2	-	Updating Inventory	T	T	Updating Inventory
P7-3	-	Updating Inventory	F	F	Updating Inventory

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.32 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P8 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	request DealingList	menuChoice =payment	requestDealingList′	สถานะเป้าหมาย
P8-1	-	Idle	F	t	T	Getting Dealing List
P8-2	-	Idle	T	t	T	Idle
P8-3	-	Idle	F	f	F	Idle
P8-4	-	Idle	F	t	F	Idle

ตารางที่ จ.33 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P9 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	dealingList	dealingList′	สถานะเป้าหมาย
P9-1	-	Getting Dealing List	F	T	Waiting for Price Request
P9-2	-	Getting Dealing List	T	T	Getting Dealing List
P9-3	-	Getting Dealing List	F	F	Getting Dealing List

ตารางที่ จ.34 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P10 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	requestPriceList	requestPriceList′	สถานะเป้าหมาย
P10-1	-	Waiting for Price Request	F	T	Getting Price List
P10-2	-	Waiting for Price Request	T	T	Waiting for Price Request
P10-3	-	Waiting for Price Request	F	F	Waiting for Price Request

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.35 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P11 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	priceList	priceList′	สถานะเป้าหมาย
P11-1	-	Getting Price List	F	T	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
P11-2	-	Getting Price List	T	T	Getting Price List
P11-3	-	Getting Price List	F	F	Getting Price List

ตารางที่ จ.36 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P12 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	dealingInfo	dealingList NotEmpty	pricelist NotEmpty	dealingIInfo′	สถานะเป้าหมาย
P12-1	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	F	t	t	T	Idle
P12-2	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	T	t	t	T	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
P12-3	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	F	f	t	T	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
P12-4	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	F	t	f	T	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice
P12-5	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	F	t	t	F	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.37 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P13 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	requestInventory	menuChoice =viewReport	requestInventory′	สถานะเป้าหมาย
P13-1	-	Idle	F	t	T	Getting Inventory
P13-2	-	Idle	T	t	T	Idle
P13-3	-	Idle	F	f	T	Idle
P13-4	-	Idle	T	t	F	Idle

ตารางที่ ฉ.38 ค่าความจริงที่เป็นไปได้ของประพจน์หมายเลข P14 ของการเปลี่ยนสถานะของคลาส InventoryController

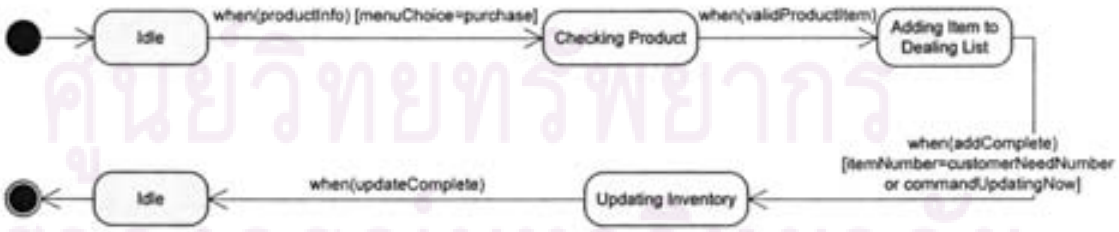
หมายเลขประพจน์ย่อย	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน	inventory	inventory′	สถานะเป้าหมาย
P14-1	-	Getting Inventory	F	T	Idle
P14-2	-	Getting Inventory	T	T	Getting Inventory
P14-3	-	Getting Inventory	F	F	Getting Inventory

ตารางที่ 39 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน (p)	สถานะเป้าหมาย (q)	$\lvert True\ Truth\ Value_{PN} \rvert$	$\lvert Total\ Truth\ Value_{PN} \rvert$	PSO_{PN}
P1	-	Idle	Checking Product	1	4	0.25
P2	-	Checking Product	Adding Item to Dealing List	1	3	0.3333333
P3	-	Checking Product	Key Product Code and Price	1	3	0.3333333
P4	-	Key Product Code and Price	Adding Item to Dealing List	1	5	0.2
P5	-	Adding Item to Dealing List	Idle	1	4	0.25
P6	-	Adding Item to Dealing List	Updating Inventory	2	5	0.4

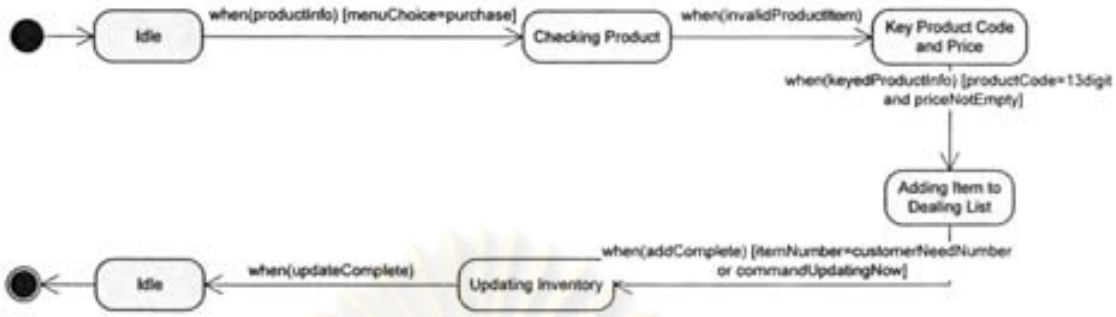
ตารางที่ 39 การคำนวณความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาในการเปลี่ยนสถานะ (ต่อ)

หมายเลขประพจน์	สถานะแม่	สถานะปัจจุบัน (p)	สถานะเป้าหมาย (q)	$\lvert True\ Truth\ Value_{Pi} \rvert$	$\lvert Total\ Truth\ Value_{Pi} \rvert$	PSO_{Pi}
P7	-	Updating Inventory	Idle	1	3	0.3333333
P8	-	Idle	Getting Dealing List	1	4	0.25
P9	-	Getting Dealing List	Waiting for Price Request	1	3	0.3333333
P10	-	Waiting for Price Request	Getting Price List	1	3	0.3333333
P11	-	Getting Price List	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	1	3	0.3333333
P12	-	Waiting for Gotten Dealing Information to create invoice	Idle	1	5	0.2
P13	-	Idle	Getting Inventory	1	4	0.25
P14	-	Getting Inventory	Idle	1	3	0.3333333

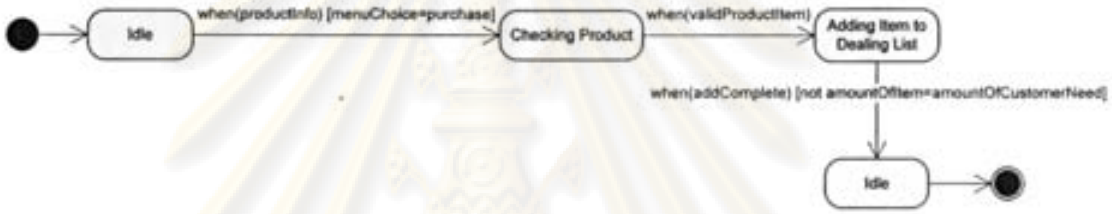


รูปที่ ฉ.9 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีตรวจสอบสินค้าที่มีอยู่ในบัญชีรายการร้านและสินค้าครบตามความต้องการลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ.10 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการร้าน



รูปที่ ฉ.11 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีตรวจสอบสินค้าและจำนวนสินค้ายังไม่ครบตามความต้องการลูกค้า

รูปที่ ฉ.12 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าที่ลูกค้าซื้อเพื่อคำนวณราคารวมและออกใบเสร็จ

รูปที่ ฉ.13 แผนภาพสเตทแมชชีนแสดงเส้นทางการทำงานของคลาส InventoryController กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าจากรายการของสินค้าที่เก็บไว้ในร้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.40 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่พึงปรารถนาของเส้นทางการทำงานแต่ละเส้นทางในแผนภาพสเตทแมชชีน

แผนภาพสเตทแมชชีน	เส้นทางการทำงานในแผนภาพสเตทแมชชีน	$PSO_{initial-final}$
กรณีตรวจสอบสินค้าที่มีอยู่ในบัญชีรายการร้านและสินค้าครบตามความต้องการลูกค้า	P1-P2-P6-P7	0.0111111
กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการร้าน	P1-P3-P4-P6-P7	0.0022222
กรณีตรวจสอบสินค้าและจำนวนสินค้ายังไม่ครบตามความต้องการลูกค้า	P1-P2-P5	0.0208333
กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าที่ลูกค้าซื้อเพื่อคำนวณราคารวมและออกใบเสร็จ	P8-P9-P10-P11-P12	0.0018519
กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าจากรายการของสินค้าที่เก็บไว้ในร้าน	P13-P14	0.0833333

ตารางที่ ฉ.41 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของ InventoryController

แผนภาพสเตทแมชชีน	PP_k	$\frac{PP_k}{\sum_{i=1}^{n} PP_i}$	$(PUO_{initial-final})_k$	$PUOO_i$
กรณีตรวจสอบสินค้าที่มีอยู่ในบัญชีรายการร้านและสินค้าครบตามความต้องการลูกค้า	180	0.107143	0.988889	0.9958333
กรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการร้าน	900	0.535714	0.997778	
กรณีตรวจสอบสินค้าและจำนวนสินค้ายังไม่ครบตามความต้องการลูกค้า	48	0.028571	0.979167	
กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าที่ลูกค้าซื้อเพื่อคำนวณราคารวมและออกใบเสร็จ	540	0.321429	0.998148	
กรณีร้องขอข้อมูลสินค้าจากรายการของสินค้าที่เก็บไว้ในร้าน	12	0.007143	0.916667	
$\sum_{i=1}^{n} PP_i$	1680			

ตารางที่ ฉ.42 ความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาของวัตถุ InventoryController ในซีนนาริโอการซื้อสินกรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุ	PPO_i	$PUOO_i$	$PUOOS_i$
InventoryController	1680	0.9958333	0.9958333
$\sum_{j=1}^{n} PPO_j$	1680		

ตารางที่ ฉ.43 คำนวณค่าความเสี่ยงของวัตถุ

วัตถุ	$PUOOS_i$	ระดับความรุนแรง (Svt_i)	ค่าความเสี่ยงของปัจจัย (RF_i)
InventoryController	0.9958333	0.95	0.9460416635

ตารางที่ ฉ.44 ค่าคลัปปลิงของการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่รับข้อความ / วัตถุที่ส่งข้อความ	Clerk	ProductBarcode	ProductItem	InventoryController	DealingList	Inventory	CounterInterface
Clerk	0	0.071429	0	0	0	0	0
ProductBarcode	0	0	0.071429	0.071429	0	0	0
ProductItem	0	0.071429	0	0	0	0	0
InventoryController	0	0	0	0	0.071429	0.142857	0.142857
DealingList	0	0	0	0.071429	0	0	0
Inventory	0	0	0	0.142857	0	0	0
CounterInterface	0.142857	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ฉ.45 ค่าความเสี่ยงของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในแผนภาพลำดับที่แสดงซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

วัตถุที่ส่งข้อความ	วัตถุที่รับข้อความ	NDC_{ij}	ระดับความรุนแรง	ค่าความเสี่ยงของปัจจัย
Clerk	ProductBarcode	0.071429	0.25	0.017857
ProductBarcode	ProductItem	0.071429	0.50	0.035715
ProductBarcode	InventoryController	0.071429	0.50	0.035715
ProductItem	ProductBarcode	0.071429	0.50	0.035715
InventoryController	DealingList	0.071429	0.75	0.053572
InventoryController	Inventory	0.142857	0.95	0.135714
InventoryController	CounterInterface	0.142857	0.50	0.071429
DealingList	InventoryController	0.071429	0.50	0.035715
Inventory	InventoryController	0.142857	0.50	0.071429
CounterInterface	Clerk	0.142857	0.25	0.035714

รูปที่ ฉ.14 แบบจำลองเชิงพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

ตารางที่ ฉ.46 ค่าของเมทริกซ์ P ของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของซอฟต์แวร์ของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

โหนดรับ / โหนดส่ง	S	Clerk	ProductBarcode	ProductItem	InventoryController	DealingList	Inventory	CounterInterface	T
S	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clerk	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ProductBarcode	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0
ProductItem	0	0	1	0	0	0	0	0	0
InventoryController	0	0	0	0	0	0.33333	0.33333	0.33333	0
DealingList	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Inventory	0	0	0	0	1	0	0	0	0
CounterInterface	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5
T	0	0	0	0	0	0	0	0	1

รูปที่ ฉ.15 แบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

ตารางที่ ฉ.47 ค่าของเมทริกซ์ Q ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

โหนดรับ / โหนดส่ง	S	Clerk	ProductBarcode	ProductItem	InventoryController	DealingList	Inventory	CounterInterface
S	0	1	0	0	0	0	0	0
Clerk	0	0	0.9821428	0	0	0	0	0
Product Barcode	0	0	0	0.4821428	0.4821428	0	0	0
ProductItem	0	0	0.9642855	0	0	0	0	0
Inventory Controller	0	0	0	0	0	0.0170226	0.0155451	0.0167014
DealingList	0	0	0	0	0.9642855	0	0	0
Inventory	0	0	0	0	0.9285715	0	0	0
Counter Interface	0	0.4821429	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ฉ.48 ค่าของเมทริกซ์ C ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0	0	0	0	0
Clerk	0	0.0178573	0	0	0
ProductBarcode	0	0	0.0357145	0	0
ProductItem	0	0	0.0357145	0	0
InventoryController	0	0	0.0012847	0.0009635	0.9484826
DealingList	0	0	0.0357145	0	0
Inventory	0	0	0.0714285	0	0
CounterInterface	0.5	0.0178571	0	0	0

ตารางที่ ฉ.49 ค่าของเมทริกซ์ A ของแบบจำลองความเสี่ยงของซีนนาริโอการซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า

โหนดรับ / โหนดส่ง	T	F(minor)	F(marginal)	F(critical)	F(catastrophic)
S	0.0076819	0.0182639	0.1006435	0.0008864	0.8725243
Clerk	0.0076819	0.0182639	0.1006435	0.0008864	0.8725243
ProductBarcode	0.0078216	0.0004140	0.1024734	0.0009025	0.8883884
ProductItem	0.0075423	0.0003992	0.1345281	0.0008703	0.8566601
InventoryController	0.0086803	0.0004595	0.0039349	0.0010016	0.9859237
DealingList	0.0083703	0.0004431	0.0395088	0.0009658	0.9507120
Inventory	0.0080603	0.0004267	0.0750823	0.0009300	0.9155007
CounterInterface	0.5037038	0.0266629	0.0485246	0.0004274	0.4206814

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.50 สรุปความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละซีนนาริโอของทุกยูสเคสของระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ซีนนาริโอ / ฟังก์ชัน / ความน่าจะเป็น	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า / (Purchase Product)	การชำระเงิน / (Payment)	การเรียกดูและส่งรายงานการขายประจำวัน / (Send Daily Sale)	การเรียกดูรายงานการขายประจำวัน / (Send Daily Sale)
ระดับเล็กน้อย	0.0182639	0.0284062	0.0475183	0.0665677	0.0542155
ระดับค่อนข้างวิกฤต	0.1006435	0.0668872	0.0336573	0.0651273	0.0559913
ระดับวิกฤต	0.0008864	0.0007168	0.1589352	0.0782638	0.0840520
ระดับหายนะ	0.8725243	0.7046972	0.2082160	0.2159881	0.2140347
ความเสี่ยงรวมของซีนนาริโอ	0.9923181	0.8007074	0.4483268	0.4259469	0.4082935
โอกาสความสำเร็จของซีนนาริโอ	0.0076819	0.1992862	0.5516732	0.5740531	0.5917065
ความน่าจะเป็นรวมทั้งหมด	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ตารางที่ จ.51 ความเสี่ยงของฟังก์ชันงานในระบบสนับสนุนสำหรับร้านสะดวกซื้อ

ฟังก์ชันงาน	ซีนนาริโอ	ความเสี่ยงของซีนนาริโอ ($RiskScenario_k$)	ค่าน้ำหนัก (α)	ความเสี่ยงของฟังก์ชันงาน ($RiskFunction_i$)
Purchase Product	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบมีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า	0.9923181	0.2	0.3586051
	การซื้อสินค้ากรณีสินค้าที่ตรวจสอบไม่มีอยู่ในบัญชีรายการสินค้า	0.8007074	0.2	
Send Daily Sale	การเรียกดูและส่งรายงานการขายประจำวัน	0.4259469	0.2	0.1668481
	การเรียกดูรายงานการขายประจำวัน	0.4082935	0.2	
Payment	การชำระเงิน	0.4483268	0.2	0.0896653
รวม			1.0	0.6151185

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

ผลงานที่ตีพิมพ์

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ คือ บทความวิชาการเรื่อง "การประเมินความเสี่ยงโดยใช้แบบจำลองเชิงฟังก์ชันบนพื้นฐานของพฤติกรรมและการปฏิสัมพันธ์ของวัตถุ (Risk Assessment Using Functional Modeling based on Object Behavior and Interaction)" ซึ่งได้รับคัดเลือกเพื่อนำเสนอและตีพิมพ์ในงาน "การประชุมวิชาการระดับนานาชาติด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (The 4th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering: JCSSE 2007)" ระหว่างวันที่ 3 – 4 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรมโชฟิเทล ราชาออคิด จังหวัดขอนแก่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Risk Assessment Using Functional Modeling based on Object Behavior and Interaction

Akekachai Tangsuksant, Nakornthip Prompoon
Software Engineering Lab, Center of Excellence in Software Engineering
Department of Computer Engineering
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
Akekachai.T@student.chula.ac.th, Nakornthip.S@chula.ac.th

Abstract - Risk management approach has been proposed for software development in order to help identify and handle risk. It also finally helps improve development process efficiency and product quality. Performing risk assessment during early development phases could help developers discover unexpected outcomes needed to handle carefully. In this paper, we expand the work of "Architectural-level Risk Analysis Using UML" by K. Goseva-Popstojanova and et al. We present an approach of risk assessment during analysis and design phase which identify risk from object behavior and interaction. The number of test case generated, according to full predicate coverage criteria, from a condition transition on a state machine, represents state-dependent object behavior, are used to compute risk caused from a single object. The obtained result can be used to manage and control risk at a fine-grain level.

1. Introduction

Many risk management approaches have been proposed for software development [6]. The important step of risk management is risk assessment. It performs risk identification, risk analysis, and risk prioritization [1]. Performing risk assessment during early development phases such as analysis and design phase, developer can control and manage risk in order to improve both software development process and quality of software products. This process helps developer identify and handles risks before they may occur which finally beneficial to cost and time reduction and software development process efficiency [10].

UML is widely accepted among software engineers as a tool to model the software business blueprint during the analysis and design phase since it can present system in different views. Use case diagram and its description are used to model functional of the software. Class diagram, represented classes and their relationships, is used to present the structure of information. Each use case is realized with one or more independent scenarios modeled using sequence diagrams. Sequence diagram is used to present the order of messages sent among objects and their interaction shown in class diagram to serve a specified scenario of system function. Moreover, state machine diagram can be used to represent the changing status of a state-dependent class in a class diagram. Both sequence diagram and state machine diagram are called behavioral model.

Analyzing risk from the object behavior and their interaction, later integrated to support the function or scenario of the system, are an essential since it can help identify the cause of system error or failure at a fine-grain level.

Considering risk of objects' collaboration, responsible for performing a specific function from a sequence diagram, we should emphasize on messages sent among objects, called coupling between objects, which is related to object fault [8]. Likewise, considering risk of individual object behavior, we should pay attention to condition on transition of a changing state from one state to another state of a state machine. Test cases generated from a condition on transition of a state machine are the possible chance of execution path transition. Both concerns, risk from objects' interaction and object behavior, are important to risk assessment since they significantly affect the system function.

The research [9] presented risk assessment approach which covers during analysis and design phase of software development. Its assessment starts from defining a software functional modeling. Each function is realized and modeled using class diagram, sequence diagram, and state machine diagram. The dynamic coupling metrics are used to consider the behavior of interaction complexity between objects. However, this work did not pay attention to each object behavior which has significantly impact on the system failure. We expand the work [9] by introducing risk assessment at object behavior level. It is based on test cases generated from a condition on transition of a state machine according to full predicate coverage proposed by [4]. Risk factors of objects behavior can be analyzed into scenario's risk factor by building software execution behavior model and scenario risk model. Obtained result is used for risk management decision.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 discusses related works which are introduced in this paper. Section 3 provides background of risk management, the object behavior and their interaction represent risk of functional modeling, and using test cases for compute risk of state machine. Section 4 presents an overview of risk assessment approach and step of our risk assessment approach. Finally, Section 5 summarizes the content of a paper and future works.

2. Related works

Nowadays, many researches have been proposed various risk management approaches which can be applied to risk analysis and assessment. In [11], they developed a framework for model-based risk assessment of security-critical systems. The framework integrates aspects of risk assessment methods by using UML. UML profile is refined into specialized UML profile in order to support model-

based risk assessment process of CORAS project. This framework assesses risks at the functionality level by using specialized UML profile to identify, analyze and treat risks. But, it does not assess risks in the fine-grain level which has effect to system function. In [3], [9] and [12], they proposed a methodology for analyzing risk in an architecture level which is performed during an early development phases. This methodology concerns risk factors of components and component calls by using anumber of states and transitions in state machine and a number of messages in sequence diagram to consider complexity of component and their interaction respectively. However, this methodology does not concern the cause of chaing state within a state machine which actually represents object behaviors. J. Offutt and et al. [4] presented an approach to generate test cases from state machine withch acomposes of four coverage criterions: transition coverage, full predicate, transition-pair coverage, and complete sequence. The interesting criterion for considering state change is the full predicate coverage criteria since it can cover the most of faults as compare with other three coverage criterions [5]. The basic principle of full predicate coverage criteria was defined from triggering event and guard condition which are the cause of changing state in a state machine.

However, generating test cases from state machine for computing a probability of risk in each test case which may occur at fine-grain level does not realized in any research documents. Thus, our research will incorporate this idea to introduce a software risk assessment procedure at fine-grain level.

3.Background

In this section, we summarize essential background appreared in this paper. Section 3.1 discusses basic risk management. Section 3.2 discusses risks of functional modeling defined from object behavior and their interaction, and section 3.3 discusses using test cases for computing risk from a state machine diagram.

3.1 Risk Management

Risk is a probability of inability to archive objective of program which cause to loss and injure Risk composes two factors: probability of unsatisfactory event and loss level of consequence defined as

$$RF = P(UO) \cdot L(UO)$$

Where *RF* is risk factor, *P(UO)* is the unsatisfactory outcome, and *L(UO)* is the loss if outcome is unsatisfactory.

Risk management is concerned with the outcome of future events, whose exact outcome is unknown and with how to deal with these uncertainties [10]. Risk management is an action to handle risk which has two steps [1].

1) Risk assessment involves risk identification, risk analysis, and risk prioritization:

- Risk identification makes a list of potential risk of a project. Several techniques for risk identification include using a checklist, comparison with experience, and decomposition.
- Risk analysis assesses a probability of loss and impact of identified risk. Several techniques for risk analysis include using performance model, cost model, network analysis, statistic decision analysis, and quality factor analysis.
- Risk prioritization manages a priority of risk importance. The techniques for risk prioritization include risk-exposure analysis, and risk impact analysis.

2) Risk control involves risk management planning, risk resolution, risk monitoring:

- Risk management planning prepares a process and document to address risk items. Several techniques for risk management planning include checklists of risk-resolution techniques, cost-benefit analysis, and standard of risk management planning.
- Risk resolution builds a situation in which risks are eliminated or resolved. Several techniques for risk resolution include prototype, simulation, and benchmark comparison.
- Risk monitoring tracks a progress of project's resolving and assessing risk resolution. Several techniques for risk monitoring include milestone tracking for each weekly or monthly.

3.2. Risk of functional modeling defined from object behavior and their interaction

After requirements are gathered from related stakeholders, they are taken to design the functionalities of the system which may be defined by using UML use case diagram and its description. In object-oriented methodology, use case is a driver to construct a structural model may be represented as a class diagram. To accomplish a single scenario of a use case, a sequence diagram is usually created to illustrate the interaction among objects instantiated from a class diagram. A state machine can be used to show all the possible status or behavior of a state-dependent class defined in a class diagram.

A simple ATM system adapted from [2] as shown in figure 1 provides two services to customer. One is validate PIN whether a customer enters a correct PIN number. Another is transaction execution which may provide deposit, balance inquiry and withdrawal process. To satisfy both responsibilities, the collaboration of the necessary classes in a business context level is designed as shown in figure 2. The scenario of the PIN validation use case in case of a customer enters a correct PIN number is shown in figure 3. The ATMControl class, a state-dependent class, plays a major role in coordinating among other classes to serve this

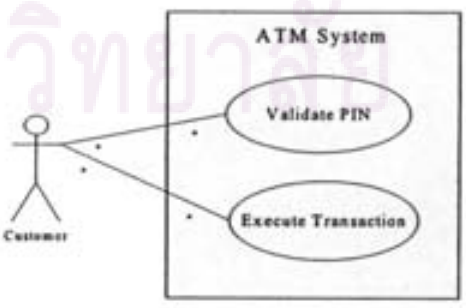


Figure 1. Use Case of simple ATM system

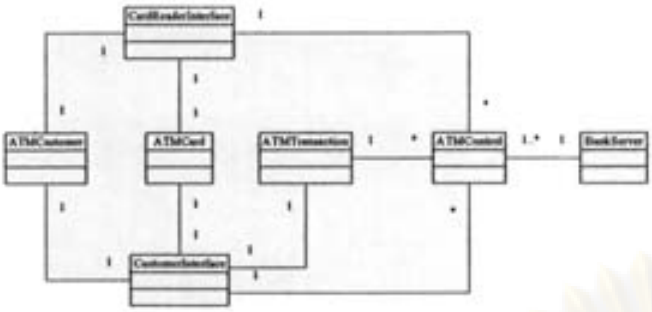


Figure 2. Class diagram of Validate PIN process

scenario. All the possible status of ATMControl class is defined using state machine diagram as shown in figure 4. This state machine consists of five states: Idle, Waiting, Validating PIN, Confiscate Card, and Waiting for Customer Choice. The changing state of an ATMControl class depends on the sending message triggered by other objects declared in a sequence diagram. Initially, an ATMControl is in an Idle state. If a card is inserted into an ATM machine, an ATMControl will change state to a Waiting state for waiting PIN. When the user enters a PIN number, an ATMControl will change from a Waiting state to a Validating PIN state in order to check the correctness of PIN. Finally, if it is correct, a Validating PIN state will change to a Waiting for Customer Choice state in order that a customer will select transaction choices. If it is incorrect, a Validating PIN state will change to a Waiting state for waiting PIN again. If the user enters incorrect PIN exceed three times, the machine will confiscate card and change to an Idle state.

After Analyzing the ATMControl state machine, three execution paths are defined. 1) a normal scenario with the execution of entering a valid PIN. 2) an exceptional scenario with the execution of entering invalid PIN not exceed three times. 3) an exceptional scenario with the execution of entering invalid PIN exceed three times and a card is confiscated.

3.3. Using test cases for computing risk of state machine diagram

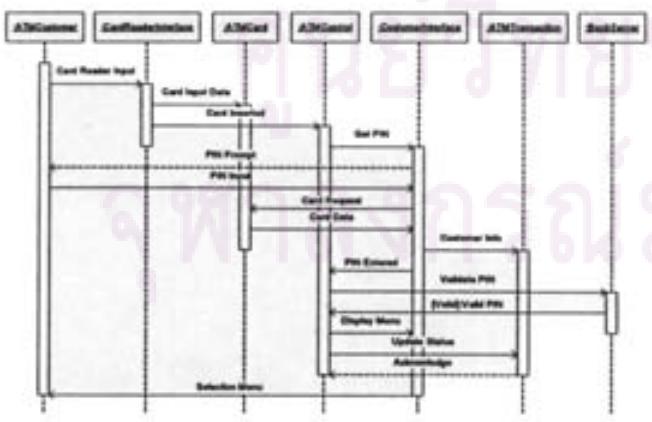


Figure 3. The sequence diagram of PIN validation scenario

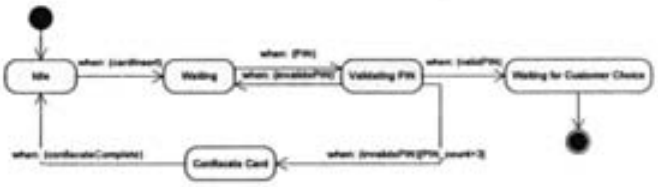


Figure 4 A state machine of ATMControl object

From the previous section, an interaction among objects can be represented using sequence diagram while a statedependent object behavior can be represented using a state machine. A changing state of a state-dependent object depend mainly on two factors: triggering event and guard condition on a transition. Both are appropriate for considering a complexity of an object behavior because triggering event and guard condition have effect to state changing. According to [4], they proposed four coverage criterions for test cases generation: transition coverage, full predicate coverage, transition-pair coverage, and complete sequence. For our research, we are interested in only generating test cases with full predicate criteria because it covers a triggering event and guard condition component, which are essential factors of each transition to be tested for both true and false case. The full predicate coverage criterion requires that each clause in each predicate on each transition is tested independently. The predicate and clauses is defined [4] as

- A Boolean expression is an expression whose value can be either True of False.
- A clause is a Boolean expression that contains no Boolean operators.
- A predicate is a Boolean expression that is composed of clauses and zero or more Boolean operators.

Two essential factors, a triggering event and a guard condition, are used to generate test cases. The triggering event, both the before-values and after-values, should be separately tested. If X represents a before-value and X' represents a after-value, the triggering event is expanded as

- $@T(X) \equiv \neg X \wedge X'$
- $@T(X \wedge Y) \equiv \neg(X \wedge Y) \wedge (X' \wedge Y')$
  $\equiv (\neg X \vee \neg Y) \wedge X' \wedge Y'$
- $@T(X \vee Y) \equiv \neg(X \vee Y) \wedge (X' \vee Y')$
  $\equiv \neg X \vee \neg Y \wedge (X' \vee Y')$
- $@F(X) \equiv X \wedge \neg X'$
- $@F(X \wedge Y) \equiv (X \wedge Y) \wedge \neg(X' \wedge Y')$
  $\equiv X \wedge Y \wedge (\neg X' \wedge \neg Y')$
- $@F(X \vee Y) \equiv (X \vee Y) \wedge \neg(X' \vee Y')$
  $\equiv X \vee Y \wedge (\neg X' \wedge \neg Y')$

Where $@T(X)$ represents value X, which must changes from false to true, and $@F(X)$ represents value X, which must changes from true to false.

After expansion of the triggering event, each clause of expanded triggering event and guard condition predicate are tested independently.

From an ATM example, an execution of entering an invalid PIN exceed three times and card confiscated path of

a state machine is defined in a transition table as shown in table 1. Each row in the table specifies a conditioned event that activates a transition from the node on the left (previous node) to the node on the right (new node). Next, we expand each conditioned event into an expression of before-value and after-value as shown in table 2. Each row in the table is represented by predicate identifier. For example, the fourth transition, P4, is used to illustrate the test case derivation based on a full predicate coverage criterion where validate PIN exceed 3 times then card is confiscated. The four test cases for transition P4 is shown in table 3.

The number of the test cases generated from each transition shows a complexity of predicate of a triggering event and guard condition on that transition. If a predicate has many clauses and complexity then it also obtains many test cases. Thus, a number of the test cases have an effect on an object behavior.

4. An approach for risk assessment of object behavior

In this section, we describe an approach for risk assessment in a fine-grain level, object behavior and objects' interaction. The process of this approach initiates from analyzing requirements into functional model as shown in section 3.2. The functional model is realized using UML use case diagram and description into class diagram. Then, it is realized into one or more independent scenarios modeled using sequence diagrams which represent behaviors of objects' interaction. Some objects in the class diagram are state-dependent classes which can be represented object behavior using state machine. In section 4.1, we describe overview of risk assessment approach. Next, the section 4.2, we discuss risk identification process from sequence diagram and state machine, and section 4.3 discusses scenario risk analysis.

4.1. Overview of risk assessment approach

The risk assessment approach is composed of three main parts as shown in figure 5. The three parts are required inputs, risk assessment process and prioritization risk output.

1) Required inputs are software architecture includes functional, structural and behavioral modeling. In our approach, software modeling is modeled using UML use case, class, sequence and state machine diagram. The other is the severity of each risk factor identified by domain expert who has deep knowledge in a concern domain.

2) Risk assessment process is composed of three main steps: risk identification, risk analysis and risk prioritization.

- Risk identification is a process to identify risk of object behavior and objects' interaction from state machine and sequence diagram respectively. The result of this process is a list of possible risk factor.
- Risk analysis is a process to assess the probability of each risk factor that identify in the previous step. First, we analyze the object behavior and objects' interaction by using the number of test cases generated from each transition in a state machine and the coupling of messages sent among objects in a sequence diagram respectively. Both are analyzed with severity level that has an impact with the system. Second, we use analytical modeling approach form [9] to analyze scenario risk. Software execution behavior model is used to show a probability of control transfer between objects in software behavior. Then, this model is adjusted into the scenario risk model that also uses to show a probability of control transfer between objects and failure.
- Risk prioritization is a process to ranks risk of each scenario according to its exposure. From our approach, we can rank the risk factors in each scenario, which may have different of severity levels. After that, we compute risks from each function and rank them to finally deliver a risk caused from each software function.

3) Output is a risk of each function. It will be used to analyze, manage and control risks.

Table 1. Transition table of confiscated card scenario in state machine

Previous mode	cardInsert	PIN	invalidPIN	PIN_count>3	confiscateComplete	New mode
Idle	@T	-	-	-	-	Waiting
Waiting	-	@T	-	-	-	Validate PIN
Validate PIN	-	-	@T	-	-	Waiting
Validate PIN	-	-	@T	t	-	Confiscate Card
Confiscate Card	-	-	-	-	@T	Idle

Table 2. An expanded expression table of condition event

Predicate Id	Prestate	expression	Post-state
P1	Idle	$\neg cardInsert \wedge cardInsert'$	Waiting
P2	Waiting	$\neg PIN \wedge PIN'$	Validate PIN
P3	Validate PIN	$\neg invalidPIN \wedge invalidPIN'$	Waiting
P4	Validate PIN	$\neg invalidPIN \wedge invalidPIN' \wedge (PIN_count > 3)$	Confiscate Card
P5	Confiscate Card	$\neg confiscateComplete \wedge confiscateComplete'$	Idle

Table 3. Generated test cases of predicate id: 4 (P4)

Predicate Id	Pre-state	*invalidPIN*	*PIN_count* > 3	*invalidPIN'*	Post-state
P4-1	Validate PIN	F	t	T	Confiscate Card
P4-2	Validate PIN	T	t	T	Validate PIN
P4-3	Validate PIN	F	f	T	Validate PIN
P4-4	Validate PIN	F	t	F	Validate PIN

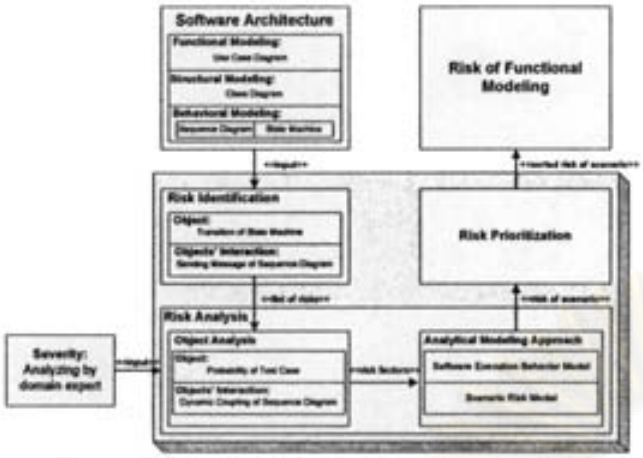


Figure 5. Overview of risk assessment approach

4.2. Identifying risk

A process of risk assessment starts from an iteration of each scenario of a single function and finishes when all scenarios are assessed. For each scenario, object risk factors are considered from severity level and an object behavior, determined as two parts of risk identification. First, we identify risk factors of an object by considering a condition on a transition of state machine as described in section 4.2.1. Second, we identify risk factors of objects' interaction by considering number of objects and messages sent among objects from sequence diagram. Then, the dynamic coupling of object interaction is computed as described in section 4.2.2. The severity level of each risk factor is discussed in section 4.2.3.

4.2.1. Identifying risk factor of an object behavior from the state machine diagram

The risk factor rf_i^x of an object i in scenario x is defined as

$$rf_i^x = NProb_i^x \cdot svt_i^x$$

Where $NProb_i^x (0 \le NProb_i^x \le 1)$ is a normalized probability of unsatisfactory execution path of an object and svt_i^x $(0 \le svt_i^x \le 1)$ is a severity level of object i in scenario x.

Normalized probability of unsatisfactory execution path of an object is considered from a number of test cases generated from a condition on each transition of a state machine.

In the same criterion, the number of test cases generated from a condition on each transition may be not equal, that depends on a number of clauses and complexity of condition on transition. Test cases generation earned from section 3.3 are used to compute the probability of satisfactory outcome of changing state from state p to q, $Prob(SO_{pq})$ is defined as

$$Prob(SO_{pq}) = \frac{|TrueTestCases_{pq}|}{|TotalTestCases_{pq}|}$$

Where $TrueTestCases_{pq}$ is a set of test cases generated from transition between state p and q, and their expected output is satisfied, and $TotalTestCases_{pq}$ is a set of all test cases generated from transition between state p and q.

From example, table 3 shows generated test cases from Predicate Id: P4. The expected output for the test specification is derived from the triggering event, the post state and any terms or variables that are defined as a result of the transition. Only predicate P4-1 can be changed from Validating PIN state to Confiscate Card state while other predicates remain in the same state since clauses of triggering event and guard condition do not comply with the condition of changing status. Thus, the probability of satisfactory outcome of this transition is 1/4 = 0.25.

Each transition in a state machine is already computed the probability of satisfactory outcome, and then we can compute the probability of satisfactory path $Prob(SO_{initial\ -final})$ in each execution path within a state machine. Thus,

$$Prob(SO_{initial\ -final}) = Prob(SO_{p_1 \cdot p_2}) \times Prob(SO_{p_2 \cdot p_3}) \times \ldots \times Prob(SO_{p_{n-1} \cdot p_n})$$

A probability of unsatisfactory path of state machine $Prob(UO_{initial\ -final})$ can be computed as

$$Prob(UO_{initial\ -final}) = 1 - Prob(SO_{initial\ -final})$$

Next, all execution paths are computed to gain an average value of all probability of unsatisfactory path of state machine as shown in table 4. Then, normalized probability $NProb_i^x$ of an object i in scenario x is obtained by normalizing the average probability with respect to the sum of average probability of all objects in scenario x.

4.2.2. Identifying risk factor of objects' interaction from a sequence diagram

This part, we apply [3] and [9] to compute the risk exposure of each factor caused from objects' interaction. The risk factor rf_{ij}^x of objects' interaction between object i and j in the scenario x is defined as

$$rf_{ij}^x = NDC_{ij}^x \cdot svt_{ij}^x$$

Where NDC_{ij}^x $(0 \le NDC_{ij}^x \le 1)$ is a normalized dynamic coupling and svt_{ij}^x $(0 \le svt_{ij}^x \le 1)$ is a severity level for objects' interaction between object i and j in scenario x.

Normalized dynamic coupling of an objects' interaction is considered from a number of an objects and messages in the sequence diagram. Then, it can be shown in table 5. That rows and columns represents objects and a value in a single

Table 4. Average probability of unsatisfactory outcome in ATMControl

Scenario	$Prob(UO_{initial\ -final})$	Average of $Prob(UO_{initial\ -final})$
1	0.96297	0.980456
2	0.98766	
3	0.99074	

cell represents coupling between objects in that row and column. The row index indicates the sending message object and the column index indicates the receiving message object. Table 5 shows an example of a dynamic coupling value between object CRI (row 2) and object ATMCa (column 3) is 0.0625.

Normalized dynamic coupling NDC_{ij}^{x} of objects' interaction between object i and j in scenario x is defined as a ratio of the number of messages sent from i to j and total number of messages in scenario x.

$$NDC_{ij}^{x} = \frac{\left|M_{ij}^{x}\right|_{i,j\in S,\, j\neq i}}{\left|M^{x}\right|}$$

Where M_{ij}^{x} is a set of messages which sent from object i to object j in the scenario x, and M^{x} is a set of all messages which interact in scenario x.

4.2.3. Severity level

In our research, we consider the severity level associated with each object and their interaction based on how their failures affect the entire system. This level of severity will be estimated based on experience of domain experts. In the hazard analysis based on FMEA, the severity level is divided to four levels [13] and an assigned value to represent the impact of each level [9]:

- Minor level (0.25): A failure is not serious. It may cause a delay of schedule of maintenance or repair.
- Marginal level (0.50): A failure is little serious. It may cause a few injuries, a few system damage or delay, or productivity has a few losses.
- Critical level (0.75): A failure may cause major injuries, major system damage, or many losses.
- Catastrophic level (0.95): A failure may cause death or total system damage.

However, the assigned value for each severity level may be adjusted or changed appropriately by the domain expert view.

The table 6 and table 7 show an assigning severity level of objects and objects' interaction of scenario x respectively.

4.3. Analyzing risks at scenario level

After we obtained risk factors of the objects and their interactions, then we use analytical modeling approach [3], [9] and [12] to analyze risk factors of each scenario based on state modeling. Thus, the scenario risk model is composed of two steps. First step, we build control flow graph that describes software execution behavior as shown in section 4.3.1. Second step, we adjust the control flow graph that are used to analyze risk factors of object and their interaction as described in section 4.3.2

Table 6. Risk factor of an ATMCo Object

Object	$NProb_i^x$	Severity Level	Risk Factors
ATMCo	1	0.75	0.75

Table 7. Risk factors of an object's interaction

Interaction	Complexity	Severity Level	Risk Factors
ATMCu-CRI	0.0625	0.25	0.015625
ATMCu-CI	0.0625	0.25	0.015625
CRI-ATMCa	0.0625	0.25	0.015625
CRI-ATMCo	0.0625	0.25	0.015625
ATMCa-CI	0.0625	0.25	0.015625
ATMCo-CI	0.1250	0.75	0.093750
ATMCo-ATMT	0.0625	0.75	0.046875
ATMCo-BS	0.0625	0.75	0.046875
CI-ATMCu	0.1250	0.50	0.062500
CI-ATMCa	0.0625	0.50	0.031250
CI-ATMCo	0.0625	0.50	0.031250
CI-ATMT	0.0625	0.50	0.031250
ATMT-ATMCo	0.0625	0.25	0.015625
BS-ATMCo	0.0625	0.50	0.031250

4.3.1. Modeling software execution behavior

In modeling software execution behavior, we use control flow graph to show a behavior and an interaction of software execution. We assume that a control flow graph has a single beginning node (S) and a single termination node (T). Nodes in control flow graph are defined active objects, and edges are represented data control transfer between objects. The Markov chain is used to described this control flow graph to model software execution behavior for scenario x. A transition probability matrix $P^{x} = \left[p_{ij}^{x}\right]$ is used to represent a conditional probability of data control transfer between objects in the control flow graph that after object i is executed then an object j will next execute. The transition probability p_{ij}^{x} is defined as

$$p_{ij}^{x} = \frac{n_{ij}^{x}}{n_{i}^{x}}$$

Where n_{ij}^{x} is the number of messages are transmitted from object i to j, and n_{i}^{x} is the number of messages are transmitted from object i to all other objects that is in scenario x. Figure 6 shows an example of the control flow graph of software execution behavior which analyze from a sequence diagram of PIN validation. Then transition probability matrix for this graph is

Table 5. A Coupling value of an object's interaction

Destination / Source	ATMCu	CRI	ATMCa	ATMCo	CI	ATMT	BS
ATMCu	0	0.0625	0	0	0.0625	0	0
CRI	0	0	0.0625	0.0625	0	0	0
ATMCa	0	0	0	0	0.0625	0	0
ATMCo	0	0	0	0	0.1250	0.0625	0.0625
CI	0.1250	0	0.0625	0.0625	0	0.0625	0
ATMT	0	0	0	0.0625	0	0	0
BS	0	0	0	0.0625	0	0	0

$$P^s = \begin{array}{c} \\ S \\ ATMCu \\ CRI \\ ATMCa \\ ATMCo \\ CI \\ ATMT \\ BS \\ T \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccccc} S & ATMCu & CRI & ATMCa & ATMCo & CI & ATMT & BS & T \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3333 & 0.3333 & 0 & 0 & 0 & 0.3333 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3333 & 0.3333 & 0.3333 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0.25 & 0.25 & 0 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

4.3.2. Building scenario risk model

After modeling software execution behavior, we consider the risk factors of objects and objects' interaction. In building scenario risk model stage, the failure nodes are added into software execution behavior model and the edges are created from any nodes to failure nodes in order to represent the probability of occurrence of a failure. In the example as shown in figure 7, the four severities of failure are added to node: F(minor), F(marginal), F(critical) and F(catastrophic). Using the transformed Morkov chain, our scenario risk model example has (n+1) transient nodes, n object node and a starting node S, and (m+1) absorbing nodes, m failure node and a terminating node T.

Each transition of scenario risk model is used to compute a probability in the transition probability matrix $\overline{P^s}$ which is modified from P^s. An original transition probability p_{ij}^s is modified into $\overline{p_{ij}^s}$, which it is defined as $\overline{p_{ij}^s} = (1 - rf_i^s) \cdot p_{ij}^s \cdot (1 - rf_{ij}^s)$.

Where $\overline{p_{ij}^s}$ represents the case when an object i does not fail, then the control is transferred to the object j, and the interaction between i and j does not fail.

Next, the link from object node i to failure node can compute transition probability from risk factor of the object i, and risk factors between the object i and all associated object. Such as, if the object i associate with only an object j then the transition probability from node i to failure node as $rf_i^s + (1 - rf_i^s) \cdot p_{ij}^s \cdot rf_{ij}^s$. The transition probability matrix of scenario risk model, $\overline{P^s}$ is defined that

$$\overline{P^s} = \begin{bmatrix} Q^s & C^s \\ 0 & I \end{bmatrix}$$

Where Q^s is a (n+1) by (n+1) matrix which shows the probabilities of transition among transient node, C^s is a (n+1) by (m+1) matrix which shows the probabilities of transition from transient node to absorbing node, I is a (m+1) by (m+1) identify matrix, and 0 is a (m+1) by (n+1) zero matrix

For example Q^s is shown as

$$Q^s = \begin{array}{c} \\ S \\ ATMCu \\ CRI \\ ATMCa \\ ATMCo \\ CI \\ ATMT \\ BS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} S & ATMCu & CRI & ATMCa & ATMCo & CI & ATMT & BS \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.49220 & 0 & 0 & 0.49220 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.32812 & 0.32812 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.98438 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.07551 & 0.07943 & 0.07943 \\ 0 & 0.23439 & 0 & 0.24219 & 0.24219 & 0 & 0.24219 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.98438 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.96875 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

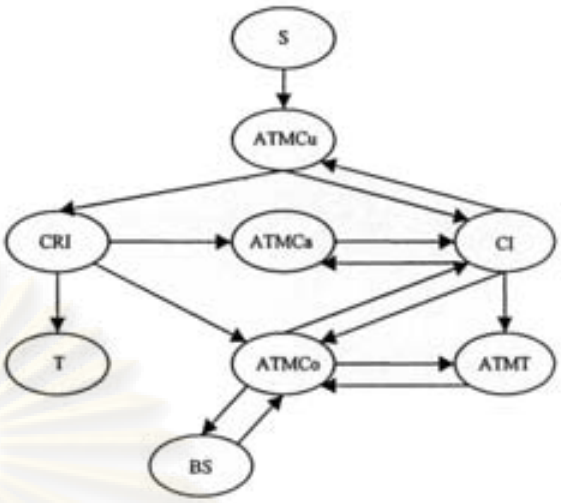


Figure 6. Software execution behavior model of PIN validation

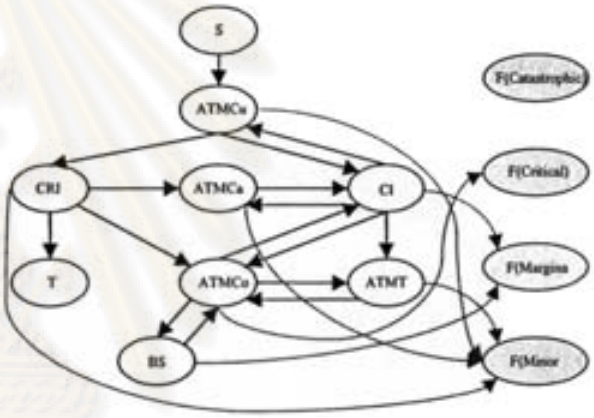


Figure 7. Scenario risk model of PIN validation

And C^s as

$$C^s = \begin{array}{c} \\ S \\ ATMCu \\ CRI \\ ATMCa \\ ATMCo \\ CI \\ ATMT \\ BS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} T & F(minor) & F(marginal) & F(critical) & F(Catas.) \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01563 & 0 & 0 & 0 \\ 0.33333 & 0.01042 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01563 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.76562 & 0 \\ 0 & 0 & 0.03906 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01563 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.03125 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

When Q^s and C^s are already obtained, then we can construct the $\overline{P^s}$ which show transition probability of all objects in scenario risk model. Next, the matrix A^s is defined in order to represent a probability that starting with a transient node into an absorbing node. It is defined as

$$A^s = (I - Q^s)^{-1} C^s$$

An example, the matrix A^s is shown as

$$A^s = \begin{array}{c} \\ S \\ ATMCu \\ CRI \\ ATMCa \\ ATMCo \\ CI \\ ATMT \\ BS \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} T & F(minor) & F(marginal) & F(critical) & F(Catas.) \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.20956 & 0.03983 & 0.04849 & 0.70318 & 0 \\ 0.20956 & 0.03983 & 0.04849 & 0.70218 & 0 \\ 0.35741 & 0.02467 & 0.02638 & 0.59155 & 0 \\ 0.06728 & 0.03976 & 0.07101 & 0.82201 & 0 \\ 0.00611 & 0.00366 & 0.00939 & 0.98084 & 0 \\ 0.06835 & 0.02451 & 0.07213 & 0.835054 & 0 \\ 0.00601 & 0.01923 & 0.00924 & 0.96552 & 0 \\ 0.00592 & 0.00355 & 0.04034 & 0.95018 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

From the matrix A^s, it represents a probability that starts from any nodes and ends with node T which means that the scenario is complete, or starts with any node and end with failure node which presents a probability of risks in each severity level. In example, the probability of risks in PIN validation process obtains from a matrix A^s which starts from node S and ends with all from failure nodes as shown in table 8. The risk factor of this scenario is equal to 0.79150 which mainly comes from critical failure level (0.70318). Whereas, matrix C^s can identify the object which is the major causes of risks in critical level. Also, this matrix can identify a probability of risks which may occur at each object. In matrix C^s, if we consider risks based on severity level and probability, the ATMCo is the first object which should be concerned to control risks because it has the highest probability (0.76562) in a critical severity level. Next we should consider CI, and BS object since both objects contain risk in a marginal level with the probability 0.03906 and 0.03125 respectively. The rest objects are in a minor level.

In a similar way, we can develop scenario risk model of all scenarios in all functions from use case diagram. The results are ranked according to risk scenario of each function. From our example, there is only one scenario so this step is ignored. Then, the obtained result is used to manage and control risk.

Table 8. Scenario risk factor

Failure	Validate PIN Process
Minor	0.03983
Marginal	0.04849
Critical	0.70318
Catastrophic	0
Scenario risk factor	0.79150

In our result, class ATMCo has a high risk with the probability 0.76562 in a critical level. Developer should be careful when he/she develops the program on this part. The reason that it has a high risk may be because of its responsibility in coordinating many objects to serve the scenario goal. Thus, we should take into account that the changing status of that object to coordinate between objects is important.

5. Summary and future works

This paper proposed an approach of software risk assessment by expanding the work of [9] during analysis and design phase. The approach consists of three main portions: required inputs, risk assessment process and result of risk assessment. The new idea introduced in this research is the risk assessment based on object behavior represented by a state machine. Test case generation from state machine is used to compute risk and identify risk factors. This framework has many steps of computation to obtain a result. Thus, an automated tool is needed to develop for risk computation. Our future work, we will develop a tool help analyze risk and reduce times of risk computation. Furthermore, we will extend this approach by including goal-oriented modeling in many viewpoints according to organization's goal.

6. References

[1] B.W. Boehm, "Software risk management: principle and practices", *IEEE Software*, vol. 08, no. 1, pp. 32-41, Jan/Feb 1991.

[2] H. Gomaa, "Designing concurrent, districuted, and real-time applications with UML", George Mason University, 2000.

[3] H.H. Ammar, T. Nikzadeh, and J.B. Dugan, "Risk assessment of software system specifications", *IEEE Trans. Reliability*, vol. 50, no. 2, June 2001.

[4] J. Offutt, S. Liu, A. Abdurazik, and P. Ammann, "Generating test data from state-based specifications", *Software Testing Verification and Reliability*, pp. 25-53, 2003.

[5] J. Offutt, Y. Xiong and S. Liu, "Criteria for generating specification based tests", *In Proceedings of the Fifth IEEE Fifth International Conference on Engineering of Complex Computer Systems*, pages 1999-131, October 1999.

[6] J. Kontio, "Software engineering risk management: a method, improvement framework, and empirical evaluation", *Ph.D. Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology, publisher: The Center of Excellence*, Finland, 28th September 2001.

[7] K. Bowornprasirtkul, "Test case generation from a statechart diagram", *The 8th National Computer Science and Engineering Conference*, 2004.

[8] K. El Emam, W. Melo, "The prediction of faulty classes using objectoriented design metrics", *The Journal of Systems and Software*, 1999.

[9] K. Goseva-Popstojanova, A. Hassan, A. Guedem, W. Abdelmoez, D.E.M. Nassar, H. Ammar, and A. Milli, "Architectural-level risk analysis using UML", *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 29, no. 10, October 2003.

[10] L. Simpleman, P. Mcmahon, B. Bahnmaier, K. Evans, and J. Lloyd, "Risk management guide for DOD acquisition", *Department of Defense Acquisition University*, June 2003.

[11] S.H. Houmb, F. den Breder, M. S. Lund and K. Stolen, "Towards a UML Profile for Model-Based Risk Assessment", Proceedings of the UML'02 workshop, 2002.

[12] S.M. Yacoub, and H.H. Ammar, "A methodology for architecturelevel reliability risk analysis", *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28, no. 6, June 2002.

[13] "Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis", *US Mil-Std-1629A*, 28 November 1984.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเอกชัย ตั้งสุขสันต์ เกิดวันที่ 15 เมษายน 2526 ที่จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย