

การตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์  
โดยใช้เทคนิคการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ

นายจิรวัดน์ แสงทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Requirements and Analysis Model Asset Trace of Software Product Lines using  
Information Storage and Retrieval Technique

Mr.Jirawat Sangthong

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 2013

Copyright of Chulalongkorn University



จิรวัดน์ แสงทอง: การตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้เทคนิคการจับเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ (REQUIREMENTS AND ANALYSIS MODEL ASSET TRACE OF SOFTWARE PRODUCT LINES USING INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. นครทิพย์ พร้อมพูล, 112 หน้า.

แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะฟังก์ชัน คลาส ความสัมพันธ์ และลำดับการทำงานของระบบซอฟต์แวร์ การตามรอยส่วนประกอบต่างๆ ดังกล่าวของแบบจำลองทั้งสอง จะช่วยระบุถึงผลกระทบต่อส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการ การนำส่วนประกอบดังกล่าวที่มีอยู่กลับมาใช้ซ้ำกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ที่มีคุณลักษณะและการทำงานที่คล้ายกัน จะช่วยลดระยะเวลาการผลิต ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มคุณภาพให้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ได้เป็นอย่างมาก เทคนิคการตามรอยถือเป็นหนึ่งแนวคิดสำคัญที่สนับสนุนการใช้ซ้ำโดยช่วยระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ของซอฟต์แวร์

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เป็นการออกแบบด้วยยูเอ็มแอลหรือที่เรียกว่าพลัส โดยวิธีการพัฒนาแบบพลัสนั้นสามารถช่วยระบุและอธิบายถึงส่วนทั่วไปและส่วนแปรผันของแบบจำลองทั้งสองที่อยู่ในรูปแบบแผนภาพยูสเคส คำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาส ซีอาร์ซีการ์ด และแผนภาพลำดับ พร้อมทั้งได้นำเทคนิคการจับเก็บและการค้นคืนสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการจับเก็บและการค้นคืนสินทรัพย์แบบจำลองทั้งสอง นอกจากนี้จะใช้วิธีการขยายข้อความเพื่อช่วยให้ผลลัพธ์ดียิ่งขึ้น

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนการจับเก็บสินทรัพย์ ส่วนการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ และส่วนการประเมินประสิทธิผลการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ ผลลัพธ์ของการค้นคืนที่เกี่ยวข้องกับข้อความของผู้ใช้นั้นใช้ในการตามรอยสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน จากผลการทดลองที่ได้ของวิทยานิพนธ์นี้พบว่า การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ผลที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว กล่าวคือ ได้ค่าระลึกับค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกที่เพิ่มขึ้นและยังคงรักษาค่าความแม่นยำไว้ได้ และเมื่อใช้วิธีการขยายข้อความกับทั้งสองวิธีจะทำให้ค่าระลึมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการตามรอยด้วยวิธีการที่นำเสนอนี้ให้ผลที่ถูกต้องเป็นไปตามเซตคำตอบของผู้เชี่ยวชาญ

ภาควิชา ...วิศวกรรมคอมพิวเตอร์... ลายมือชื่อนิสิต.....  
 สาขาวิชา .....วิศวกรรมซอฟต์แวร์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
 ปีการศึกษา .....2556.....

# # 5470143321 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS : TRACEABILITY/ SOFTWARE PRODUCT LINE/ PLUS/ INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL/ QUERY EXPANSION

JIRAWAT SANGTHONG : REQUIREMENTS AND ANALYSIS MODEL ASSET TRACE OF SOFTWARE PRODUCT LINES USING INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL TECHNIQUE. ADVISOR : ASST. PROF. NAKORNTHIP PROMPOON, 112 pp.

Requirements and analysis models are models that can be used to illustrate the features, functions, objects, relationships, and sequence of task of a software system. Traceability among components of both models help developer identify the affected components may result from requirements change. Reusing an existing software components to develop new software with similar functions and features significantly reduce development time and cost and also improve quality of a new system. Traceability is one of the important techniques support the reuse concept, which helps to identify the relationship among software components.

This thesis presents a method to trace the requirements and analysis model assets of product line UML-based software engineering, called PLUS. PLUS development can identify the commonality and variability portions of both models in the form of use case diagrams, use case descriptions, class diagrams, CRC card, and sequence diagrams. This thesis has applied information storage and retrieval techniques to the storage and retrieval of software product line assets. In addition, a query expansion technique was used to improve the retrieval results.

The research phases are composed of three steps: asset storage, asset retrieval and trace, and asset retrieval and traceability effectiveness evaluation. The relevance of software asset to user query is used to trace more relevant component results according the relationship among software components. From our experiment, we discover that retrieval on asset names and description produces a better result than the retrieval on only asset name since it yields a better recall and harmonic mean metric and preserves precision metric. In addition, using query expansion technique can improve the results of both retrieval methods in recall metric evaluation. Moreover, the result of asset traceability from our proposed method correctly conforms to an answer set defined by an expert.

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

Field of Study: Software Engineering..... Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จและครบถ้วนสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์นครทิพย์ พร้อมพูล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาทั้งทางด้านวิชาการและความรู้ต่างๆ รวมไปถึงจนกระทั่งด้านคุณธรรมจริยธรรม ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมั่นไชยศรี และ ดร.เฉลิมศักดิ์ เลิศวงศ์เสถียร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับข้อชี้แนะและแนวทางต่างๆ ที่ช่วยเพิ่มพูนให้งานวิจัยมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำสั่งสอนแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยให้ข้อมูล คำปรึกษา และความช่วยเหลือต่างๆ ในระหว่างการสอบวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างผู้วิจัยเสมอมา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยได้สำเร็จดังที่ปรารถนา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติๆ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป .....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ปัญหาของงานวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.7 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1.1 การจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ.....	6
2.1.2 สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์.....	11
2.1.3 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล .....	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	18
2.2.1 An Automated Mechanism for Organization and Retrieving Core Asset Artifacts for Product Derivation in SPL.....	18
2.2.2 Retrieving Reusable Components with Variation Points from Software Product Lines .....	19
2.2.3 Enhancing Use Case Reusability using Term Similarity Computation .....	20
2.2.4 Use Case Description Storage and Retrieval for Software Product Line .....	21
2.2.5 A Storage and Retrieval of Requirement Model and Analysis Model for Software Product Line.....	22

2.2.6 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ .....	23
บทที่ 3 แนวคิดวิธีวิจัย .....	25
3.1 ขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์.....	26
3.1.1 ส่วนการจัดเก็บแผนภาพและคำอธิบาย .....	27
3.1.2 ส่วนการสร้างดัชนีคำสำคัญ .....	28
3.2 ขั้นตอนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ .....	29
3.2.1 ส่วนประมวลผลข้อคำถามจากผู้ใช้.....	31
3.2.2 ส่วนขยายข้อคำถาม.....	31
3.2.3 ส่วนการค้นคืน.....	31
3.2.4 ส่วนการตามรอย .....	32
3.2.5 ส่วนจัดลำดับและแสดงผลลัพธ์.....	33
3.3 ขั้นตอนการประเมินผลการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ .....	33
3.3.1 การประเมินผลการค้นคืนสินทรัพย์.....	33
3.3.2 การประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์ .....	34
บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	35
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง .....	35
4.2 การทดลอง .....	36
4.2.1 การทดลองการค้นคืนสินทรัพย์.....	36
4.2.2 การทดลองการตามรอยสินทรัพย์ .....	53
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	57
4.3.1 สรุปผลการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ .....	57
4.3.2 สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์.....	59
บทที่ 5 การพัฒนาเครื่องมือ .....	61
5.1 ความต้องการเชิงหน้าที่.....	61
5.2 การออกแบบเครื่องมือ.....	62
5.2.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของเครื่องมือ.....	62
5.2.2 เครื่องมือสนับสนุนที่ใช้ .....	63
5.2.3 แบบจำลองข้อมูล .....	63
5.3 การทำงานและส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน.....	68



5.3.1 ส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์ .....	68
5.3.2 ส่วนการค้ำคืนและการตามรอยสินทรัพย์ .....	69
5.3.3 ส่วนการอัปเดตสินทรัพย์ .....	72
5.4 การทดสอบเครื่องมือที่พัฒนา .....	76
5.4.1 การทดสอบระดับหน่วยย่อย .....	76
5.4.2 การทดสอบระดับรวมหน่วย .....	78
5.4.3 การทดสอบระดับระบบ .....	80
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย .....	84
6.1 สรุปผลการวิจัย .....	84
6.1.1 การจัดเก็บสินทรัพย์ .....	84
6.1.2 การค้ำคืนและการตามรอยสินทรัพย์ .....	84
6.1.3 การทดลองและการประเมินผลการค้ำคืนสินทรัพย์ .....	85
6.1.4 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ .....	85
6.1.5 การสรุปผลการทดลอง .....	86
6.2 ข้อจำกัด .....	87
6.3 งานวิจัยในอนาคต .....	87
6.4 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ .....	88
ภาคผนวก .....	90
ภาคผนวก ก ข้อมูลสินทรัพย์สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้ .....	91
ภาคผนวก ข ข้อคำถามจากหน่วยตัวอย่าง .....	100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	112

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ .....	24
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างไฟล์ดัชนีคำสำคัญที่ประกอบด้วยคำสำคัญและจำนวนที่ปรากฏในเอกสาร .....	29
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์ .....	34
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ .....	37
ตารางที่ 4.2 วิธีการค้นคืนที่ใช้ในการทดลอง .....	38
ตารางที่ 4.3 จำนวนสถานการณ์ย่อยของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น .....	40
ตารางที่ 4.3 จำนวนสถานการณ์ย่อยของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น (ต่อ).....	41
ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างการประเมินผลการทดลอง .....	44
ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินของสถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ ..	45
ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินของสถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีใช้การขยายข้อความ .....	46
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของมาตรวัดทั้ง 3 ของการขยายข้อความระหว่าง การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์กับการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ .....	47
ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีไม่ใช้ การขยายข้อความ .....	48
ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีไม่ใช้ การขยายข้อความ (ต่อ).....	49
ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีใช้ การขยายข้อความ .....	50
ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีใช้ การขยายข้อความ (ต่อ).....	51
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของมาตรวัดทั้ง 3 ของการขยายข้อความระหว่าง การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์กับการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ .....	52
ตารางที่ 4.11 วิธีการทดลองการตามรอยสินทรัพย์.....	53
ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี.....	55
ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี (ต่อ) .....	56
ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี (ต่อ) .....	57
ตารางที่ 4.13 สรุปผลโดยรวมของการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ทั้ง 4 วิธีการ .....	58

ตารางที่ 4.14	สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ของทั้ง 9 วิธี.....	59
ตารางที่ 4.14	สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ของทั้ง 9 วิธี (ต่อ).....	60
ตารางที่ 5.1	อธิบายตารางข้อมูลของระบบ .....	65
ตารางที่ 5.2	โครงสร้างตารางข้อมูล Product .....	65
ตารางที่ 5.3	ตารางข้อมูล Feature.....	65
ตารางที่ 5.4	ตารางข้อมูล Use case.....	66
ตารางที่ 5.5	ตารางข้อมูล Class.....	66
ตารางที่ 5.6	ตารางข้อมูล Sequence.....	67
ตารางที่ 5.7	ตารางข้อมูล Use case relation .....	67
ตารางที่ 5.8	ตารางข้อมูล Class relation .....	67
ตารางที่ 5.9	ตารางข้อมูล Feature and Use case relation.....	67
ตารางที่ 5.10	ตารางข้อมูล Use case and Class relation .....	68
ตารางที่ 5.11	กรณีทดสอบการประมวลผลข้อมูลแผนภาพเอกซ์เอ็มแอล .....	76
ตารางที่ 5.12	กรณีทดสอบการสร้างดัชนีคำสำคัญ .....	77
ตารางที่ 5.13	กรณีทดสอบการขยายข้อความ.....	77
ตารางที่ 5.14	กรณีทดสอบการค้นคืนด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์.....	78
ตารางที่ 5.15	กรณีทดสอบการจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์ .....	78
ตารางที่ 5.15	กรณีทดสอบการจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์(ต่อ) .....	79
ตารางที่ 5.16	กรณีทดสอบการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์.....	79
ตารางที่ 5.16	กรณีทดสอบการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ (ต่อ).....	80
ตารางที่ 5.17	กรณีทดสอบการจัดเก็บสินทรัพย์ .....	80
ตารางที่ 5.17	กรณีทดสอบการจัดเก็บสินทรัพย์ (ต่อ).....	81
ตารางที่ 5.18	กรณีทดสอบการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ของผู้ใช้ .....	81
ตารางที่ 5.19	กรณีทดสอบการสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่.....	82
ตารางที่ 5.20	กรณีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ .....	82
ตารางที่ 5.20	กรณีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ (ต่อ).....	83
ตารางที่ 5.21	กรณีทดสอบการลบสินทรัพย์.....	83
ตารางที่ ก.1	ระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้ .....	91
ตารางที่ ก.2	คุณลักษณะของ Electronic commerce .....	92

ตารางที่ ก.3	ฟังก์ชันของ Electronic commerce .....	92
ตารางที่ ก.4	คลาสของ Electronic commerce.....	93
ตารางที่ ก.5	คุณลักษณะของ Vending system .....	93
ตารางที่ ก.6	ฟังก์ชันของ Vending system .....	94
ตารางที่ ก.7	คลาสของ Vending system.....	94
ตารางที่ ก.7	คลาสของ Vending system (ต่อ).....	95
ตารางที่ ก.8	คุณลักษณะของ Mobile selling online .....	95
ตารางที่ ก.9	ฟังก์ชันของ Mobile selling online.....	95
ตารางที่ ก.9	ฟังก์ชันของ Mobile selling online (ต่อ) .....	96
ตารางที่ ก.10	คลาสของ Mobile selling online .....	96
ตารางที่ ก.11	คุณลักษณะของ Rental application.....	96
ตารางที่ ก.12	ฟังก์ชันของ Rental application .....	97
ตารางที่ ก.13	คลาสของ Rental application .....	97
ตารางที่ ก.13	คลาสของ Rental application (ต่อ).....	98
ตารางที่ ก.14	คุณลักษณะของ Library system.....	98
ตารางที่ ก.15	ฟังก์ชันของ Library system .....	98
ตารางที่ ก.15	ฟังก์ชันของ Library system (ต่อ).....	99
ตารางที่ ก.16	คลาสของ Library system .....	99
ตารางที่ ข.1	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ .....	100
ตารางที่ ข.1	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ (ต่อ) .....	101
ตารางที่ ข.2	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ .....	101
ตารางที่ ข.3	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคลาส .....	102
ตารางที่ ข.4	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์โดยการไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ .....	102
ตารางที่ ข.4	ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์โดยการไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ (ต่อ).....	103
ตารางที่ ข.5	ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ .....	103
ตารางที่ ข.5	ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ (ต่อ).....	104
ตารางที่ ข.5	ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ (ต่อ).....	105
ตารางที่ ข.6	ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลบสินทรัพย์.....	106
ตารางที่ ข.6	ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลบสินทรัพย์ (ต่อ) .....	107

ตารางที่ ข.6 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลอบสังหาร (ต่อ) .....	108
ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสังหาร (ต่อ) .....	108
ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสังหาร (ต่อ) .....	109
ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสังหาร (ต่อ) .....	110
ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสังหาร (ต่อ) .....	111

## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การทำงานของระบบคั่นคืนสารสนเทศทั่วไป [3]	7
รูปที่ 2.2	ขั้นตอนการจัดเก็บสารสนเทศ	7
รูปที่ 2.3	ขั้นตอนการคั่นคืนสารสนเทศ	9
รูปที่ 2.4	การทำวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [1]	12
รูปที่ 2.5	แพคเกจในแผนภาพยูสเคส ซึ่งเป็นตัวแทนของคุณลักษณะ	13
รูปที่ 2.6	ยูสเคสและคำอธิบายยูสเคสของแผนภาพยูสเคส ซึ่งเป็นตัวแทนของฟังก์ชัน	14
รูปที่ 2.7	แผนภาพคลาสและซีอาร์ซีการ์ดของ ซึ่งเป็นตัวแทนของคลาส	15
รูปที่ 2.8	แผนภาพลำดับ ซึ่งเป็นตัวแทนของลำดับการทำงานของคลาส	15
รูปที่ 2.9	สตอร์รีโอไทป์ของแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ [1]	16
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างเอกซ์เอ็มแอลที่แปลงจากแผนภาพยูสเคส	17
รูปที่ 3.1	ภาพรวมของงานวิจัย	25
รูปที่ 3.2	แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์	26
รูปที่ 3.3	แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการคั่นคืนและการตามรอยสินทรัพย์	30
รูปที่ 3.4	สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ เส้นความสัมพันธ์ และเส้นการตาม รอย	32
รูปที่ 3.5	ตัวอย่างผลจากการคั่นคืนคุณลักษณะ “Payment” และการตามรอยสินทรัพย์ที่เกี่ยวข้อง	33
รูปที่ 4.1	แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการทดลอง	42
รูปที่ 5.1	แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือ	61
รูปที่ 5.2	สถาปัตยกรรมของเครื่องมือ	62
รูปที่ 5.3	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของระบบที่พัฒนา	64
รูปที่ 5.4	หน้าจอใส่ข้อมูล ชื่อสินผลิตภัณฑ์ รายละเอียดผลิตภัณฑ์ และแผนภาพของผลิตภัณฑ์	68
รูปที่ 5.5	หน้าจอใส่รายละเอียดสินทรัพย์ ทำดัชนีคำสำคัญ และจัดเก็บสินทรัพย์	69
รูปที่ 5.6	หน้าจอการคั่นคืนสินทรัพย์	70
รูปที่ 5.7	หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ	71
รูปที่ 5.8	หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทฟังก์ชัน	71
รูปที่ 5.9	หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทคลาส	72
รูปที่ 5.10	หน้าจอการเพิ่มหรือลบข้อมูลสินทรัพย์ของส่วนการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	73

รูปที่ 5.11 หน้าจอการเปลี่ยนแปลงรายละเอียด เส้นความสัมพันธ์และลำดับการทำงานสินทรัพย์ ของส่วนการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ .....	73
รูปที่ 5.12 หน้าจอการเพิ่มหรือลบสินทรัพย์ของส่วนการสร้างสินทรัพย์เวอร์ชันใหม่ .....	74
รูปที่ 5.13 หน้าจอการเปลี่ยนแปลงรายละเอียด เส้นความสัมพันธ์และลำดับการทำงานสินทรัพย์ ของส่วนการสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่ .....	74
รูปที่ 5.14 หน้าจอการลบระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ .....	75

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดของงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญ ปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงและมีแนวโน้มในการผลิตซอฟต์แวร์ที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ วงการอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์จึงมีแนวคิดและวิธีการต่างๆ ที่จะมาช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้ทันต่อความต้องการ การนำซอฟต์แวร์ที่มีอยู่กลับมาใช้ใหม่ (Software reuse) เป็นหนึ่งแนวคิดที่ช่วยในเรื่องของการลดค่าใช้จ่าย ลดระยะเวลาการผลิต และเพิ่มคุณภาพให้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ [1]

สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line) เป็นแนวคิดหนึ่งที่เป็น การนำซอฟต์แวร์ที่มีอยู่กลับมาใช้ใหม่ โดยมีการแยกส่วนทั่วไป (Commonality) คือ ส่วนที่มีคุณลักษณะการทำงานร่วมกัน และส่วนแปรผัน (Variability) คือ ส่วนที่มีความเป็นเฉพาะหรือแตกต่างกัน ในกลุ่มของซอฟต์แวร์ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์โดเมน (Domain analysis) [1] โดย Klaus Pohl และคณะ [2] ให้คำจำกัดความของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ว่าเป็นแบบรูป (Pattern) ของการพัฒนาซอฟต์แวร์จากการใช้รูปแบบที่มีอยู่ ในการสร้างสิ่งของที่ตรงกับความต้องการเฉพาะให้กับลูกค้า

การออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์สามารถใช้วิธีการออกแบบด้วยยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language: UML) ซึ่งช่วยในการสร้างและการทำความเข้าใจกับส่วนทั่วไปและส่วนแปรผันได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการออกแบบยูเอ็มแอลเรียกว่า การออกแบบวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ด้วยยูเอ็มแอลหรือพลัส (Product Line UML-Based Software Engineering: PLUS) [1]



จากแนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ข้างต้นและปัญหาที่ว่า จะสามารถนำเอาคุณลักษณะ (Features) ฟังก์ชันงาน (Functions) คลาส (Classes) และความสัมพันธ์ (Relationships) ของส่วนประกอบต่างๆ ของซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ที่มีคุณลักษณะ และการทำงานคล้ายกับระบบเดิมให้ได้มากที่สุดได้อย่างไร งานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการตามรอย (Traceability technique) มาสนับสนุนการนำซอฟต์แวร์ที่มีอยู่กลับมาใช้ใหม่ การตามรอยจะช่วยระบุถึงคุณลักษณะ ฟังก์ชัน คลาส และส่วนประกอบต่างๆ ดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้เทคนิคการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ (Information storage and retrieval technique) มาช่วยในการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการ (Requirements model assets) และสินทรัพย์แบบจำลองการวิเคราะห์ (Analysis model assets) ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งเป็นสินทรัพย์หลักของงานวิจัยนี้

สำหรับขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วยสามส่วนหลักๆ ส่วนแรกเป็นการจัดเก็บสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยมีแผนภาพยูสเคส (Use case diagram) ที่ประกอบด้วยคุณลักษณะ (Features) และยูสเคส (Use cases) แผนภาพคลาส (Class diagram) แผนภาพลำดับ (Sequence diagram) คำอธิบายยูสเคส (Use case description) ซีอาร์ซีการ์ด (CRC Card) เป็นสินทรัพย์ของแบบจำลองทั้งสอง ส่วนที่สองเป็นการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ โดยการให้ผู้ใช้ใส่ข้อความ (Queries) สำหรับใช้ในการค้นคืนสินทรัพย์ที่ผู้ใช้ต้องการ และจึงนำผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนไปตามรอยสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันต่อไป แล้วส่วนสุดท้ายคือส่วนการประเมินผล ซึ่งเป็นส่วนประเมินประสิทธิผลของการค้นคืน โดยใช้ค่าระลึก (Recall) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก (Harmonic mean) เป็นมาตรวัดในการประเมินผล

## 1.2 ปัญหาของงานวิจัย

- 1) จะสามารถจัดเก็บสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ได้อย่างไรให้มีประสิทธิภาพและเอื้อประโยชน์ต่อการนำไปใช้
- 2) จะสามารถค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างไร

### 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อจัดเก็บสัทศัพท์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้แผนภาพยูสเคสที่ประกอบด้วยคุณลักษณะและยูสเคส แผนภาพคลาส คำอธิบายยูสเคส ซีอาร์ซีการ์ด และแผนภาพลำดับ เป็นตัวแทนของสัทศัพท์ทั้งสอง

2) เพื่อค้นคืนและตามรอยสัทศัพท์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยแสดงผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้

3) เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สนับสนุนการจัดเก็บ การค้นคืนสัทศัพท์ และการตามรอยสัทศัพท์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1) การจัดเก็บสัทศัพท์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ จะอยู่ในรูปแบบของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ยูเอ็มแอลในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส คำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาส ซีอาร์ซีการ์ด และแผนภาพลำดับ

2) ข้อมูลนำเข้าของระบบ มีการรับข้อมูลได้ 2 แบบ ดังนี้

2.1) รับข้อมูลนำเข้าที่เป็นแผนภาพ ซึ่งข้อมูลจะต้องอยู่ในรูปแบบไฟล์เอกซ์เอ็มแอล (XML files) ซึ่งได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาสและแผนภาพลำดับ

2.2) รับข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อความ ซึ่งได้แก่ คำอธิบายคุณลักษณะ คำอธิบายยูสเคส และ ซีอาร์ซีการ์ด

3) การจัดเก็บแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ข้อมูลทั้งหมดที่จัดเก็บต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น

4) ใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ (Vector space model) ในการคำนวณค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ระหว่างข้อความกับสัทศัพท์ที่จัดเก็บ

5) การค้นคืนจะแสดงเป็นคุณลักษณะ ฟังก์ชันและคลาส ที่สอดคล้องกับข้อความ

6) การประเมินผลจะใช้มาตรวัด 3 มาตรวัด ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก

7) มีการสร้างเวอร์ชัน (Version) ใหม่ ในกรณีที่มีการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลสินทรัพย์ในระบบ

### 1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย

1) ได้ระบบการจัดเก็บสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ที่อยู่ในรูปแบบของคุณลักษณะ ฟังก์ชันงาน คลาส ลำดับการทำงาน และความสัมพันธ์

2) ได้ระบบการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยจัดเรียงลำดับผลลัพธ์และสามารถตามรอยสินทรัพย์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้

3) ได้แนวทางสำหรับนำไปสร้างหรือปรับใช้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ในส่วนของแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

### 1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาและทำความเข้าใจ ความรู้ หลักการที่เกี่ยวข้องกับสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ การจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ และการตามรอย

2) ศึกษาและวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ต้องพิจารณาในการสร้างระบบจัดเก็บ ค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

3) ศึกษาทฤษฎี งานวิจัย และความเป็นไปได้ ในการพัฒนาระบบจัดเก็บ ค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

4) ออกแบบภาพรวมของระบบ โดยดูลักษณะข้อมูลนำเข้าที่สามารถเข้ามาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการจัดเก็บ ค้นคืน และตามรอย

5) เลือกเครื่องมือและวิธีการต่างๆ สำหรับพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้

6) ทำการประเมินผลลัพธ์การค้นคืนที่ได้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและสนับสนุนงานวิจัย

7) จัดทำบทความวิชาการ และเผยแพร่บทความวิชาการ

8) สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ งานวิจัยในอนาคต และจัดทำรูปเล่มโครงการ

### 1.7 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บทคือ บทที่ 1 เป็นบทนำ ซึ่งเป็นบทที่กำลังกล่าวถึงอยู่ในขณะนี้ บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 เป็นบทที่อธิบายถึงขั้นตอนแนวความคิดการตามรอยสินทรัพย์ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการจัดเก็บสินทรัพย์ กระบวนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ และกระบวนการประเมินผลการค้นคืนสินทรัพย์ บทที่ 4 เป็นบทที่อธิบายการทดลองและผลการทดลองของแนวคิดที่นำเสนอ รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง บทที่ 5 เป็นบทที่อธิบายการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือตามแนวคิดที่นำเสนอ และบทที่ 6 เป็นบทสุดท้ายซึ่งจะเป็นบทสรุปและข้อจำกัดของงานวิจัย รวมทั้งงานวิจัยในอนาคต และบทความวิชาการที่ตีพิมพ์

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

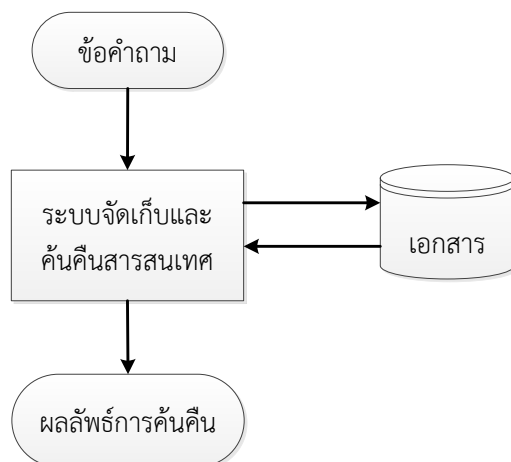
ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยฉบับนี้ ภายในจะประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง และส่วนที่สองเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะแสดงรายละเอียดของทั้งสองส่วนได้ดังนี้

#### 2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้อธิบายเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ทฤษฎี และหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งหมดด้วยกัน 3 ส่วนย่อยๆ คือ ส่วนการจัดเก็บและค้นคืนสารสนเทศ ส่วนสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ และส่วนภาษาเอกซ์เอ็มแอล (XML Language) จุดประสงค์ของการศึกษาทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำแนวคิดและวิธีการต่างๆ ไปปรับใช้ในงานวิจัย โดยจะแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

##### 2.1.1 การจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ

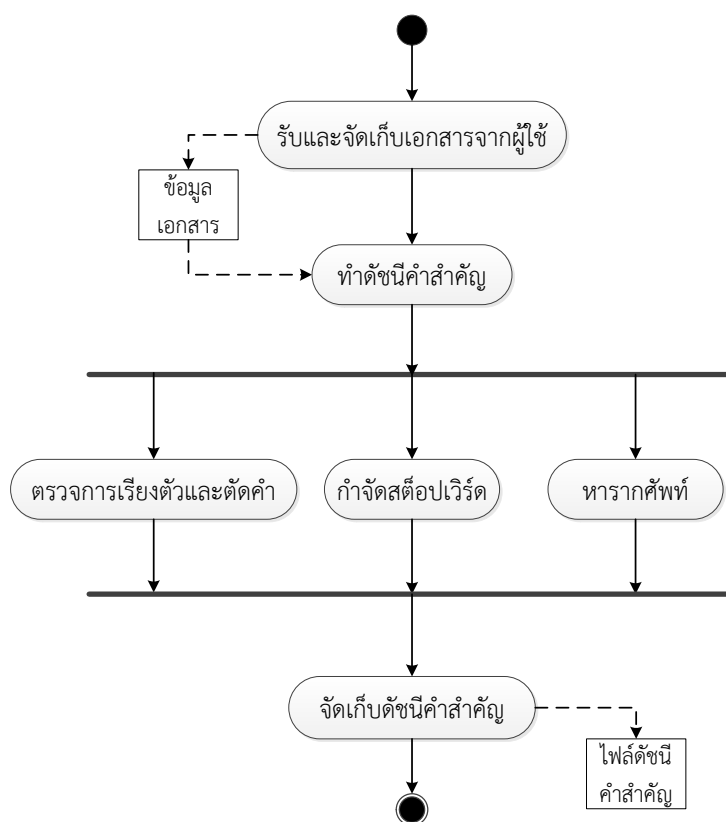
การจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ เป็นเทคโนโลยีที่ว่าด้วยเรื่องของการจัดเก็บ การค้นคืน และการนำเสนอผลลัพธ์ ที่ตรงกับข้อความที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาให้ได้มากที่สุด [4] กระบวนการของการค้นคืนสารสนเทศเริ่มจากผู้ใส่ข้อความเข้าสู่ระบบ ซึ่งข้อความก็คือความต้องการของผู้ใช้ เมื่อระบบรับข้อความที่ได้จากผู้ใช้มาแล้ว ก็จะทำการค้นคืนสารสนเทศโดยการเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึง (Similarity) ระหว่างข้อความกับดัชนีค่าสำคัญ ซึ่งเป็นตัวแทนของเอกสาร (Document representation) ที่ถูกจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลของระบบ แล้วจึงแสดงผลเป็นเอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความ (Relevant document) ที่จัดลำดับ (Ranking) ตามค่าความคล้ายคลึง โดยเอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความมากจะถูกจัดให้อยู่ในอันดับต้นๆ ของผลลัพธ์ เอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความน้อยจะถูกจัดให้อยู่ในอันดับท้ายๆ ของผลลัพธ์ [3] ซึ่งจะแสดงการทำงานของระบบค้นคืนสารสนเทศ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบค้นคืนสารสนเทศทั่วไป [3]

กระบวนการทำงานของระบบค้นคืนสารสนเทศ (Information retrieval process) โดยหลักๆ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

#### 2.1.1.1 ขั้นตอนการจัดเก็บสารสนเทศ



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการจัดเก็บสารสนเทศ

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมวลผลข้อมูล จัดเก็บข้อมูล และการสร้างดัชนีคำสำคัญ (Indexing) ซึ่งจะเป็นตัวแทนของเอกสารที่ถูกจัดเก็บในคลังข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบกับข้อความที่ผู้ใช้ได้ป้อนเข้ามา ซึ่งจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.2 โดยเริ่มแรกจะเป็นขั้นตอนการนำเอกสารหรือข้อมูลเข้าสู่ระบบ จากนั้นนำเอกสารหรือข้อมูลแยกคำและตัดคำ และนำคำที่ได้มาผ่านกระบวนการประมวลผลข้อความ (Text processing) โดยมีขั้นตอนย่อยๆ คือ การกำจัดสต็อปเวิร์ด (Stop-words elimination) คือ การกำจัดคำที่ไม่มีความสำคัญในเชิงความหมาย เช่น a, an, the, for, they, then เป็นต้น และการหารากศัพท์ (Stemming) คือ ตัดคำที่ลงท้ายด้วย -ed, -s, -ing เป็นต้น หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการขั้นตอนต่างๆ แล้ว ต่อมาจะเป็นการกำหนดค่าน้ำหนักให้กับดัชนีคำสำคัญ เพราะว่าคำสำคัญที่ปรากฏในแต่ละส่วนของเอกสารจะมีความสำคัญที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องกำหนดน้ำหนักให้กับคำสำคัญของแต่ละส่วนของเอกสารที่ต่างกันด้วย ดังสมการ (1) แล้วจึงจัดเก็บข้อมูลดัชนีคำสำคัญลงไฟล์ดัชนีคำสำคัญ

$$w_{i,j} = (1 + \log f_{i,j}) \times \log \frac{N}{n_i} \quad (1)$$

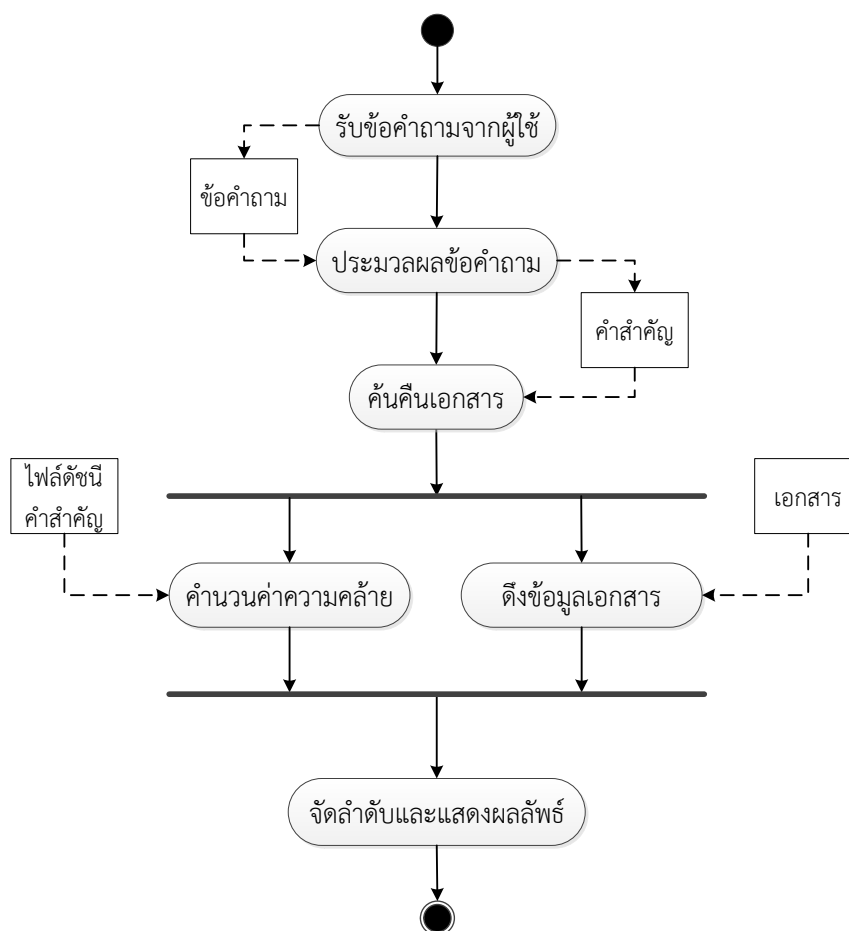
เมื่อ  $w_{i,j}$  คือ น้ำหนักของคำสำคัญ  $i$  ในเอกสาร  $j$

$f_{i,j}$  คือ ความถี่ของคำสำคัญ  $i$  ที่ปรากฏในเอกสาร  $j$

$N$  คือ จำนวนเอกสารทั้งหมดในคอลเลกชัน

$n_i$  คือ จำนวนเอกสารทั้งหมดที่คำสำคัญ  $i$  ปรากฏ

### 2.1.1.2 ขั้นตอนการค้นคืนสารสนเทศ



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการค้นคืนสารสนเทศ

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นคืนเอกสารที่ตรงกับข้อความที่ได้จากผู้ใช้ให้มากที่สุด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเป็นลำดับของเอกสารที่มีความคล้ายกับข้อความจากมากไปหาน้อย โดยขั้นตอนนี้จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 เริ่มจากผู้ใช้ทำการป้อนข้อความที่ต้องการผ่านส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User interface) จากนั้นระบบจะนำเอาข้อความที่ได้ไปประมวลผลข้อความ (Query processing) แล้วนำข้อความที่ผ่านกระบวนการประมวลผลเข้าสู่ขั้นตอนการค้นคืน โดยการคำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างคำสำคัญที่ได้จากข้อความกับไฟล์ดัชนีคำสำคัญที่เป็นตัวแทนของสินทรัพย์ แล้วจึงแสดงผลที่ได้เป็นอันดับเอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความจากมากไปหาน้อย จากนั้นจึงแสดงผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยังผู้ใช้ผ่านส่วนต่อประสานผู้ใช้ต่อไป ซึ่งการคำนวณค่าความคล้ายคลึงจะแสดงได้ดังสมการ (2)



$$sim(d_j, q) = \frac{\sum_{i=1}^t w_{i,j} \times w_{i,q}}{\sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,j}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,q}^2}} \quad (2)$$

เมื่อ  $sim(d_j, q)$  คือ ค่าความคล้ายคลึงกันของเอกสาร  $j$  กับข้อความ

$w_{i,j}$  คือ น้ำหนักของคำสำคัญ  $i$  ในเอกสาร  $j$

$w_{i,q}$  คือ น้ำหนักของคำสำคัญ  $i$  ในข้อความ

### 2.1.1.3 ขั้นตอนการประเมินผล

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิผล สมรรถนะ คุณภาพและกระบวนการทำงานของระบบค้นคืนสารสนเทศ โดยหลักการแล้วระบบค้นคืนสารสนเทศที่ดีจะต้องเป็นระบบที่สามารถดึงเอาเอกสารที่มีความสอดคล้องกับข้อความที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำและครบถ้วนสมบูรณ์ รวมทั้งทำการจัดอันดับผลลัพธ์ตามเอกสารความสัมพันธ์ได้เหมาะสมผลที่สุด [3]

ตัววัดการประเมินผลที่สำคัญของระบบค้นคืนสารสนเทศ ได้แก่ การหาค่าระลึก (3) ค่าความแม่นยำ (4) และค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก (5) สำหรับค่าระลึกเป็นการวัดความสามารถของระบบในการค้นหาเอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความ ค่าความแม่นยำเป็นการวัดความแม่นยำของระบบในการค้นหาเอกสารที่มีความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง ส่วนค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกเป็นมาตรวัดที่รวมเอาค่าระลึกและค่าความแม่นยำมาไว้ด้วยกัน โดยระบบค้นคืนสารสนเทศที่ดีนั้นจะต้องได้ค่าระลึกและค่าความแม่นยำที่สูงแต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นแบบนี้ กล่าวคือจะได้ค่าระลึกและค่าความแม่นยำที่สวนทางกัน ในขณะที่ค่าหนึ่งสูงอีกค่าหนึ่งก็จะต่ำ โดยสามารถแสดงสมการทั้ง 3 ได้ดังนี้

$$Recall = r = \frac{|R \cap A|}{|R|} \quad (3)$$

$$Precision = p = \frac{|R \cap A|}{|A|} \quad (4)$$

$$Harmonic\ mean = \frac{2}{\frac{1}{r} + \frac{1}{p}} \quad (5)$$

เมื่อ  $R$  คือ จำนวนเอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความซึ่งกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ

$A$  คือ จำนวนเอกสารที่ได้จากการค้นคืนของระบบ

$R \cap A$  คือ จำนวนเอกสารที่มีสัมพันธ์กันระหว่างเอกสารที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ กับเอกสารที่เป็นเซตของคำตอบ

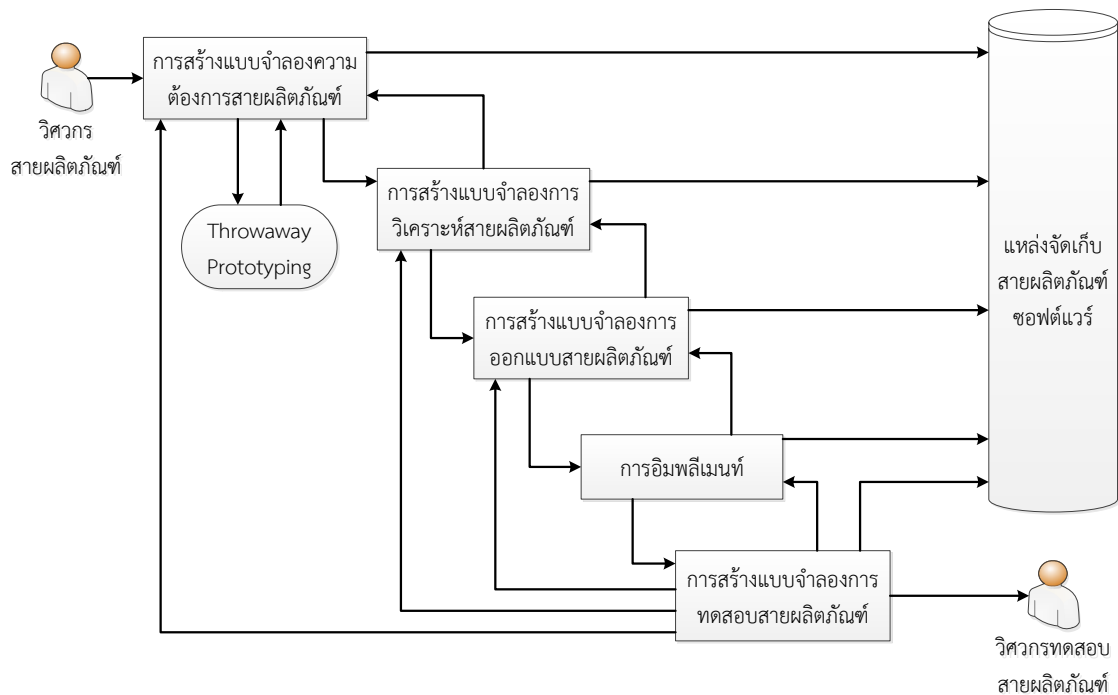
$r$  คือ ค่าเฉลี่ยของการค้นคืน

$p$  คือ ค่าความแม่นยำของการค้นคืน

### 2.1.2 สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะ ที่มีการทำงานเหมือนกันในตระกูลของผลิตภัณฑ์ (Family of product) เรียกว่าส่วนทั่วไป และส่วนที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะหรือแตกต่างกัน เรียกว่าส่วนแปรผัน [1] การพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จะมีความแตกต่างจากการพัฒนาแบบระบบเดียว (Single system) คือ ในการพัฒนาแบบระบบเดียวจะเป็นการพัฒนาที่เป็นแบบเฉพาะของแต่ละระบบ กล่าวคือจะมีรูปแบบที่ตายตัวและขาดความยืดหยุ่น การพัฒนาแบบนี้จะเป็นการพัฒนาที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมือนกัน ส่วนการพัฒนาสำหรับสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จะต่างจากการพัฒนาแบบระบบเดียวคือ ในการพัฒนาจะดูส่วนพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ และจะเลือกใช้ส่วนแปรผันเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามความต้องการเฉพาะของลูกค้า

ตัวอย่างการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้แนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ เช่น ในการพัฒนาระบบรถยนต์ จะใช้ส่วนพื้นฐานที่จำเป็นต้องมี ประกอบด้วย ระบบขับเคลื่อน ระบบเบรก ระบบปัดน้ำฝนและระบบแตร ซึ่งเป็นส่วนทั่วไปของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ และเลือกใช้ส่วนที่เป็นลักษณะเฉพาะ เช่น ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติหรือระบบสั่งการด้วยเสียง ซึ่งเป็นส่วนแปรผันของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.4 การทำวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [1]

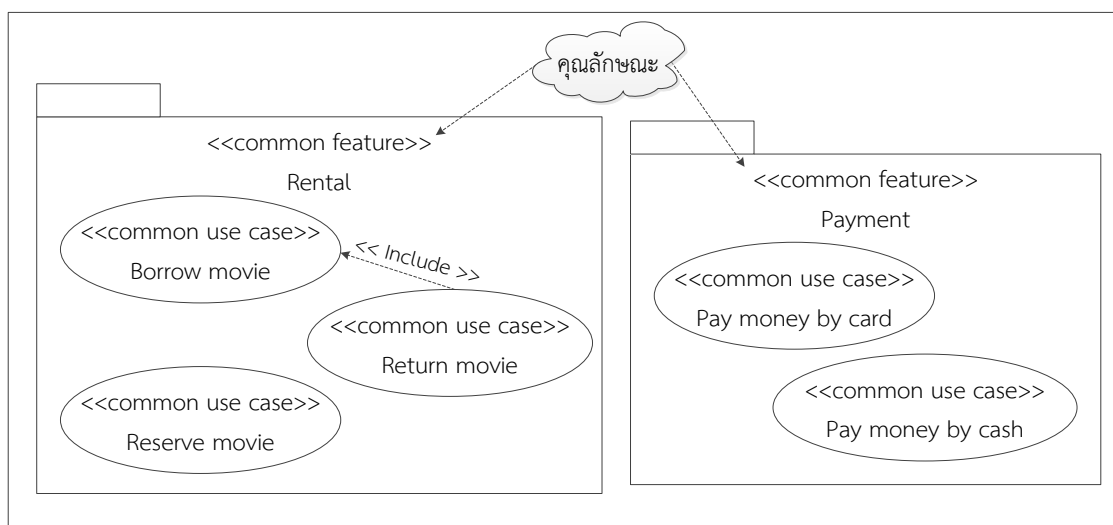
ในการทำวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line engineering) [1] มีขั้นตอนการทำงานร่วมกัน 5 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งประกอบด้วยส่วนการสร้างแบบจำลองความต้องการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line requirements modeling) ที่ได้จากนักวิศวกรสายผลิตภัณฑ์ (Product line engineering) ส่วนการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line analysis modeling) ส่วนการสร้างแบบจำลองการออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line design modeling) ส่วนการอิมพลีเมนต์ (Incremental component implementation) และส่วนของการทดสอบสายผลิตภัณฑ์ (Product line testing) ซึ่งส่งไปยังวิศวกรทดสอบสายผลิตภัณฑ์ (Product line engineer) ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเก็บลงในแหล่งจัดเก็บสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software product line repository)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกทำในส่วนแบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์โดยมองแบบจำลองเป็นสินทรัพย์ สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการค้นคืนสารสนเทศ และมองว่าแบบจำลองทั้งสองเป็นแบบจำลองที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไปของการพัฒนาซอฟต์แวร์

### 2.1.2.1 สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการ

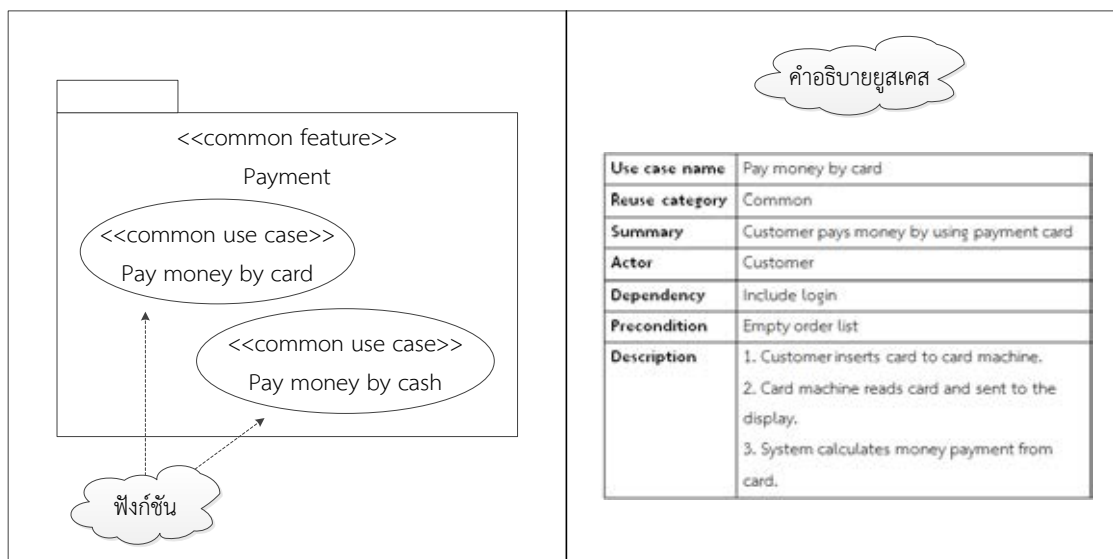
สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการคือผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการทำวิศวกรรมความต้องการโดเมน (Domain requirements engineering) [1] กิจกรรมหลักๆ ของขั้นตอนนี้คือการสกัดและการรวบรวมความต้องการที่เป็นส่วนทั่วไป (Common requirements) และความต้องการที่เป็นส่วนแปรผัน (Variable requirements) ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบจำลองคุณลักษณะ (Feature model) และแบบจำลองยูสเคส (Use case model) [6] โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบจำลองคุณลักษณะ เป็นส่วนที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจลักษณะ (Characteristics) ฟังก์ชัน และกระบวนการ (Process) ของระบบ และถือเป็นแบบจำลองที่สำคัญในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ เพราะจะใช้เป็นตัวแสดงถึงความต้องการที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ [5] สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้แพ็คเกจ (Package) ที่อยู่ในแผนภาพยูสเคสเป็นตัวแทนของคุณลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แพ็คเกจในแผนภาพยูสเคส ซึ่งเป็นตัวแทนของคุณลักษณะ

2) แบบจำลองยูสเคส ยูสเคสเป็นการระบุถึงปฏิสัมพันธ์ (Interactions) ระหว่างตัวแสดงหรือที่เรียกว่าผู้ใช้ (Actors) กับระบบ (System) โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับระบบจะอธิบายในรูปแบบของสถานการณ์ (Scenarios) ที่เกิดขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้แผนภาพยูสเคส และคำอธิบายยูสเคสเป็นตัวแทนของฟังก์ชัน (Functions) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

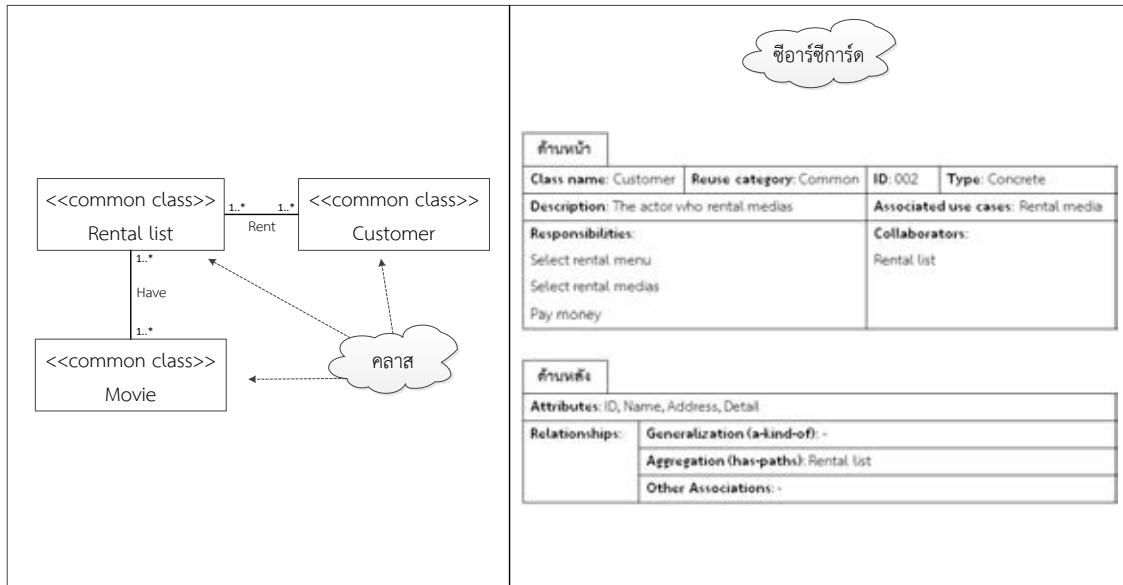


รูปที่ 2.6 ยูสเคสและคำอธิบายยูสเคสของแผนภาพยูสเคส ซึ่งเป็นตัวแทนของฟังก์ชัน

#### 2.1.2.2 สินทรัพย์แบบจำลองการวิเคราะห์ (Analysis model asset)

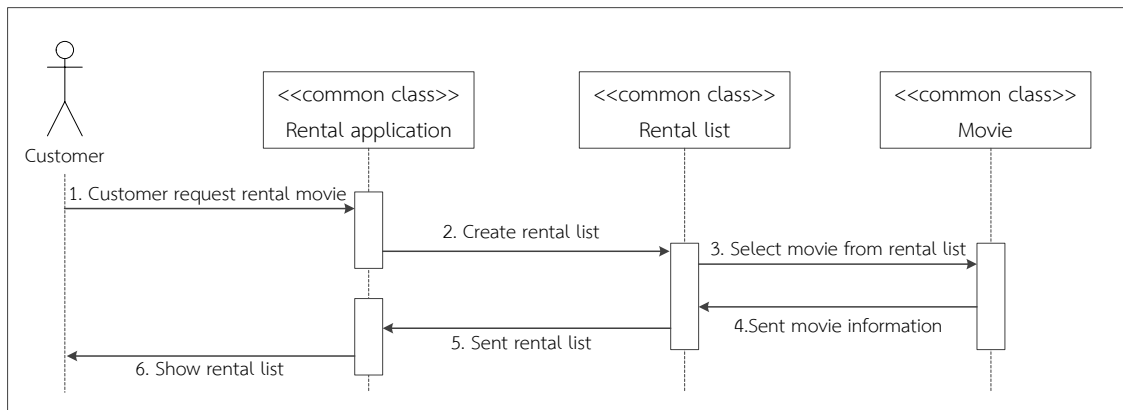
สินทรัพย์แบบจำลองการวิเคราะห์จะใช้แบบจำลองสถิต (Static model) และแบบจำลองพลวัต (Dynamic model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายถึงโครงสร้างและลำดับการทำงานของระบบ โดยสินทรัพย์แบบจำลองการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองคลาส (Class model) และลำดับการทำงาน (Sequence) [6] โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบจำลองคลาส คลาสใช้เป็นตัวแทนของวัตถุในโลกแห่งความเป็นจริง (Real-world) ซึ่งทำให้เราเข้าใจวัตถุต่างๆ ในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ [5] คลาสอาจถูกมองว่าเป็นออบเจกต์ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้แผนภาพคลาสและซีอาร์ซีการ์ดเป็นตัวแทนของคลาส ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนภาพคลาสและซีอาร์ซีการ์ดของ ซึ่งเป็นตัวแทนของคลาส

2) ลำดับการทำงาน จะแสดงถึงสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในฟังก์ชัน ทั้งยังช่วยอธิบายถึงลำดับและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้แผนภาพลำดับเป็นตัวแทนลำดับการทำงานของคลาส ดังแสดงในรูปที่ 2.8

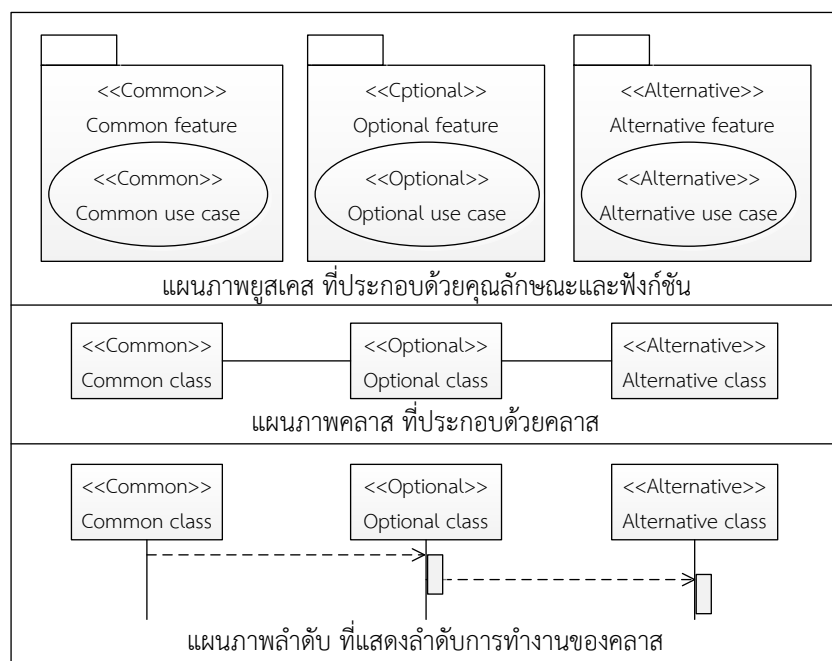


รูปที่ 2.8 แผนภาพลำดับ ซึ่งเป็นตัวแทนของลำดับการทำงานของคลาส

### 2.1.2.3 การออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้ยูเอ็มแอล (Product line UML-based software engineering: PLUS)

การออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้ยูเอ็มแอลหรือที่เรียกว่าพลัส เป็นการสร้างแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงส่วนทั่วไปและส่วนแปรผันของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [1] โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ สเตอริโอไทป์ (Stereotypes) เป็นตัวจำแนกชนิดข้อมูลสินทรัพย์ (Asset types) ของแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยสามารถสเตอริโอไทป์ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

- 1) <<Common>> แทนส่วนทั่วไป ซึ่งเป็นส่วนหลักที่ต้องมีในทุกผลิตภัณฑ์
- 2) <<Optional>> แทนส่วนแปรผันแบบตัวเลือก ซึ่งจะมีหรือไม่มีก็ได้ในผลิตภัณฑ์
- 3) <<Alternative>> แทนส่วนแปรผันแบบทางเลือก ซึ่งจะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งทางเลือกในผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.9 สเตอริโอไทป์ของแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ [1]

### 2.1.3 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล

ภาษาเอกซ์เอ็มแอล (Extensible markup language: XML) เป็นภาษาที่แสดงถึงรายละเอียดที่ชัดเจนให้กับข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ โดยใช้แท็ก (Tag) เป็นตัวแบ่งส่วนของข้อมูล ทำให้แต่ละส่วนของข้อมูลจะมีการสื่อความหมายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ก็แล้วแต่ผู้พัฒนาจะเป็นผู้กำหนด [7]

โดยงานวิจัยนี้ได้แปลงแผนภาพแบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เป็นการออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้ยูเอ็มแอล แล้วจึงส่งออกไฟล์ (Export file) ของแบบจำลองทั้งสองให้อยู่ในรูปแบบไฟล์เอกซ์เอ็มแอล ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกในการนำไปวิเคราะห์และจัดการข้อมูลในขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์ได้ โดยจะแสดงตัวอย่างโครงสร้างภาษาเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากการแปลงแผนภาพยูสเคสที่ประกอบด้วยข้อมูลแพคเกจ ยูสเคส ผู้ใช้ และเส้นความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.10 และสามารถอธิบายส่วนประกอบของเอกซ์เอ็มแอลดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<UML:Model xmi.id="UMLModel.2" name="Use Case Model">
  <UML:Package xmi.id="UMLPackage.3" name="E-Commerce kernel">
    <UML:UseCase xmi.id="UMLUseCase.4" name="Browse catalog" />
    <UML:UseCase xmi.id="UMLUseCase.5" name="Process delivery order" />
    <UML:Actor xmi.id="UMLActor.8" name="Customer" />
    <UML:Stereotype xmi.id="X.82" name="Common feature" />
  </UML:Package>
  <UML:Association xmi.id="UMLAssociation.29">
    <UML:AssociationEnd xmi.id="UMLAssociationEnd.30" type="UMLActor.8"/>
    <UML:AssociationEnd xmi.id="UMLAssociationEnd.31" type="UMLUseCase.4"/>
  </UML:Association>
</UML:Model>
</XMI>
```

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างเอกซ์เอ็มแอลที่แปลงจากแผนภาพยูสเคส



1) ส่วนเกริ่นนำ (Prolog) ในส่วนนี้จะประกอบด้วย ส่วนประกาศ ใช้แท็ก <?...?> เป็นส่วนประกาศให้รู้ว่าภาษาเอกซ์เอ็มแอลที่ใช้เป็นเวอร์ชันอะไร ส่วนคำบรรยาย ใช้แท็ก <!- ... -> เป็นส่วนสำหรับพิมพ์ข้อความในการอธิบายเอกสาร ทั้งนี้แล้วส่วนเกริ่นนำอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ตามดุลยพินิจของผู้พัฒนา

2) ส่วนประกอบของเอกสาร (Document element) ในส่วนนี้จะแสดงโครงสร้างของเอกสาร และใช้แท็ก <...</> เป็นตัวจำแนกเนื้อหาของเอกสาร จากตัวอย่างของเอกสารเอกซ์เอ็มแอลนี้ สามารถอธิบายได้ว่าแท็ก Package คือ คุณลักษณะ, UseCase คือ ฟังก์ชันงาน, Stereotype คือ ชนิดของสินทรัพย์ และ Association คือ เส้นความสัมพันธ์ เป็นต้น

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยกันทั้งหมด 5 งานวิจัย จุดประสงค์หลักของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาแนวทางและวิธีคิดต่างๆ ของงานวิจัยก่อนหน้า เพื่อนำมาปรับใช้ในการทำงานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยจะแสดงรายละเอียดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังต่อไปนี้

### 2.2.1 An Automated Mechanism for Organization and Retrieving Core Asset Artifacts for Product Derivation in SPL

งานวิจัยนี้ได้เสนอกลไกอัตโนมัติในการสร้างและค้นคืนสินทรัพย์หลัก (Core asset) ซึ่งใช้คุณลักษณะขององค์กรในการจัดกลุ่มแบบจำลองคุณลักษณะที่มีอยู่ พร้อมทั้งสร้างความสัมพันธ์และเส้นเชื่อมโยงการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability links) ของสินทรัพย์หลักในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [8] โดยขั้นตอนต่างๆ ของงานวิจัยชิ้นนี้ประกอบด้วย

1) การสร้างสินทรัพย์หลัก (Organization core asset artifacts) โดยเริ่มแรกจะทำการรับคุณลักษณะจากผู้ใช้ จากนั้นทำการแบ่งแบบจำลองคุณลักษณะเป็นกลุ่มของคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน ภายในกลุ่มของคุณลักษณะจะมีการแสดงส่วนจำเป็น (Mandatory) กับส่วนเสริม (Optional) ของแต่ละคุณลักษณะ จากนั้นใช้ออนโทโลยี (Ontology) ในการหาคุณลักษณะที่ปรากฏจากข้อคำถาม โดยคุณลักษณะที่ได้จะถูกเรียกว่าดิวิชัน (Division) ซึ่งจะใช้ดิวิชันในการหากลุ่มของคุณลักษณะที่ได้ถูกจัดแบ่งไว้ในขั้นตอนต่อไป

2) การจัดเก็บสินทรัพย์หลัก (Storage core asset artifacts) หลังจากการจัดแบ่งคุณลักษณะออกเป็นกลุ่มๆ แล้ว จะนำกลุ่มของคุณลักษณะที่ได้ไปจัดเก็บในฐานข้อมูล ซึ่งในฐานข้อมูลจะมีการสร้างความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนของสินทรัพย์ เช่น Inherits(D2, A1) อธิบายได้ว่าส่วนการออกแบบ (Design component) หมายเลข 2 สืบทอดจากส่วนสถาปัตยกรรม (Architecture component) หมายเลข 1

3) ขั้นตอนการค้นคืนสินทรัพย์หลัก (Retrieval core asset artifacts) ขั้นตอนการค้นคืนจะค้นหาจากสินทรัพย์ที่ถูกเก็บไว้ โดยสินทรัพย์ที่ถูกเก็บไว้จะประกอบไปด้วย สินทรัพย์ความต้องการ (Requirements artifact) สินทรัพย์สถาปัตยกรรม (Architecture artifact) สินทรัพย์ส่วนประกอบ (Components artifact) และสินทรัพย์กรณีทดสอบ (Test cases artifact) ซึ่งมีเส้นเชื่อมโยงการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability links) ระหว่างสินทรัพย์ต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเซตของสินทรัพย์และเส้นเชื่อมโยงการตรวจสอบย้อนกลับของแต่ละกลุ่มของคุณลักษณะ หลังจากนั้นจึงนำเอาผลลัพธ์ที่ได้ไปสร้างเป็นแบบจำลองประยุกต์ (Application model) เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบต่อไป

งานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ มาสร้างเป็นกลไกอัตโนมัติในการจัดสร้างและค้นคืนสินทรัพย์หลัก รวมทั้งมีการสร้างความสัมพันธ์และเส้นเชื่อมโยงการตรวจสอบ โดยเริ่มตั้งแต่สินทรัพย์ความต้องการ สินทรัพย์สถาปัตยกรรม สินทรัพย์ส่วนประกอบ จนถึงสินทรัพย์กรณีทดสอบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคตได้ แต่ทั้งนี้แล้วงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้คุณลักษณะเป็นตัวแทนของสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งนั่นอาจทำให้การอธิบายลักษณะของสินทรัพย์ความต้องการยังไม่ชัดเจน และที่สำคัญงานวิจัยนี้ยังขาดการประเมินผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งการประเมินจะช่วยในเรื่องการยืนยันผลลัพธ์ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

## 2.2.2 Retrieving Reusable Components with Variation Points from Software Product Lines

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอเทคนิคการค้นคืนส่วนประกอบของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ในการนำกลับมาใช้ใหม่ [9] สินทรัพย์หลักของงานวิจัยนี้คือเอกสาร (Documents) และโค้ดโปรแกรม (Program code) ซึ่งทั้งเอกสารและโค้ดโปรแกรมมีความสัมพันธ์ที่ขึ้นต่อกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีการ

ค้นคืนเอกสารความต้องการ (Requirements document) ก็จะได้ส่วนของรายละเอียด (Specification) เอกสารการออกแบบ (Design document) และโค้ดโปรแกรม

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้คุณลักษณะ เป็นตัวจำแนกส่วนประกอบ ต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งคุณลักษณะจะใช้ในการอธิบายฟังก์ชันและการทำงานของระบบ ภายในส่วนประกอบก็จะมีฟังก์ชันที่เป็นส่วนแปรผัน ซึ่งประกอบด้วยจุดแปรผัน (Variation point) และตัวแปรผัน (Variant) ต่างๆ สำหรับส่วนของการค้นคืน จะใช้ข้อความถามในการค้นคืนส่วนประกอบต่างๆ ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ วิธีการคือจะทำการเปรียบเทียบความคล้ายกันของข้อความและส่วนประกอบของระบบ ถ้าส่วนประกอบไหนมีค่าความคล้ายคลึงที่สูงกว่าค่าเริ่มต้น (Threshold) ที่ถูกกำหนดไว้ก็จะถูกแสดงให้แก่ผู้ใช้ได้เห็น และในส่วนสุดท้ายคือส่วนการประเมิน ได้ใช้ค่าระลอก และค่าความแม่นยำ ใช้เป็นตัววัดความสามารถของการค้นคืน โดยทำการทดสอบกับระบบจำนวน 55 ระบบ และกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น 0.1-0.6 ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าถ้าค่าระลอกลดค่าเริ่มต้นจะเพิ่มขึ้น และถ้าค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้นค่าเริ่มต้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

จากงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของการค้นคืนสินทรัพย์หลักของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ในส่วนฟังก์ชันแปรผัน (Variability functional) เพื่อให้ได้ส่วนประกอบต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบใหม่ แต่ทั้งนี้แล้วการที่จะนำสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ไปใช้ใหม่นั้น ไม่ใช่มีแค่ส่วนของฟังก์ชันแปรผันอย่างเดียวถึงจะนำไปพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ได้ แต่จำเป็นต้องมีการสร้างฟังก์ชันที่เป็นส่วนทั่วไป (Commonality function) เพื่อช่วยให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

### 2.2.3 Enhancing Use Case Reusability using Term Similarity Computation

งานวิจัยชิ้นนี้เสนอระบบการจัดเก็บและค้นคืนยูสเคส โดยพิจารณาจากความคล้ายกันของเอกสารการบรรยายยูสเคสกับชุดข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้งาน [10] ในส่วนขั้นตอนการจัดเก็บจะมีการสร้างดัชนี ซึ่งช่วยให้สามารถสร้างชุดของคำหรือพจน์ที่สามารถระบุถึงเอกสารการบรรยายยูสเคสได้ หลังจากได้ดัชนีแล้วจะเป็นการสร้างพจนานุกรมคำพ้อง เพื่อเก็บรวบรวมและจัดแบ่งหมวดหมู่ความคล้ายกันของชุดของดัชนีที่ได้มาจากเอกสารการบรรยายยูสเคส จากนั้นจึงกำหนดน้ำหนักให้กับดัชนีเพื่อกำหนดค่าความสำคัญให้กับแต่ละดัชนี ต่อมาเป็นขั้นตอนการค้นคืน โดยจะเปรียบเทียบความ

คล้ายกันระหว่างข้อความกับดัชนีคำสำคัญของเอกสารการบรรยายยูสเคส โดยนำเอกสารการบรรยายยูสเคสจากฐานข้อมูลทุกเอกสารมาเปรียบเทียบกัน เอกสารการบรรยายยูสเคสที่มีคะแนนความคล้ายกันมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูลนำเข้า ก็จะแสดงเอกสารการบรรยายยูสเคสนั้นให้ผู้ใช้ได้เห็น

การประเมินผลลัพธ์ที่ได้ จะใช้การวัดค่าระลอกและค่าความแม่นยำ ซึ่งค่าระลอกเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนความเกี่ยวข้องของข้อมูลที่ค้นคืนมาได้ต่อข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องทั้งหมด และค่าความแม่นยำเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนความเกี่ยวข้องของข้อมูลที่ค้นคืนมาได้ต่อข้อมูลที่สามารถค้นคืนมาได้ทั้งหมด

จากงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการในการเพิ่มความสามารถของการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่ ข้อดีของงานวิจัยชิ้นนี้คือวิธีการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่มีการทำงานเป็นอัตโนมัติ รวมทั้งการสร้างข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยง่ายซึ่งให้ความสะดวกกับผู้ใช้งานในการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่ แต่ทั้งนี้แล้วงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดของการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่แบบทั่วไป ไม่ได้ใช้แนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่อาจตอบโจทย์ในเรื่องการแบ่งส่วนฟังก์ชันการทำงานทั่วไป กับการแบ่งส่วนฟังก์ชันการทำงานแปรผัน ซึ่งเหล่านี้จะช่วยให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ในอนาคตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 2.2.4 Use Case Description Storage and Retrieval for Software Product Line

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอวิธีการจัดเก็บและค้นคืนเอกสารการบรรยายยูสเคสของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [11] ซึ่งเอกสารการบรรยายยูสเคสถือเป็นส่วนช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบตั้งแต่ผู้ใช้ นักวิเคราะห์ นักพัฒนาและนักทดสอบ มีความเข้าใจระบบที่ตรงกัน ดังนั้นการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่ โดยนำแนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์มาอธิบายส่วนการทำงานทั่วไป และส่วนการทำงานแปรผัน โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้แบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ส่วนของการจัดเก็บคำอธิบายยูสเคสสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ การทำงานในส่วนนี้ขั้นตอนหลักๆ คือ การสร้างดัชนีคำสำคัญและการกำหนดน้ำหนักของเอกสารการบรรยายยูสเคส เพื่อช่วยในการระบุถึงตัวเอกสารการบรรยายยูสเคสเมื่อมีข้อความเข้ามา โดยการสร้างดัชนีคำสำคัญจะมีขั้นตอนย่อยๆ คือ การวิเคราะห์คำ กำจัดสตีปเวิร์ด และการหารากศัพท์

2) ส่วนของการค้นคืนคำอธิบายยูสเคสสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ในส่วนนี้จะทำการรับข้อความคำถามจากผู้ใช้ในการค้นคืนเอกสาร หลักการคือจะทำการเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงกันของข้อความคำถามกับดัชนีคำสำคัญของเอกสารการบรรยายยูสเคส ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะทำการจัดอันดับตามค่าคะแนนความคล้ายกัน แล้วจึงแสดงผลที่ได้ให้แก่ผู้ใช้

3) ส่วนของการประเมินผล หลังจากที่ได้ผลจากการค้นคืนในขั้นตอนก่อนหน้า โดยนำผลที่ได้นี้มาใช้ในการประเมินผล เพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยใช้มาตรวัดคือ ค่าระยะค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกในการประเมินผลลัพธ์การค้นคืนที่ได้

จากงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้มองเห็นถึงความสำคัญของการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ที่ช่วยในเรื่องของการวิเคราะห์และระบุถึงการทำงานที่เป็นส่วนทั่วไป และการทำงานที่เป็นส่วนแปรผัน ซึ่งจะช่วยในเรื่องของการลดระยะเวลา เพิ่มประสิทธิผล และตรงกับความต้องการในการผลิตซอฟต์แวร์ใหม่ให้มากที่สุด

## 2.2.5 A Storage and Retrieval of Requirement Model and Analysis Model for Software Product Line

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอการจัดเก็บและค้นคืนแบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ [12] ซึ่งมีกระบวนการทำงานเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ส่วนนำเข้าแผนภาพและการขึ้นต่อกัน ส่วนนี้จะป็นขั้นตอนการจัดเก็บแบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาสและซีอาร์ซีการ์ด แผนภาพลำดับ แผนภาพสถานะ รวมถึงตารางการขึ้นต่อกัน อันประกอบด้วย ตารางการขึ้นต่อกันระหว่างคุณลักษณะกับยูสเคส ตารางการขึ้นต่อกันระหว่างคุณลักษณะกับคลาส

2) ส่วนการจัดเก็บ ส่วนของการจัดเก็บจะประกอบด้วยขั้นตอนย่อยสองส่วนคือ ส่วนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับแบบจำลอง โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บลงในฐานข้อมูลความสัมพันธ์ ส่วนที่สองคือการสร้างดัชนี เป็นส่วนในการหาคำสำคัญเพื่อนำมาสร้างเป็นดัชนีที่จะใช้ในการระบุเป็นตัวแทนของเอกสาร

3) ส่วนการป้อนข้อความ เป็นส่วนที่รับข้อความซึ่งก็คือตัวแทนความต้องการจากผู้ใช้ โดยข้อความที่ได้คือคุณลักษณะ แล้วจึงนำคุณลักษณะที่ได้นี้ไปใช้ในการค้นคืนคุณลักษณะที่ถูกจัดเก็บอยู่ในระบบในขั้นตอนต่อไป

4) ส่วนการค้นคืน เป็นส่วนของการค้นคืนคุณลักษณะและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนย่อยสองส่วนคือ ส่วนการค้นคืนคุณลักษณะ โดยการเปรียบเทียบข้อความคุณลักษณะกับคุณลักษณะจากดัชนีที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และนำคุณลักษณะที่ได้ไปค้นคืนเอกสารที่เกี่ยวข้องต่อไป ส่วนที่สองคือการค้นคืนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่ได้จากส่วนก่อนหน้า โดยการดูว่าลักษณะที่ค้นคืนได้มีความสัมพันธ์กับเอกสารใดบ้าง

5) ส่วนการแสดงผล เป็นส่วนของการแสดงผลลัพธ์ของคุณลักษณะที่ได้จากข้อความและคุณลักษณะที่พบในเอกสารต่างๆ มาแสดงผลให้แก่ผู้ใช้

6) ส่วนการประเมินผล การประเมินผลจะใช้มาตรวัดต่างๆ ในการวัดความถูกต้องของผลลัพธ์ซึ่งประกอบด้วย ค่าระลอก ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดเก็บและค้นคืนแบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้แผนภาพยูเอ็มแอล ในการอธิบายส่วนที่เป็นฟังก์ชันการทำงานทั่วไป และฟังก์ชันการทำงานแปรผัน โดยการค้นคืนนั้นจะเน้นการค้นคืนด้วยคุณลักษณะ ทั้งนี้ทั้งนั้นงานวิจัยนี้ยังขาดการแสดงผลในส่วนของลำดับการทำงานของสิ่งที่เกิดขึ้นในฟังก์ชัน กล่าวคือผู้ใช้ต้องไปทำความเข้าใจถึงผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้อีกทีหนึ่ง

## 2.2.6 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 5 งานวิจัย ทุกงานวิจัยได้นำเสนอวิธีการนำซอฟต์แวร์เก่ากลับมาใช้ใหม่ แต่จะมีส่วนที่แตกต่างกันคือวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ของแต่ละงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมกับเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่นำเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

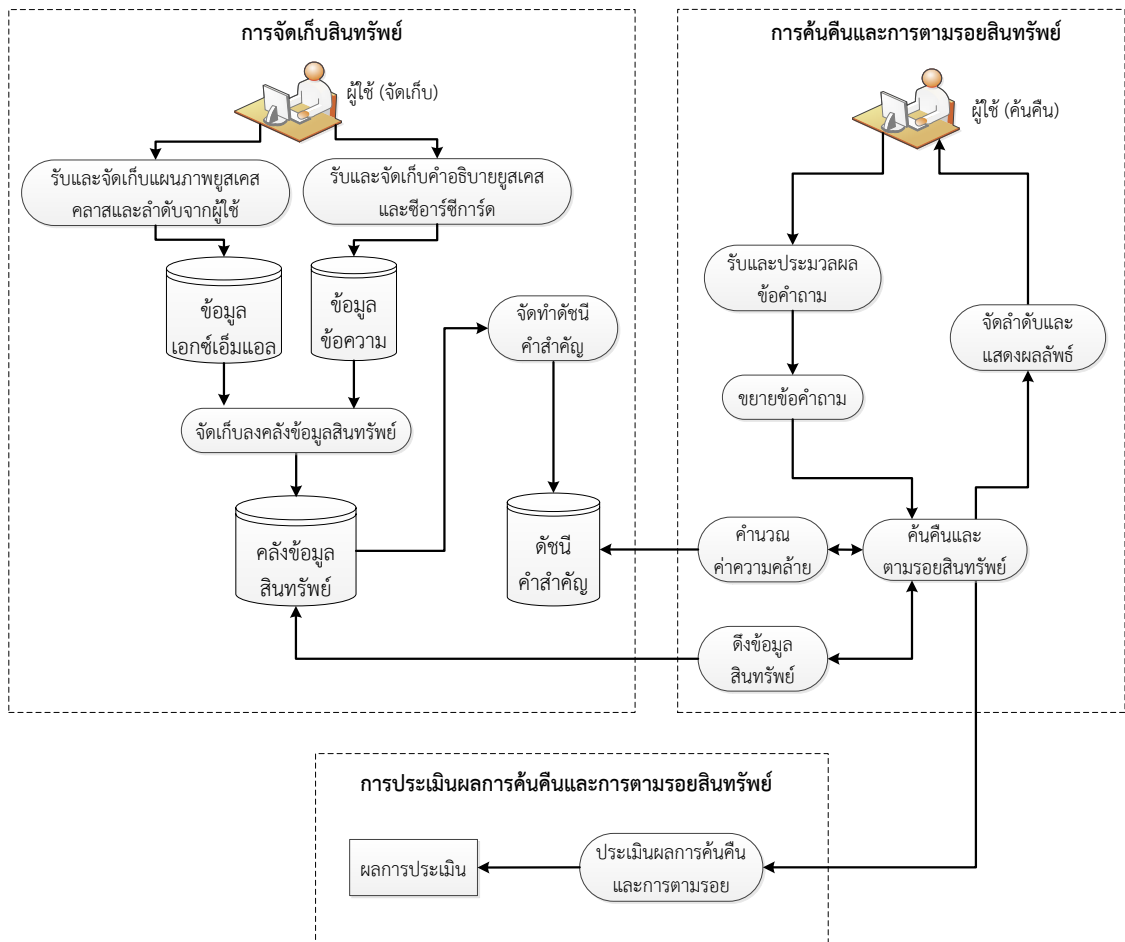
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ

ข้อมูลที่ใช้ ในการ เปรียบเทียบ	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					งานวิจัยที่ นำเสนอ
	งานวิจัย [8]	งานวิจัย [9]	งานวิจัย [10]	งานวิจัย [11]	งานวิจัย [12]	
1. แนวคิด สาย ผลิตภัณฑ์ ซอฟต์แวร์	- ใช่	- ใช่	- ไม่ใช่	- ใช่	- ใช่	- ใช่
2. ข้อมูลที่ จัดเก็บ	- คุณลักษณะ	- คุณลักษณะ	- ยูสเคส	- ยูสเคส	- คุณลักษณะ, ยูสเคส, คลาส, สถานะและลำดับ การทำงาน	- คุณลักษณะ, ยูส เคส, คลาส, และ ลำดับการทำงาน
3. วิธีการ จัดเก็บ	- แบ่งกลุ่ม คุณลักษณะ ตาม คุณลักษณะ ขององค์กร พร้อมสร้างเส้น การเชื่อมโยง	- ใช่ คุณลักษณะ ในการจำแนก ส่วนประกอบ พร้อมสร้าง ความสัมพันธ์	- สร้างดัชนีคำ สำคัญและ พจนานุกรม คำศัพท์	- สร้างดัชนีคำ สำคัญ	- สร้างดัชนีคำ สำคัญ - กำหนด ความสัมพันธ์ ระหว่าง แบบจำลอง และ คุณลักษณะกับ แบบจำลอง	- สร้างดัชนีคำ สำคัญ - กำหนด ความสัมพันธ์และ เส้นการตามรอย ระหว่างสินทรัพย์ แบบจำลองทั้ง สอง
4. ข้อ คำถาม	- คุณลักษณะ	- คุณลักษณะ	- ยูสเคส	- ยูสเคส	- คุณลักษณะ	- คุณลักษณะ, ฟังก์ชัน และคลาส
5. วิธีการค้น คืน	- ใช้ออนโทโลยี หาคุณลักษณะ จากข้อคำถาม แล้วคำนวณค่า ความ คล้ายคลึง	- กำหนดค่าตั้ง ต้นในการค้น คืนและ คำนวณค่า ความ คล้ายคลึง	- คำนวนค่า ความ คล้ายคลึง	- คำนวนค่า ความคล้ายคลึง	- คำนวนค่า ความคล้ายคลึง - นำผลที่ได้ไปค้น คืนเอกสารที่ เกี่ยวข้อง	- คำนวนค่าความ คล้ายคลึง - นำผลที่ได้ไป ตามรอยสินทรัพย์ ที่เกี่ยวข้อง
6. การ ประเมินผล	-	- ค่าระลีก, ค่า ความแม่นยำ	- ค่าระลีก, ค่า ความแม่นยำ	- ค่าระลีก, ค่า ความแม่นยำ	- ค่าระลีก, ค่า ความแม่นยำ, ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก	- ค่าระลีก, ค่า ความแม่นยำ, ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก

### บทที่ 3

#### แนวคิดวิธีวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดวิธีวิจัยของการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์ ขั้นตอนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ และขั้นตอนการประเมินผลการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ ดังแสดงภาพรวมงานวิจัยรูปที่ 3.1 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดงานวิจัยของแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

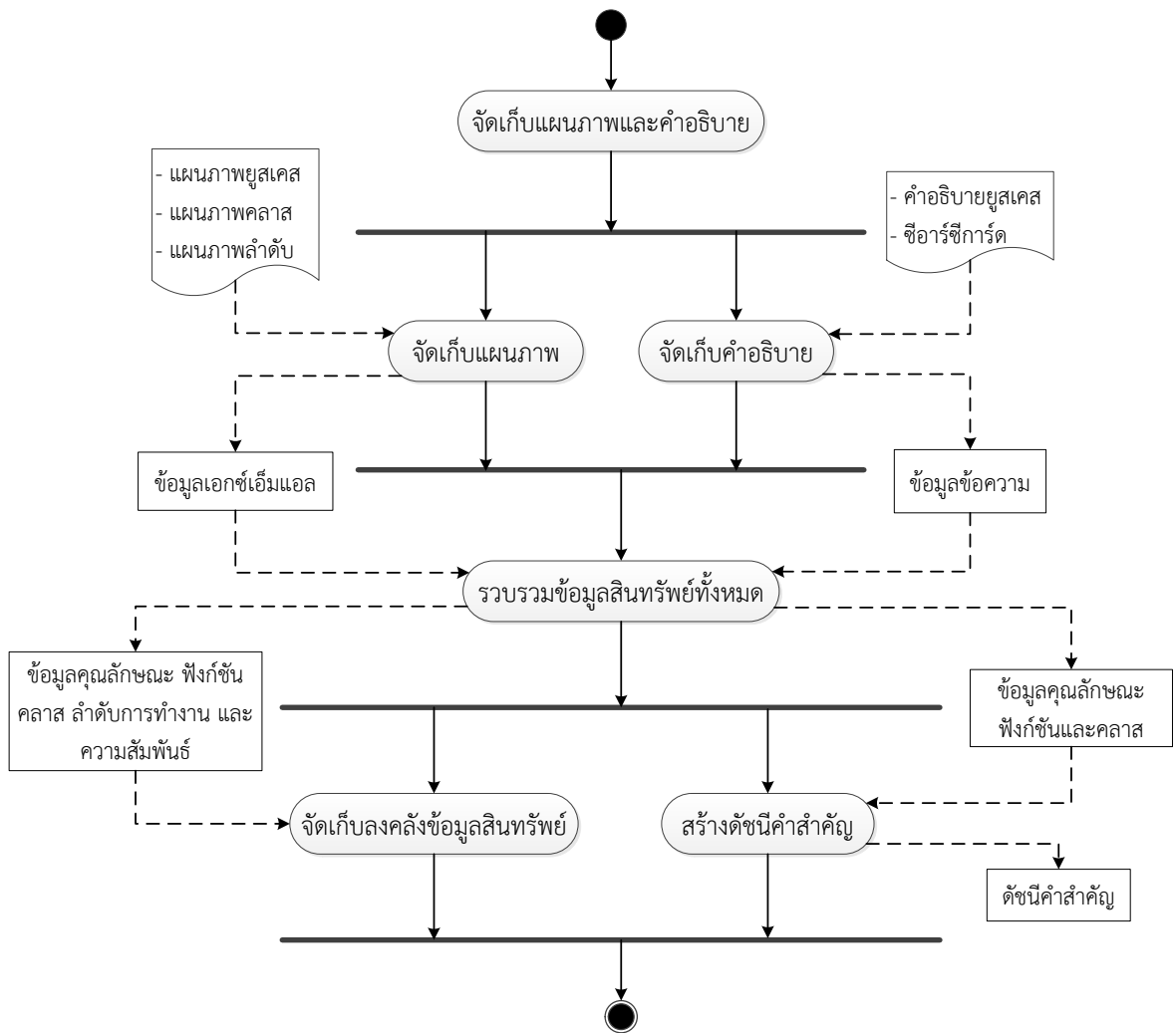


รูปที่ 3.1 ภาพรวมของงานวิจัย



### 3.1 ขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์

ในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์ในการจัดเก็บข้อมูลสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยมีแผนภาพยูสเคส ที่ประกอบด้วยคุณลักษณะและยูสเคส คำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาส ซีอาร์ซีการ์ด และแผนภาพลำดับ เป็นสินทรัพย์ของแบบจำลองทั้งสอง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือคลังข้อมูลสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ พร้อมเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์ และข้อมูลดัชนีค่าสำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อคำถามใน ส่วนของการค้นคืน โดยจะแสดงเป็นแผนภาพกิจกรรมของขั้นตอนนี้ได้ดังรูปที่ 3.2 และในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งการทำงานเป็นส่วนๆ ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์

### 3.1.1 ส่วนการจัดเก็บแผนภาพและคำอธิบาย

ในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อจัดเก็บแผนภาพและคำอธิบายสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่ได้จากผู้ใช้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนของการค้นคว้าต่อไป โดยการจัดเก็บสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1) การจัดเก็บแผนภาพ เป็นการนำแผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาสที่อยู่ในรูปแบบไฟล์เอกซ์เอ็มแอลมาทำการประมวลผล เพื่อหาคำสำคัญและเส้นความสัมพันธ์ที่ปรากฏอยู่ในแผนภาพทั้งสอง โดยสามารถแบ่งการทำงานของสองแผนภาพได้ดังนี้

- การจัดเก็บแผนภาพยูสเคส มีหลักการคือ นำคำสำคัญที่ปรากฏจากแผนภาพมาจัดเก็บลงฐานข้อมูล โดยชื่อคุณลักษณะจะได้จากชื่อแพ็คเกจที่ปรากฏในแผนภาพยูสเคส ชื่อฟังก์ชันจะหาได้จากชื่อยูสเคสที่ปรากฏในแผนภาพยูสเคส และเส้นความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันสามารถหาได้จากเส้นความสัมพันธ์ที่ปรากฏระหว่างยูสเคส นอกจากนี้ลำดับการทำงานจะได้จากแผนภาพลำดับที่ปรากฏในแผนภาพยูสเคส และชนิดของสินทรัพย์ได้จากสเตอริโอไทม์ที่ปรากฏในสินทรัพย์นั้นๆ

- การจัดเก็บแผนภาพคลาส มีหลักการคือ นำคำสำคัญที่ปรากฏจากแผนภาพมาจัดเก็บลงฐานข้อมูล ชื่อคลาสจะได้จากชื่อคลาสที่ปรากฏในแผนภาพคลาส และเส้นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสสามารถหาได้จากเส้นความสัมพันธ์ที่ปรากฏระหว่างคลาสนั้นเอง นอกจากนี้ชนิดของสินทรัพย์ได้จากสเตอริโอไทม์ที่ปรากฏในสินทรัพย์นั้นๆ

2) การจัดเก็บคำอธิบาย เนื่องจากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการจัดเก็บแผนภาพจะได้แค่ข้อมูลชื่อสินทรัพย์และความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองเท่านั้น ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการนำข้อมูลรายละเอียดอื่นๆของสินทรัพย์มาจัดเก็บ ซึ่งประกอบด้วย คำอธิบายคุณลักษณะ คำอธิบายยูสเคส และซีอาร์ซีการ์ด รวมทั้งจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองทั้งสองด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ข้อมูลสินทรัพย์ที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยการจัดเก็บคำอธิบายและความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองทั้งสองจะให้ผู้ใช้งานเป็นผู้จัดเก็บ

### 3.1.2 ส่วนการสร้างดัชนีคำสำคัญ

ในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างดัชนีคำสำคัญ โดยในการสร้างดัชนีคำสำคัญจะใช้ข้อมูลชื่อและคำอธิบายของประเภทสินทรัพย์คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส มาผ่านกระบวนการประมวลผลข้อความ (Text processing) เพื่อสกัดคำสำคัญ (Keyword) ในการใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบในขั้นตอนการค้นคืน โดยขั้นตอนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อความมีการทำงานย่อยๆ ดังนี้

1) การวิเคราะห์คำ (Lexical Analysis) เป็นกระบวนการแปลงสายตัวอักษรที่ปรากฏอยู่ในข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ ทั้งนี้การแปลงสายตัวอักษรจะช่วยให้ได้คำศัพท์ที่แยกออกเป็นคำๆ สำหรับใช้ในกระบวนการถัดไป

2) การกำจัดสต็อปเวิร์ด (Stop-words Elimination) เป็นกระบวนการกำจัดคำที่ปรากฏบ่อยๆ ในข้อความ เช่น a, am, the, and, for เป็นต้น ซึ่งการกำจัดสต็อปเวิร์ดมีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยให้การค้นคืนได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้การค้นคืนได้อีกด้วย

3) การหารากศัพท์ (Stemming) เป็นกระบวนการหารากศัพท์ของคำสำคัญ เช่น คำที่มีการเติม -ed, -ing, -es, -s เป็นต้น ซึ่งการหารากศัพท์จะทำให้คำสำคัญในดัชนีคำสำคัญอยู่ในรูปแบบเดียวกัน หากไม่มีการทำส่วนนี้แล้ว อาจจะทำให้ไม่สามารถค้นคืนบางผลลัพธ์ได้ เช่น คำว่า “created documents” หากไม่มีการหารากศัพท์ของคำ ถ้ากรณีที่ผู้ใช้ต้องการค้นคืนด้วยข้อความ “create document” ก็จะไม่สามารถแสดงผลที่เป็น “created documents” ดังกล่าวได้

หลังจากที่ได้ดัชนีคำสำคัญมาแล้ว ก็จะทำการกำหนดค่าน้ำหนักให้กับดัชนีคำสำคัญ เพราะว่าคำสำคัญที่ปรากฏในแต่ละส่วนของเอกสารจะมีความสำคัญและความถี่ (จำนวนที่ปรากฏ) ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องกำหนดน้ำหนักให้กับคำสำคัญของแต่ละส่วนของเอกสารที่ต่างกันด้วย ทั้งนี้ขั้นตอนการทำดัชนีคำสำคัญและการกำหนดค่าน้ำหนักให้คำสำคัญ จะใช้เครื่องมือที่ใช้หลักการของการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศที่เรียกว่าลูซีน (Lucene) ในการทำ โดยใช้สมการดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.1.1 ในการคำนวณค่าน้ำหนัก

คำสำคัญที่ได้มานั้นจะถูกบันทึกลงในไฟล์ดัชนีคำสำคัญที่สร้างขึ้น ซึ่งภายในไฟล์ดัชนีคำสำคัญจะระบุคำสำคัญ ความถี่ที่ปรากฏ และรายการเอกสารที่คำสำคัญปรากฏ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่

### 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างไฟล์ดัชนีคำสำคัญที่ประกอบด้วยคำสำคัญและจำนวนที่ปรากฏในเอกสาร

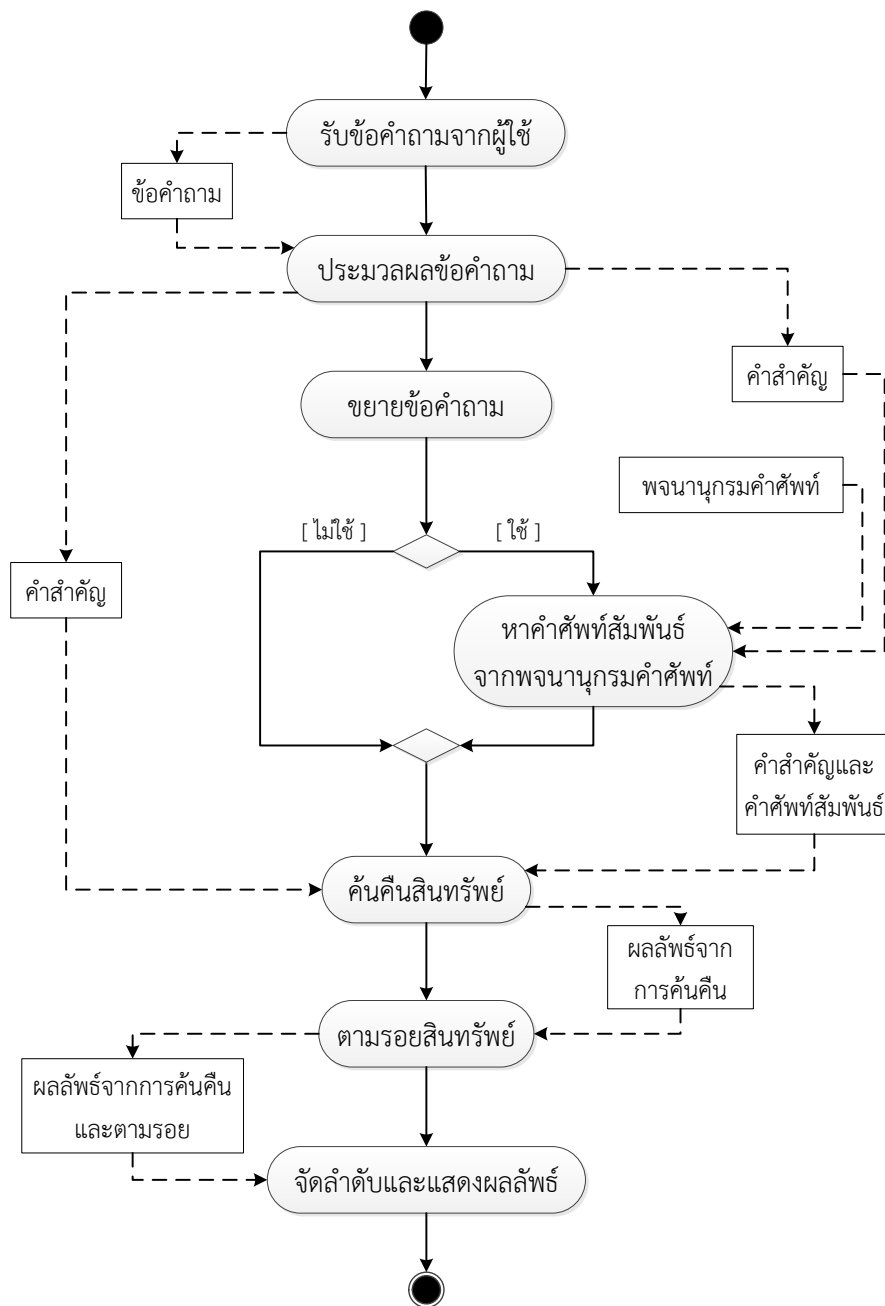
คำสำคัญ	เอกสาร						
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$
Automation	2	2	-	1	1	-	1
Can	-	-	2	-	-	-	1
Data	-	-	1	-	2	-	1
Occur	1	3	3	-	1	-	-
Information	-	1	-	-	2	1	-
Login	3	1	-	-	-	-	-
Pay	-	-	-	1	-	1	-
Register	1	-	-	1	-	-	-
Think	-	-	-	-	-	3	-

นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถทำการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ต่างๆ ได้โดยการทำเป็นเวอร์ชันของผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งกระบวนการวิธีจะเหมือนกับขั้นตอนการจัดเก็บสินทรัพย์ที่กล่าวมาข้างต้น แต่แตกต่างกันที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลสินทรัพย์เข้าไปใหม่ กล่าวคือผู้ใช้สามารถเรียกดูสินทรัพย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ และสามารถจัดการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลดังกล่าวของระบบนั้นๆ ได้

### 3.2 ขั้นตอนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยระบบจะรับคุณลักษณะ ฟังก์ชัน หรือคลาสที่ผู้ใช้ต้องการค้น

คืน ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของข้อความ จากนั้นจะทำการค้นคืนโดยการคำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างข้อความกับคลังข้อมูลสิทธิ์ที่สร้างไว้ และผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนจะเป็นตัวตั้งต้นสำหรับการติดตามรอยสิทธิ์ ซึ่งการติดตามรอยสิทธิ์นี้จะช่วยให้ผู้ใช้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิทธิ์ต่างๆ ของระบบนั้นๆ ได้ โดยสามารถแสดงเป็นแผนภาพกิจกรรมของขั้นตอนนี้ได้ดังรูปที่ 3.3 และสามารถอธิบายการทำงานเป็นส่วนๆ ดังนี้



รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการค้นคืนและการตามรอยสิทธิ์

### 3.2.1 ส่วนประมวลผลข้อความจากผู้ใช้งาน

ในส่วนนี้ระบบจะรับและประมวลผลข้อความออกเป็นคำสำคัญ เพื่อให้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีคำสำคัญของเอกสารที่จัดเก็บในระบบ วิธีการประมวลผลข้อความจะมีกระบวนการเหมือนกับการประมวลผลข้อความในขั้นตอนการสร้างดัชนีคำสำคัญ ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์คำ การกำจัดสโตปเวิร์ด และการหารากศัพท์ โดยผลลัพธ์ที่ได้ในกระบวนการนี้จะเป็นคำศัพท์ต่างๆ สำหรับใช้ในกระบวนการต่อไป

### 3.2.2 ส่วนขยายข้อความ

ทางผู้วิจัยได้มองว่าข้อความที่ได้จากผู้ใช้งานอาจไม่สามารถค้นคืนและแสดงสินทรัพย์ได้ครบถ้วนทั้งหมด เพราะคำที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บอาจไม่ตรงกัน ทั้งที่แท้จริงแล้วอาจมีความหมายเหมือนกัน เช่น ผู้ใช้งานใส่ข้อความว่า “Bookings” แต่ในสินทรัพย์ที่จัดเก็บเป็น “Reserving” ซึ่งมีความหมายเหมือนกันแต่การเขียนไม่เหมือนกัน ส่งผลให้ไม่สามารถค้นคืนและแสดงสินทรัพย์ดังกล่าวได้

งานวิจัยนี้จึงได้นำวิธีการขยายข้อความจากผู้ใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นคืนให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ซึ่งการขยายข้อความจะใช้วิธีการทำพจนานุกรมคำศัพท์ (Thesaurus) วิธีการคือจะนำคำสำคัญที่ได้จากส่วนประมวลผลข้อความไปหาคำสำคัญที่มีความหมายคล้ายกันจากพจนานุกรมคำศัพท์ เช่น ข้อความที่ได้จากผู้ใช้งานคือ “Purchase” เมื่อใช้การขยายข้อความจะได้ “Purchase” และ “Buy” แล้วจึงนำคำสำคัญที่ได้ทั้งหมดไปทำการค้นคืนสินทรัพย์และแสดงผลลัพธ์ต่อไป โดยงานวิจัยนี้จะใช้พจนานุกรมคำศัพท์ของเวิร์ดเน็ต (Wordnet) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่รวบรวมคำศัพท์สัมพันธ์ทางภาษาอังกฤษเอาไว้

### 3.2.3 ส่วนการค้นคืน

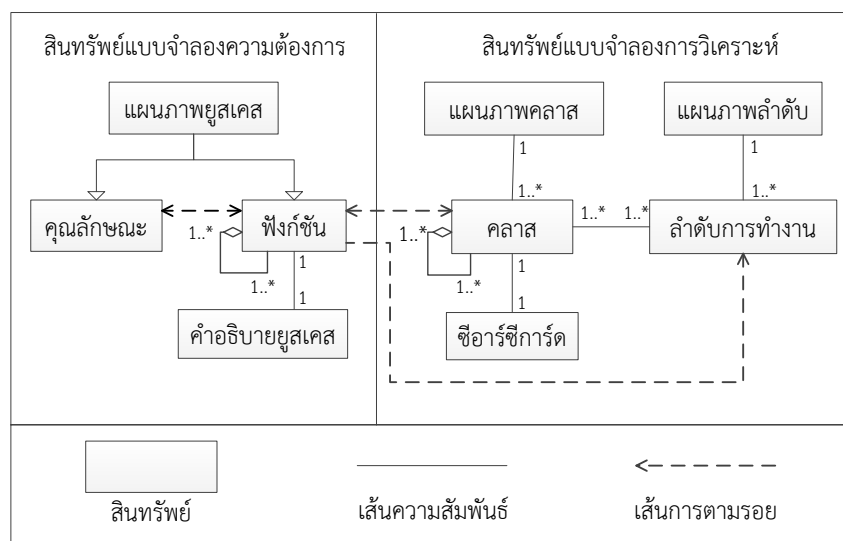
ในส่วนนี้ระบบจะทำการค้นคืนสินทรัพย์ต่างๆ ที่เก็บอยู่ในคลังข้อมูลสินทรัพย์ โดยการเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงระหว่างคำสำคัญจากข้อความและจากการขยายข้อความกับดัชนีคำสำคัญที่สร้างเก็บไว้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ในการหาค่าความคล้ายคลึง โดยใช้สมการคำนวณค่าความคล้ายคลึงที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อย่อย 2.1.1.1 นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถให้

ระบบแสดงผลลัพธ์ที่ต้องการให้มีความเฉพาะมากขึ้นด้วยการเลือกประเภทของสินทรัพย์หรือชนิดของสินทรัพย์ได้

### 3.2.4 ส่วนการตามรอย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนจะเป็นตัวตั้งต้นสำหรับใช้ในกระบวนการตามรอยสินทรัพย์ที่มีความสัมพันธ์ต่อไป กล่าวคือการตามรอยจะช่วยให้ผู้ใช้เห็นถึงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงกันระหว่างสินทรัพย์ที่ค้นคืนได้กับสินทรัพย์อื่นๆ ทั้งนี้การตามรอยสามารถตามรอยได้สองแบบ แบบแรกเป็นการตามรอยภายในแบบจำลอง และแบบที่สองเป็นการตามรอยระหว่างแบบจำลอง โดยการตามรอยสินทรัพย์จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

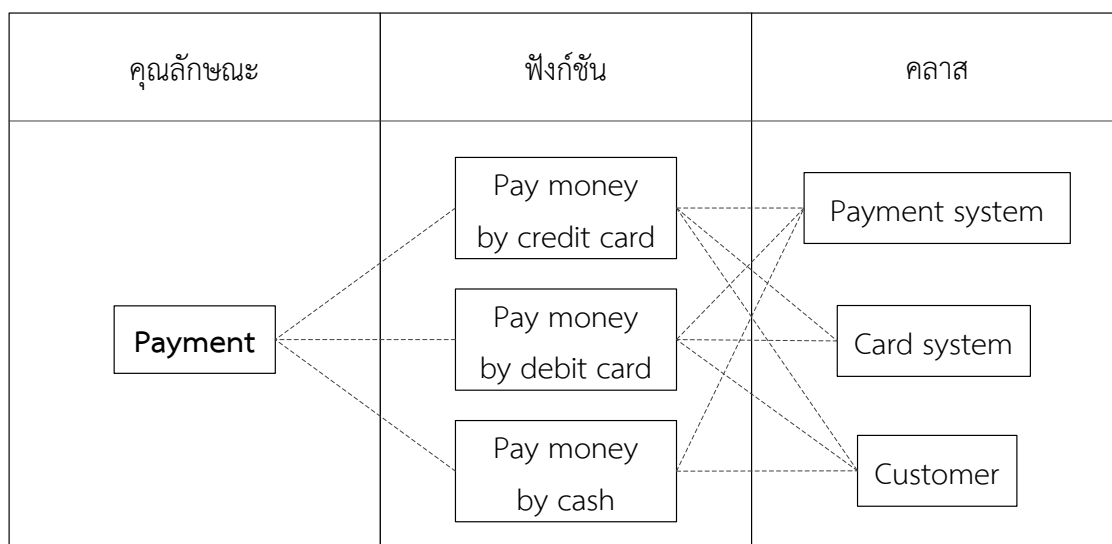
จากรูปที่ 3.4 และดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.1.2 เรื่องสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์สินทรัพย์คุณลักษณะจะเป็นตัวแทนของแพคเกจที่ปรากฏอยู่ในแผนภาพยูสเคส สินทรัพย์ฟังก์ชันจะเป็นตัวแทนของยูสเคสที่ปรากฏอยู่ในแผนภาพยูสเคส และสินทรัพย์คลาสจะเป็นตัวแทนของคลาสที่ปรากฏอยู่ในแผนภาพคลาส นอกจากนี้สามารถแบ่งสินทรัพย์ข้างต้นตามชนิดของสินทรัพย์ออกได้เป็น 3 ประเภทคือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก โดยสามารถยกตัวอย่างการตามรอยสินทรัพย์ เช่น เมื่อผู้ใช้ใส่ข้อความคำถามที่ประเภทของสินทรัพย์เป็น “คลาส” จะได้ผลการค้นคืนเป็น “คลาส” และสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปตามรอย “ฟังก์ชัน” และ “คุณลักษณะ” ที่มีความสัมพันธ์กันได้



รูปที่ 3.4 สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ เส้นความสัมพันธ์ และเส้นการตามรอย

### 3.2.5 ส่วนจัดลำดับและแสดงผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนและการตามรอยจะเรียงลำดับรายการสินทรัพย์ตามค่าความคล้ายคลึงจากมากไปหาน้อย นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดของสินทรัพย์ที่ได้จากการค้นคืนและตามรอยจากแผนภาพลำดับ คำอธิบายยูสเคสและซีอาร์ซีการ์ด โดยสามารถแสดงตัวอย่างการค้นคืนคุณลักษณะด้วยข้อความ “Payment” และแสดงผลลัพธ์เป็นคุณลักษณะ “Payment” ที่สามารถตามรอยฟังก์ชัน “Pay money by credit card”, “Pay money by debit card” และ “Pay money by cash” ที่สัมพันธ์กัน และสามารถตามรอยคลาสที่เกี่ยวข้องจากฟังก์ชันดังกล่าว ได้เป็นคลาส “Payment system”, “Card system” และ “Customer” ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างผลจากการค้นคืนคุณลักษณะ “Payment” และการตามรอยสินทรัพย์ที่เกี่ยวข้อง

### 3.3 ขั้นตอนการประเมินผลการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์

วัตถุประสงค์หลักของการประเมินผลคือ เพื่อวัด ประสิทธิภาพการค้นคืนสินและการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยสามารถแบ่งการประเมินผลออกเป็น 2 วิธีคือ

#### 3.3.1 การประเมินผลการค้นคืนสินทรัพย์

ผู้วิจัยได้ใช้ตัววัดสำหรับการประเมิน 3 รายการด้วยกันคือ ค่าระลอก ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก ซึ่งใช้สมการที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อย่อย 2.1.1.3



### 3.3.2 การประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์

วัตถุประสงค์ของการประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์คือ เพื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของการตามรอยสินทรัพย์ต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืน วิธีการคือผู้วิจัยจะให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดเขตคำตอบที่ถูกต้องของการตามรอยสินทรัพย์ หากผลการตามรอยสินทรัพย์ที่ระบบแสดงตรงกับเขตคำตอบของผู้เชี่ยวชาญ จะถือว่าผลลัพธ์นั้นมีความถูกต้อง โดยสามารถยกตัวอย่างที่สมมุติเป็นการประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์ ได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์

กรณีที่	ผลลัพธ์จากการค้นคืน	เขตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ			เขตคำตอบจากเครื่องมือ	ผลการประเมิน
		คุณลักษณะ	ฟังก์ชัน	คลาส		
1.	Payment	-	- Pay money by credit card - Pay money by mobile - Pay money by cash	- Customer - Payment form	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
2.	Pay money	- Payment	- Buy goods	- Customer - Payment form	ไม่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 3.2 ในส่วนของกรณีที่ 1 สามารถอธิบายได้ว่า ผลลัพธ์จากการค้นคืนประเภทคุณลักษณะที่เป็น “Payment” สามารถตามรอยได้ดังแสดงในตารางตรงเขตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ เมื่อให้ระบบทำการตามรอยก็ได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถตามรอยได้อย่างถูกต้อง ส่วนในกรณีที่ 2 ที่เป็นผลลัพธ์จากการค้นคืนประเภทฟังก์ชัน “Pay money” สามารถตามรอยได้ดังแสดงในตารางตรงเขตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ แต่เมื่อให้ระบบทำการตามรอย ระบบไม่สามารถแสดงผลตามเขตคำตอบของผู้เชี่ยวชาญได้ จึงสรุปได้ว่าระบบไม่สามารถตามรอยได้อย่างถูกต้อง

## บทที่ 4

### การทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองตามแนวคิดที่นำเสนอในบทที่ 3 โดยมีส่วนหลักๆ คือ วัตถุประสงค์ของการทดลอง วิธีการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง การประเมินผล การทดลอง และสรุปผลการทดลอง

#### 4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการทดลองในงานวิจัยนี้คือ เพื่อวัดประสิทธิผลของการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ เพราะว่าผลของการค้นคืนจะใช้ในการตามรอยสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ผลของการค้นคืนที่มีความแม่นยำและถูกต้อง จะส่งผลให้การตามรอยมีความถูกต้องด้วย สำหรับในส่วนของทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการตามรอยสินทรัพย์ด้วย 2 วิธีการ คือ

- 1) การตามรอยด้วยการค้นคืนสินทรัพย์ที่ข้อความตรงกับสินทรัพย์ที่จัดเก็บ ซึ่งเป็นวิธีการตามรอยสินทรัพย์แบบทั่วๆ ไป กล่าวคือ เมื่อได้ข้อความแล้วจะทำการค้นคืนสินทรัพย์โดยการเปรียบเทียบข้อความกับชื่อสินทรัพย์ที่จัดเก็บว่าตรงกันหรือไม่ เช่น ผู้ใช้ใส่ข้อความว่า “Pay money by cash” ระบบจะทำการค้นคืนกับสินทรัพย์ที่จัดเก็บ โดยเปรียบเทียบข้อความดังกล่าวกับข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ หากตรงกันก็จะแสดงผลลัพธ์ออกมา แต่ถ้าหากไม่ตรงกันก็จะไม่แสดงผลลัพธ์ใดๆ

- 2) การตามรอยด้วยการค้นคืนสินทรัพย์ตามค่าความคล้ายคลึงระหว่างข้อความกับสินทรัพย์ที่จัดเก็บ กล่าวคือเมื่อระบบได้ข้อความแล้วจะทำการค้นคืนสินทรัพย์โดยการคำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างข้อความกับสินทรัพย์ที่จัดเก็บ เช่น ผู้ใช้ใส่ข้อความว่า “Pay money by cash” ระบบจะไม่ใช้ค้นคืนแค่ชื่อสินทรัพย์ที่ตรงกันอย่างเดียว แต่จะทำการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกับชื่อและคำอธิบายของสินทรัพย์ที่จัดเก็บด้วย ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่เรียงตามลำดับค่าความคล้ายคลึงกับข้อความคือ “Pay money by cash”, “Pay money by credit” และ “Pay money by debit” เป็นต้น

เมื่อได้ผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กันกับข้อความจาก 2 วิธีการข้างต้นแล้ว ระบบสามารถตามรอยสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันต่อไปได้ เช่นจากตัวอย่างคือได้ผลลัพธ์เป็น “Pay money by cash” สามารถตามรอยสินทรัพย์ได้เป็น “Payment”, “Bank account” หรือ “Card system” ได้

## 4.2 การทดลอง

จากวิธีการตามรอยสินทรัพย์ที่ได้กล่าวไว้ในวัตถุประสงค์ของการทดลองข้างต้น ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ และการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

### 4.2.1 การทดลองการค้นคืนสินทรัพย์

การทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ เป็นการทดลองวัดประสิทธิผลของระบบในการค้นคืนสินทรัพย์ที่ตรงความต้องการของผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองดังนี้

#### 4.2.1.1 วิธีการทดลอง

การที่จะทำให้การทดลองมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีนั้น ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองต้องมีการเลือกและออกแบบให้เป็นไปได้ในทางที่สามารถควบคุมและลดความโน้มเอียงที่อาจส่งผลต่อการทดลองได้ สำหรับปัจจัยต่างๆ ที่พูดถึงจะประกอบด้วย ข้อมูลสินทรัพย์ (Assets) หน่วยตัวอย่าง (Sample units) วิธีการค้นคืน (Retrieval methods) โจทย์ปัญหา (Problem topics) และข้อความ (Queries) ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังนี้

1) **ข้อมูลสินทรัพย์** ข้อมูลสินทรัพย์ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากสองแหล่งด้วยกัน แหล่งแรกมาจากหนังสือการออกแบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้ยูเอ็มแอล [1] และแหล่งที่สองมาจากงานวิจัยของคุณฐิติวรรณและคณะ [11] โดยข้อมูลสินทรัพย์ประกอบด้วย 5 ระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 โดเมน (Domain) คือ โดเมนการซื้อขาย (Dealing domain) และโดเมนการเช่า (Rental domain) นอกจากนี้ในแต่ละระบบสามารถแบ่งตามประเภทของสินทรัพย์ (Asset categories) ที่ประกอบด้วย คุณลักษณะ ฟังก์ชันและคลาส และแบ่งตามชนิดของสินทรัพย์ (Asset types) ที่ประกอบด้วย ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังแสดงรายละเอียดของข้อมูลสินทรัพย์ในตารางที่ 4.1 และจะแสดงรายละเอียดของสินทรัพย์ทั้งหมดในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ

โดเมน	ชื่อระบบ	สินทรัพย์								
		คุณลักษณะ			ฟังก์ชัน			คลาส		
		C	O	A	C	O	A	C	O	A
การซื้อขาย	1.Electronic commerce	3	1	2	7	2	7	7	6	2
	2. Vending system	2	2	-	5	3	1	14	1	2
	3.Mobile selling online	3	1	-	7	4	1	5	2	-
การเช่า	4. Rental application	2	2	-	10	4	-	8	2	2
	5. Library system	3	1	1	7	4	3	9	3	-
รวมทั้งหมด		13	7	3	36	17	12	43	14	6

\*ให้ C = ส่วนทั่วไป, O = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และ A = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

2) **หน่วยตัวอย่าง** งานวิจัยนี้ได้ใช้หน่วยตัวอย่างจำนวน 7 หน่วยตัวอย่าง มาเป็นผู้กำหนดข้อความจากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยหน่วยตัวอย่างทั้งหมดเป็นนิสิตที่กำลังศึกษาระดับปริญญาโท ชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ และมีประสบการณ์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ด้านการค้นคืนสารสนเทศ และด้านการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยยูเอ็มแอล รวมทั้งมีเกณฑ์คะแนนการสอบวัดความชำนาญภาษาอังกฤษของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU-TEP) อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 450 คะแนน

3) **วิธีการค้นคืน** เพื่อให้ได้ผลการค้นคืนที่ตอบโจทย์แก่ผู้ใช่มากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการทดลองระหว่างการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวกับการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ นอกจากนี้จะใช้วิธีการขยายข้อความ (Query expansion) ด้วยการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ (Thesaurus) กับวิธีการทั้ง 2 ข้างต้น รวมได้วิธีการค้นคืนทั้งหมด 4 วิธี ดังตารางที่ 4.2 และมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 วิธีการค้นคืนที่ใช้ในการทดลอง

วิธีที่	วิธีการค้นคืน
ก	ค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์
ข	ค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ และใช้วิธีการขยายข้อความ
ค	ค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์
ง	ค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ และใช้วิธีการขยายข้อความ

ก) การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ วิธีการคือจะใช้ข้อความที่ได้ไปค้นคืนกับชื่อสินทรัพย์ที่จัดเก็บอยู่ในระบบ โดยชื่อสินทรัพย์จะมาจาก ชื่อคุณลักษณะ ชื่อฟังก์ชัน และชื่อคลาส

ข) การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์และใช้วิธีการขยายข้อความ วิธีการคือนำเอาข้อความที่ได้ไปหาคำศัพท์จากพจนานุกรมคำศัพท์ แล้วจึงนำข้อความและคำศัพท์ที่ได้ไปค้นคืนกับชื่อสินทรัพย์ที่จัดเก็บอยู่ในระบบ โดยชื่อสินทรัพย์จะมาจาก ชื่อคุณลักษณะ ชื่อฟังก์ชัน และชื่อคลาส

ค) การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ วิธีการคือจะใช้ข้อความที่ได้ไปค้นคืนกับชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่จัดเก็บอยู่ในระบบ โดยชื่อสินทรัพย์จะมาจาก ชื่อคุณลักษณะ ชื่อฟังก์ชัน และชื่อคลาส ส่วนคำอธิบายสินทรัพย์จะมาจาก คำอธิบายคุณลักษณะ คำอธิบายยูสเคส และซีอาร์ซีการ์ด

ง) การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์และใช้วิธีการขยายข้อความ วิธีการคือนำเอาข้อความที่ได้ไปหาคำศัพท์จากพจนานุกรมคำศัพท์ แล้วจึงนำข้อความและคำศัพท์ที่ได้ไปค้นคืนกับชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่จัดเก็บอยู่ในระบบ โดยชื่อสินทรัพย์จะมาจาก ชื่อคุณลักษณะ ชื่อฟังก์ชัน และชื่อคลาส ส่วนคำอธิบายสินทรัพย์จะมาจาก คำอธิบายคุณลักษณะ คำอธิบายยูสเคส และซีอาร์ซีการ์ด

4) **โจทย์ปัญหา** กระบวนการพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์สามารถมองได้หลากหลายมุมมองตามความต้องการและจุดประสงค์ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Stakeholders) [13] ยกตัวอย่างเช่น นักวิเคราะห์ระบบ (System analysts) มีความต้องการสร้างระบบซอฟต์แวร์ขึ้นมาใหม่ ในขณะที่เดียวกันผู้จัดการโครงการ (Project managers) อาจมีความต้องการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ในระบบซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงได้สร้างโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จำนวน 2 สถานการณ์ (Scenarios) โดยมองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นตัวแทนของข้อคำถามสำหรับใช้ในขั้นตอนการค้นคว้าต่อไป โดยแสดงรายละเอียดของสถานการณ์ทั้ง 2 ได้ดังนี้

ก) สถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ (Create a new product scenario) สถานการณ์นี้มักเกิดขึ้นเมื่อต้องการสร้างผลิตภัณฑ์หรือซอฟต์แวร์ใหม่ การตามรอยจะช่วยให้ผู้ใช้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสินทรัพย์จากการสร้างสินทรัพย์ใหม่ โดยสมมติให้เป็นการสร้างสินทรัพย์ระบบการซื้อขายสินค้า (Dealing system) เช่น การเพิ่มคุณลักษณะ “Customer service” การเพิ่มฟังก์ชัน “Transfer money” หรือการเพิ่มคลาส “Wholesaler” เป็นต้น

ข) สถานการณ์การเพิ่ม การลบ หรือการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ (Adding, removing or modifying assets scenario) สถานการณ์นี้มักเกิดขึ้นเมื่อต้องการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ของระบบซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ การตามรอยจะช่วยให้ผู้ใช้เห็นถึงความสัมพันธ์และผลกระทบของสินทรัพย์ต่างๆ จากความต้องการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ย่อย ดังนี้

- สถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ (Adding assets scenario) ในสถานการณ์นี้จะสมมติเป็นการเพิ่มสินทรัพย์ระบบการขายสินค้าออนไลน์ (Internet selling system) เช่น การเพิ่มคุณลักษณะ “Delivery purchase order” การเพิ่มฟังก์ชัน “Create requisition” เป็นต้น

- สถานการณ์การลบสินทรัพย์ (Removing assets scenario) ในสถานการณ์นี้จะสมมติเป็นการลบสินทรัพย์ระบบให้เช่าสื่อ (Media rental system) เช่น การลบฟังก์ชัน “Pay money by credit card” การลบคลาส “Invoice” เป็นต้น

- สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ (Modifying assets scenario) ในสถานการณ์นี้จะสมมติเป็นการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ระบบการซื้อและเช่าสินค้า (Buying and renting system) เช่น การเปลี่ยนแปลงคลาส “Wholesaler” การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ “Business customer” เป็นต้น

เนื่องจากในสถานการณ์ ก) ที่เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่ ลักษณะการค้นคว้าของสถานการณ์นี้จะเป็นการค้นคว้าตามประเภทของสินทรัพย์ทั้ง 3 ประเภท (คุณลักษณะ ฟังก์ชันและ

คลาส) รวมถึงคำสำคัญ (Keywords) ที่ไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ ทำให้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 สถานการณ์ย่อย ซึ่งจะแตกต่างจากสถานการณ์ ข) ที่เป็นการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ ลักษณะการคั่นคั้นของสถานการณ์นี้เป็นการคั่นคั้นตามประเภทของสินทรัพย์ทั้ง 3 ประเภท รวมถึงคำสำคัญที่ไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ และตามชนิดของสินทรัพย์ทั้ง 3 ชนิด (ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือกและส่วนแปรผันแบบทางเลือก) ทำให้สามารถแบ่งออกได้เป็น 12 สถานการณ์ย่อย และเนื่องจากสถานการณ์นี้สามารถแบ่งออกได้ 3 สถานการณ์คือ การเพิ่ม การลบ และการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้ได้สถานการณ์ทั้งหมด 36 สถานการณ์ย่อย ซึ่งสามารถสรุปรวมได้เป็น สถานการณ์ย่อยทั้งหมด 40 สถานการณ์ โดยสามารถแสดงสถานการณ์ย่อยทั้งหมดต่างๆ ข้างต้นได้ดัง ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนสถานการณ์ย่อยของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น

สถานการณ์หลัก	ประเภทของสินทรัพย์	ชนิดของสินทรัพย์	จำนวนสถานการณ์ย่อย
1. สถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	คุณลักษณะ	-	1
	ฟังก์ชัน	-	1
	คลาส	-	1
	คำสำคัญ	-	1
2. สถานการณ์การเพิ่ม ลบ และเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	คุณลักษณะ	ส่วนทั่วไป	3
		ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	3
		ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	3
	ฟังก์ชัน	ส่วนทั่วไป	3
		ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	3
		ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	3
	คลาส	ส่วนทั่วไป	3
		ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	3
		ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	3

ตารางที่ 4.3 จำนวนสถานการณ์ย่อยของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น (ต่อ)

สถานการณ์หลัก	ประเภทของ สินทรัพย์	ชนิดของสินทรัพย์	จำนวน สถานการณ์ย่อย
2. สถานการณ์การเพิ่ม ลบ และเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	ค่าสำคัญ	ส่วนทั่วไป	3
		ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	3
		ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	3
		รวม	40

5) **ข้อคำถาม** ข้อคำถามที่ใช้ในการค้นคืนของงานวิจัยนี้ ได้จากการให้หน่วยตัวอย่างเป็นผู้สร้างขึ้นจากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นจากข้อ 4) ที่ประกอบด้วยสถานการณ์ย่อยทั้งหมด 40 สถานการณ์ย่อย ดังนั้นจึงได้โจทย์ปัญหาจำนวน 40 โจทย์ปัญหา และจากวิธีการทดลองทั้ง 4 วิธี และหน่วยตัวอย่างทั้ง 7 ทำให้ได้ข้อคำถามทั้งหมด 1,120 ข้อคำถาม หลังจากที่ได้ข้อคำถามจากหน่วยตัวอย่างมาทั้งหมดแล้ว จะต้องทำการคัดกรองข้อคำถามสำหรับการค้นคืนใหม่ เช่น ตัดข้อคำถามที่ซ้ำกัน (ในโจทย์ปัญหาเดียวกัน) หรือตัดบางข้อคำถามที่ไม่ตรงกับโจทย์ปัญหาทิ้งไป ทั้งนี้แล้วถ้าไม่มีการคัดกรองข้อคำถามใหม่ อาจทำให้ผลการประเมินคลาดเคลื่อนได้ โดยขั้นตอนการคัดกรองข้อคำถามสามารถแสดงออกเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

ก) การตัดข้อคำถามที่ซ้ำกัน ในกรณีที่เป็นโจทย์ปัญหาเดียวกัน หากมีข้อคำถามที่ซ้ำกัน ก็ จะตัดให้เหลือเพียงแค่ 1 ข้อคำถามเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น โจทย์ปัญหา “การเพิ่มคุณลักษณะเกี่ยวกับการซื้อขาย สามารถทำการซื้อ การขาย และการจัดการเกี่ยวกับการขาย” ที่ได้ข้อคำถามเป็น “Purchase order, Purchase, Electronic commerce, Purchase order, Vending transaction, Purchasing และ Selling management” โดยจะสังเกตเห็นว่าข้อคำถาม “Purchase order” ซ้ำกัน อยู่ 2 ข้อคำถาม จึงทำการตัดให้เหลือข้อคำถามดังกล่าวเพียงแค่ 1 ข้อคำถาม

ข) การตัดข้อคำถามที่ไม่ตรงกับโจทย์ปัญหา ในส่วนของกรณีนี้ผู้วิจัยจะใช้ดุลยพินิจในการตัดข้อคำถามที่คาดว่าไม่สัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาทิ้งไป ยกตัวอย่างเช่น โจทย์ปัญหา “คลาสที่เป็นสัญญา การซื้อขาย ซึ่งจะเป็นเอกสารยืนยันการซื้อขายสินค้าบางอย่าง” ที่ได้ข้อคำถามเป็น (ตัดข้อคำถามที่ซ้ำ

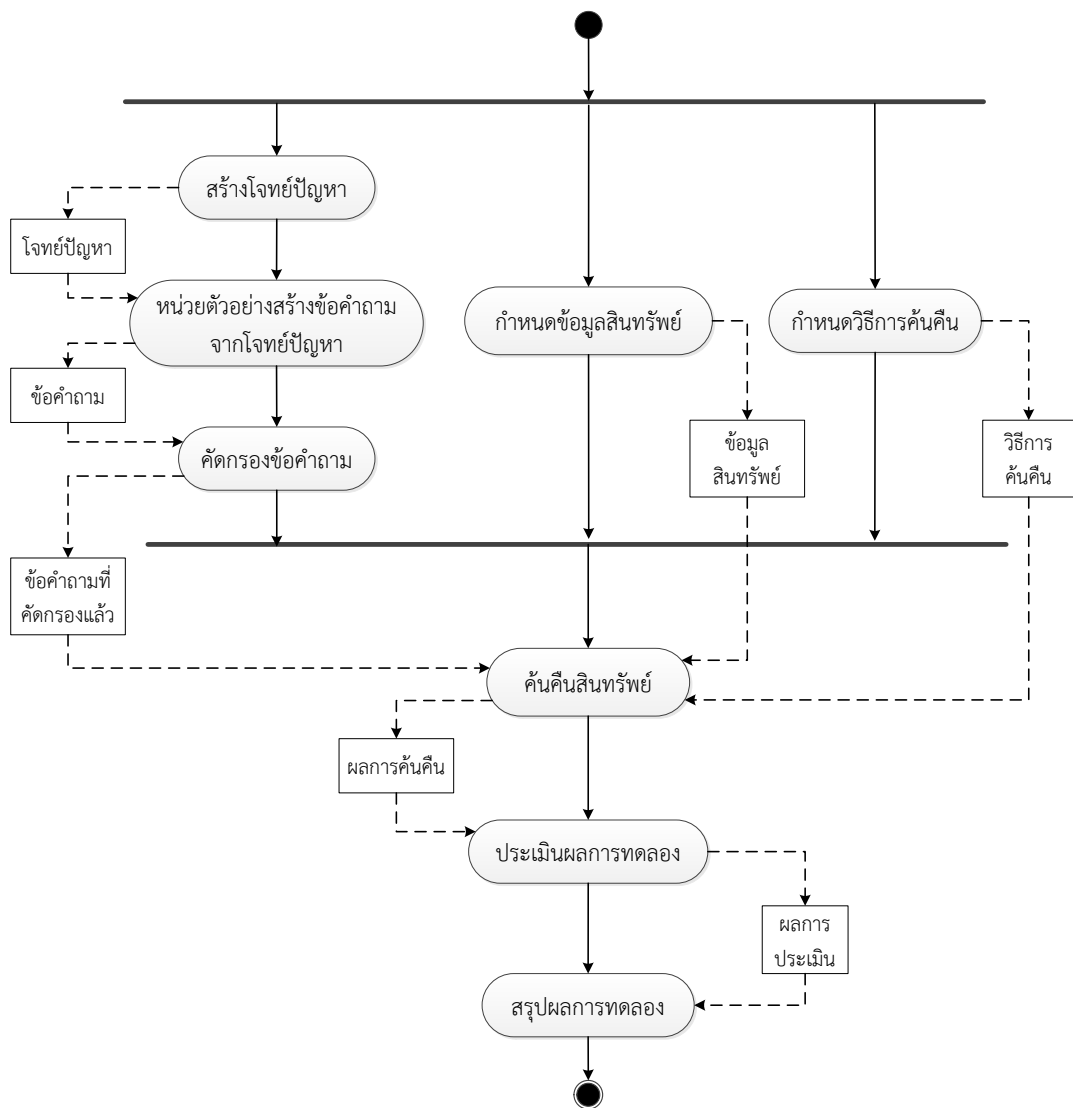


กันแล้ว) “Contract และ Promise” โดยจะเห็นว่าข้อความ “Promise” เป็นข้อความที่ไม่สัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการตัดข้อความนี้ทิ้งไป

หลังจากใช้วิธีการคัดกรองข้อความกับทั้ง 2 วิธีข้างต้น ทำให้ได้ข้อความสำหรับใช้ในขั้นตอนการค้นคืนจำนวน 294 ข้อความ

#### 4.2.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

จากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อให้หน่วยตัวอย่างสร้างข้อความขึ้นมาสำหรับใช้ในการค้นคืนข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บไว้ สามารถแสดงเป็นลำดับการทำงานได้ดังแผนภาพกิจกรรมในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการทดลอง

#### 4.2.1.3 ตัวอย่างการทดลองและการประเมินผลการทดลอง

เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดลองและการประเมินผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น หัวข้อนี้จึงยกตัวอย่างการทดลองและการประเมินผลการทดลอง โดยสมมติเป็นสถานการณ์ “การเพิ่มสินทรัพย์คุณลักษณะ” และมีรายละเอียดดังนี้

1) โจทย์ปัญหา กำหนดให้โจทย์ปัญหาเป็น “คุณลักษณะเกี่ยวกับการซื้อขาย สามารถทำการซื้อ การขาย และการจัดการเกี่ยวกับการขาย”

2) ข้อคำถาม ได้จากหน่วยทดลองจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้ข้อคำถามดังนี้ (ผ่านการคัดกรองข้อคำถามแล้ว) “Purchase order”, “Commerce”, “Purchase”, “Vending transaction”, “Purchasing” และ “Selling management”

3) การขยายข้อคำถาม ข้อคำถามที่ได้จากผู้ใช้นำมาขยายข้อคำถามด้วยพจนานุกรมคำศัพท์ได้ดังนี้

- Purchase order ขยายได้เป็น buy และ leverage
- Commerce ขยายได้เป็น commercialism และ mercantilism
- Purchase ขยายได้เป็น leverage และ sale
- Vending transaction ขยายได้เป็น hawking และ peddling
- Purchasing ขยายได้เป็น buying, buy และ purchase
- Selling management ขยายได้เป็น trade, marketing, deal และ sell

4) เซตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ ได้จากผู้เชี่ยวชาญกำหนดขึ้น นั่นคือ “Electronic commerce kernel”, “Purchase order”, “Vending” และ “Selling kernel”

เมื่อนำโจทย์ปัญหา ข้อคำถามและเซตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญข้างต้น มาทำการทดลองโดยใช้วิธีการค้นคืนจากหัวข้อที่ 4.2.3 และนำผลลัพธ์ที่ได้ทำการประเมินผลการทดลองโดยใช้มาตรวัดทั้ง 3 อันได้แก่ ค่าระลอก(R) ค่าความแม่นยำ(P) และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก(H) โดยสามารถแสดงผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างการประเมินผลการทดลอง

ลำดับ	ข้อความ	ไม่ใช้การขยายข้อความ				ใช้การขยายข้อความ			
		การค้นคืนด้วย ชื่อสินทรัพย์		การค้นคืนด้วย ชื่อและคำอธิบาย สินทรัพย์		การค้นคืน ด้วยชื่อ สินทรัพย์		การค้นคืนด้วย ชื่อและคำอธิบาย สินทรัพย์	
		R	P	R	P	R	P	R	P
1	Purchase order	0.25	1.00	1.00	1.00	0.50	0.67	1.00	0.80
2	Electronic commerce	0.25	1.00	0.25	1.00	0.25	1.00	0.25	1.00
3	Purchase	0.25	1.00	1.00	1.00	0.50	0.67	1.00	0.80
4	Vending transaction	0.25	1.00	0.50	0.33	0.25	1.00	0.50	0.33
5	Purchasing	0.25	1.00	1.00	1.00	0.50	0.67	1.00	0.80
6	Selling management	0.25	0.20	0.75	0.38	0.25	0.20	0.75	0.38
	เฉลี่ย	0.25	0.87	0.75	0.78	0.38	0.70	0.75	0.68
	H	0.37		0.72		0.46		0.66	

#### 4.2.1.4 การประเมินผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ตามวิธีการและขั้นตอนการทดลองในหัวข้อ 4.2.1.1 และ 4.2.1.2 แล้วสามารถนำมาสรุปผลการประเมินตามมาตรวัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ค่าระลอก (R) ค่าความแม่นยำ (P) และค่าเฉลี่ย ฮาร์โมนิก (H) โดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทั้ง 4 ตามหัวข้อย่อยที่ 3) ในหัวข้อที่ 4.2.1.1 และสามารถสรุปผลการประเมินตามโจทย์ปัญหาหัวข้อย่อยที่ 4) ในหัวข้อย่อยที่ 4.2.1.1 ที่แบ่งสถานการณ์ออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้ดังนี้

##### 1) ผลการประเมินของสถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

ผลการประเมินของสถานการณ์นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ไม่ใช้การขยายข้อความและกรณีที่ใช้การขยายข้อความ ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินของสถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ

สถานการณ์	ประเภทของ สินทรัพย์	ไม่ใช้การขยายข้อความ								
		การค้นคืนด้วยชื่อ สินทรัพย์			การค้นคืนด้วยชื่อ และคำอธิบาย สินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลง ร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
การสร้าง ผลิตภัณฑ์ใหม่	คุณลักษณะ	0.54	0.54	0.54	0.78	0.57	0.66	+44.4	+5.6	+22.2
	ฟังก์ชัน	0.58	0.44	0.50	0.96	0.51	0.66	+65.5	+15.9	+32.0
	คลาส	0.72	0.72	0.72	0.89	0.65	0.75	+23.6	-9.7	+4.2
	คำสำคัญ	0.74	0.53	0.61	0.93	0.26	0.40	+25.7	-50.9	-34.4
<b>เฉลี่ย</b>		0.65	0.56	0.60	0.89	0.50	0.64	+36.9	-10.7	+6.7

ก) กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และสามารถอธิบายผลการประเมินตามมาตรวัดทั้ง 3 ได้ดังนี้

- ค่าระลึกร การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าระลึกรที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ เพราะว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะได้ค่าที่กว้างขึ้นสำหรับใช้ในขั้นตอนการเปรียบเทียบกับข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าระลึกร พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของทุกประเภทสินทรัพย์ให้อัตราค่าระลึกรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากได้ค่าที่กว้างขึ้นสำหรับใช้ในการค้นคืนนั่นเอง

- ค่าความแม่นยำ ประเภทสินทรัพย์ที่เป็นคุณลักษณะและฟังก์ชัน เมื่อทำการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อย การใช้คำอธิบายสินทรัพย์จะทำให้ได้ค่าที่มากขึ้นสำหรับใช้ในการค้นคืน แต่จะตรงข้ามกับประเภทสินทรัพย์ที่เป็นคลาส และคำสำคัญที่เป็นการไม่ระบุประเภทสินทรัพย์ การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมากและสื่อความหมายในตัวอยู่แล้ว และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าความแม่นยำ พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของประเภทสินทรัพย์ที่เป็นคุณลักษณะและฟังก์ชันมีอัตราค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น เพราะว่าคุณลักษณะของข้อมูลประเภทนี้มีจำนวนน้อย การใช้ทั้ง

ชื่อและคำอธิบายจะช่วยให้การค้นคืนได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว แต่จะตรงข้ามกับประเภทสินทรัพย์ที่เป็นคลาสและคำสำคัญที่มีอัตราค่าความแม่นยำลดลง เพราะว่าลักษณะของข้อมูลประเภทนี้มีจำนวนค่อนข้างเยอะ การค้นคืนเพียงแค่ชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวก็สามารถแสดงผลได้ดีกว่า

- ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก เป็นการรวมเอาค่าระลิกและค่าความแม่นยำไว้ด้วยกัน การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์มีค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์มีอัตราค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าในกรณีการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ผลที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินของสถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีใช้การขยายข้อความ

สถานการณ์	ประเภทของสินทรัพย์	ใช้การขยายข้อความ								
		การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลงร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	คุณลักษณะ	0.69	<b>0.55</b>	0.61	<b>0.90</b>	0.52	<b>0.66</b>	<b>+30.4</b>	-5.5	<b>+8.2</b>
	ฟังก์ชัน	0.78	<b>0.50</b>	<b>0.61</b>	<b>1.00</b>	0.26	0.41	<b>+28.2</b>	-48.0	-32.8
	คลาส	0.75	<b>0.67</b>	0.71	<b>0.92</b>	0.65	<b>0.76</b>	<b>+22.7</b>	-3.0	<b>+7.0</b>
	คำสำคัญ	0.81	<b>0.36</b>	<b>0.50</b>	<b>0.94</b>	0.21	0.34	<b>+16.0</b>	-41.7	-32.0
	<b>เฉลี่ย</b>	0.76	<b>0.52</b>	<b>0.62</b>	<b>0.94</b>	0.41	0.57	<b>+23.7</b>	-21.2	-8.1

ข) กรณีใช้การขยายข้อความ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และสามารถอธิบายผลการประเมินตามมาตรวัดทั้ง 3 ได้ดังนี้

- ค่าระลิก การขยายข้อความจะทำให้ค่าระลิกของทั้ง 2 วิธีมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากจะได้คำที่เพิ่มขึ้นจากการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ในการค้นคืน และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าระลิก พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของทุกประเภทสินทรัพย์มีอัตราค่าระลิกที่

เพิ่มขึ้น เพราะค่าที่ได้จากการขยายข้อคำถามจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มากขึ้น ส่งผลให้วิธีการคั่นคั้นทั้งสองมีค่าระลอกที่สูงขึ้นด้วย

- ค่าความแม่นยำ การคั่นคั้นด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้ค่าที่มากขึ้นจากการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ แต่จะตรงข้ามกับวิธีการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่ให้ค่าความแม่นยำลดลง เนื่องจากได้ค่าที่เยอะมากเกินไป (ทั้งจากคำอธิบายและพจนานุกรมคำศัพท์) ทำให้ไปถึงสินทรัพย์ที่ไม่ตรงกับความต้องการออกมาด้วย และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าความแม่นยำ พบว่าเมื่อใช้การขยายข้อคำถามกับวิธีการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะได้อัตราค่าความแม่นยำลดลง เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีจำนวนมากเกินไปและผลลัพธ์ส่วนใหญ่ไม่ตรงกับความต้องการ

- ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก เป็นการรวมเอาค่าระลอกและค่าความแม่นยำไว้ด้วยกัน การคั่นคั้นด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่สูงกว่าการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก พบว่าการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์และใช้วิธีการขยายข้อคำถามมีอัตราค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกลดลง จึงสรุปได้ว่าในกรณีการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ กรณีใช้การขยายข้อคำถาม การคั่นคั้นด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวจะให้ผลที่ดีกว่าการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของมาตรวัดทั้ง 3 ของการขยายข้อคำถามระหว่างการคั่นคั้นด้วยชื่อสินทรัพย์กับการคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์

สถานการณ์	ประเภทของสินทรัพย์	เพิ่มขึ้น/ลดลง ร้อยละ ของการขยายข้อคำถาม					
		การคั่นคั้นด้วยชื่อสินทรัพย์			การคั่นคั้นด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์		
		R	P	H	R	P	H
การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	คุณลักษณะ	+27.8	+1.9	+13.0	+15.4	-8.8	0.0
	ฟังก์ชัน	+34.5	+13.6	+22.0	+4.2	-49.0	-37.9
	คลาส	+4.2	-6.9	-1.4	+3.4	0.0	+1.3
	คำสำคัญ	+9.5	-32.1	-18.0	+1.1	-19.2	-15.0
	เฉลี่ย	+16.9	-7.1	+3.3	+5.6	-18.0	-10.9

จากตารางที่ 4.7 ที่เป็นการเปรียบเทียบวิธีการคั่นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์กับวิธีการคั่นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์โดยการขยายข้อความ อธิบายได้ว่าการขยายข้อความทำให้อัตราค่าระลิกของทั้งสองวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าระลิกจะแปรผันกับจำนวนของผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กับข้อความ แต่จะตรงข้ามกับอัตราค่าความแม่นยำที่การขยายข้อความทำให้ค่าความแม่นยำลดลง เนื่องจากค่าความแม่นยำจะแปรผันกับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่คั่นคืนมาได้ กล่าวคือการขยายข้อความจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่เพิ่มขึ้นก็จริง แต่ผลลัพธ์ที่ได้เหล่านั้นส่วนใหญ่อาจไม่ถูกต้องตามความต้องการเสมอไป จึงส่งผลให้ค่าความแม่นยำมีค่าลดลง และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกสามารถสรุปได้ว่าการขยายข้อความจะให้ผลดีกับวิธีการคั่นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

## 2) ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่

ผลการประเมินของสถานการณ์นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ไม่ใช้การขยายข้อความและกรณีที่ใช้การขยายข้อความ ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ

สถานการณ์	ชนิดของสินทรัพย์	ไม่ใช้การขยายข้อความ								
		การคั่นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การคั่นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลงร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
1. การเพิ่มสินทรัพย์	Common	0.50	<b>0.75</b>	0.60	<b>0.77</b>	0.60	<b>0.68</b>	<b>+54.0</b>	-20.0	<b>+13.3</b>
	Optional	0.79	0.68	0.73	<b>0.91</b>	<b>0.81</b>	<b>0.85</b>	<b>+15.2</b>	<b>+19.1</b>	<b>+16.4</b>
	Alternative	0.69	0.58	0.63	<b>0.94</b>	<b>0.65</b>	<b>0.77</b>	<b>+36.2</b>	<b>+12.1</b>	<b>+22.2</b>
<b>เฉลี่ย</b>		0.66	0.67	0.66	<b>0.87</b>	<b>0.69</b>	<b>0.77</b>	<b>+31.8</b>	<b>+3.0</b>	<b>+16.7</b>
2. การลบสินทรัพย์	Common	0.71	<b>0.50</b>	0.58	<b>0.92</b>	0.46	<b>0.62</b>	<b>+29.6</b>	-8.0	<b>+6.9</b>
	Optional	0.60	0.52	0.56	<b>0.95</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>+58.3</b>	<b>+34.6</b>	<b>+42.9</b>
	Alternative	0.90	0.51	0.65	<b>0.95</b>	<b>0.56</b>	<b>0.71</b>	<b>+5.6</b>	<b>+9.8</b>	<b>+9.2</b>
<b>เฉลี่ย</b>		0.74	0.51	0.60	<b>0.94</b>	<b>0.57</b>	<b>0.71</b>	<b>+27.0</b>	<b>+11.8</b>	<b>+18.3</b>

\* ให้ Common = ส่วนทั่วไป, Optional = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก, Alternative = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ (ต่อ)

สถานการณ์	ชนิดของสินทรัพย์	ไม่ใช้การขยายข้อความ								
		การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลงร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
3. การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	Common	0.50	<b>0.43</b>	0.46	<b>0.98</b>	0.41	<b>0.58</b>	<b>+96.0</b>	-4.7	<b>+26.1</b>
	Optional	0.71	0.42	0.52	<b>0.92</b>	<b>0.53</b>	<b>0.67</b>	<b>+29.6</b>	<b>+26.2</b>	<b>+28.8</b>
	Alternative	0.80	0.60	0.68	<b>0.92</b>	<b>0.73</b>	<b>0.81</b>	<b>+15.0</b>	<b>+21.7</b>	<b>+19.1</b>
	<b>เฉลี่ย</b>	0.67	0.48	0.56	<b>0.94</b>	<b>0.56</b>	<b>0.70</b>	<b>+40.3</b>	<b>+16.7</b>	<b>+25.0</b>

\* ให้ Common = ส่วนทั่วไป, Optional = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก, Alternative = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

ก) กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และสามารถอธิบายผลการประเมินตามมาตรวัดทั้ง 3 ได้ดังนี้

- ค่าระลึกร การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าระลึกรที่สูงกว่าการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ เพราะว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะได้ค่าที่มากขึ้นสำหรับการค้ำคืน และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าระลึกร พบว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของทุกชนิดสินทรัพย์ให้อัตราค่าระลึกรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้ค่าที่กว้างขึ้นสำหรับการค้ำคืนนั่นเอง

- ค่าความแม่นยำ ชนิดสินทรัพย์ที่เป็นส่วนทั่วไป เมื่อทำการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ เนื่องจากข้อมูลเป็นค่าทั่วไปและมีจำนวนมาก ซึ่งจะตรงข้ามกับข้อมูลสินทรัพย์ที่เป็นส่วนแปรผัน (ทั้งแบบตัวเลือกและแบบทางเลือก) ที่ข้อมูลเป็นค่าเฉพาะและมีจำนวนน้อย ส่งผลให้การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์มีค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าความแม่นยำ พบว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของชนิดสินทรัพย์ที่เป็นส่วนแปรผัน (ทั้งแบบตัวเลือกและแบบทางเลือก) มีอัตราค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น เพราะวาชนิดของสินทรัพย์แบบนี้มีจำนวนน้อย การได้คำอธิบายสินทรัพย์มาใช้ในการค้ำคืนด้วยจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับ



การใช้แค่ชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว แต่จะตรงข้ามกับชนิดสินทรัพย์ที่เป็นส่วนทั่วไปที่มีอัตราค่าความแม่นยำลดลง เพราะว่าชนิดของสินทรัพย์แบบนี้มีจำนวนเยอะอยู่แล้ว ยิ่งใช้คำอธิบายสินทรัพย์มาใช้ในการค้นคืนจะยิ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีจำนวนเยอะ และผลลัพธ์เหล่านั้นอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามความต้องการที่แท้จริง

- ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก เป็นการรวมเอาค่าระลอกและค่าความแม่นยำไว้ด้วยกัน การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์มีอัตราค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าในกรณีการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีไม่ใช้การขยายข้อความ การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ผลที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีใช้การขยายข้อความ

สถานการณ์	ชนิดของสินทรัพย์	ใช้การขยายข้อความ								
		การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลงร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
1. การเพิ่มสินทรัพย์	Common	0.58	<b>0.70</b>	0.63	<b>0.79</b>	0.56	<b>0.66</b>	<b>+36.2</b>	-20.0	<b>+4.8</b>
	Optional	0.92	0.77	0.84	<b>1.00</b>	<b>0.80</b>	<b>0.89</b>	<b>+8.7</b>	<b>+3.9</b>	<b>+6.0</b>
	Alternative	0.73	<b>0.58</b>	0.64	<b>0.94</b>	0.57	<b>0.71</b>	<b>+28.8</b>	-1.7	<b>+10.9</b>
<b>เฉลี่ย</b>		0.74	<b>0.68</b>	0.71	<b>0.91</b>	0.64	<b>0.75</b>	<b>+23.0</b>	-5.9	<b>+5.6</b>
2. การลบสินทรัพย์	Common	0.71	<b>0.47</b>	0.57	<b>0.96</b>	0.46	<b>0.62</b>	<b>+35.2</b>	-2.1	<b>+8.8</b>
	Optional	0.60	0.52	0.56	<b>0.95</b>	<b>0.68</b>	<b>0.79</b>	<b>+58.3</b>	<b>+30.8</b>	<b>+41.1</b>
	Alternative	0.95	<b>0.56</b>	0.71	<b>0.95</b>	0.55	0.70	<b>0.0</b>	-1.8	-1.4
<b>เฉลี่ย</b>		0.75	0.52	0.61	<b>0.95</b>	<b>0.56</b>	<b>0.71</b>	<b>+26.7</b>	7.7	<b>+16.4</b>

\* ให้ Common = ส่วนทั่วไป, Optional = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก, Alternative = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินของสถานการณ์การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีใช้การขยายข้อความ (ต่อ)

สถานการณ์	ชนิดของสินทรัพย์	ใช้การขยายข้อความ								
		การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			เพิ่มขึ้น/ลดลงร้อยละ		
		R	P	H	R	P	H	R	P	H
3. การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	Common	0.58	<b>0.51</b>	0.55	<b>0.98</b>	0.38	0.54	<b>+69.0</b>	-25.5	-1.8
	Optional	0.79	<b>0.56</b>	0.66	<b>1.00</b>	0.53	<b>0.69</b>	<b>+26.6</b>	-5.4	<b>+4.5</b>
	Alternative	0.80	0.60	0.68	<b>0.92</b>	<b>0.73</b>	<b>0.81</b>	<b>+15.0</b>	<b>+21.7</b>	<b>+19.1</b>
	<b>เฉลี่ย</b>	0.73	<b>0.56</b>	0.63	<b>0.97</b>	0.55	<b>0.70</b>	<b>+32.9</b>	-1.8	<b>+11.1</b>

\* ให้ Common = ส่วนทั่วไป, Optional = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก, Alternative = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

ข) กรณีใช้การขยายข้อความ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และสามารถอธิบายผลการประเมินตามมาตรวัดทั้ง 3 ได้ดังนี้

- ค่าระลึกร การขยายข้อความจะทำให้ค่าระลึกรของทั้ง 2 วิธีมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากจะได้ค่าที่เพิ่มขึ้นจากการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ในการค้ำคืน และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าระลึกร พบว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ของทุกประเภทสินทรัพย์มีอัตราค่าระลึกรที่เพิ่มขึ้น เพราะค่าที่ได้จากการขยายข้อความจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มากขึ้น ส่งผลให้วิธีการค้ำคืนทั้งสองมีค่าระลึกรที่สูงขึ้นด้วย

- ค่าความแม่นยำ การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้ค่าที่มากขึ้นจากการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ แต่จะตรงข้ามกับวิธีการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่จะให้ค่าความแม่นยำลดลง เนื่องจากได้ค่าที่เยอะมากเกินไป (ทั้งจากคำอธิบายและพจนานุกรมคำศัพท์) ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีจำนวนมากขึ้น และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าความแม่นยำ พบว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์และใช้วิธีการขยายข้อความมีอัตราค่าความแม่นยำลดลง เนื่องจากการขยายข้อความจะได้ค่าที่เพิ่มขึ้นสำหรับใช้ในการค้ำคืน และยังเมื่อค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ด้วยแล้ว ยังส่งผลให้ผลลัพธ์ที่มากขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่อาจไม่ถูกต้องตามความต้องการที่แท้จริง

- ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก เป็นการรวมเอาค่าระยะลึกและค่าความแม่นยำไว้ด้วยกัน การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ และเมื่อพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก พบว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์และใช้วิธีการขยายข้อความมีอัตราค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าในกรณีการเพิ่มลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ กรณีใช้การขยายข้อความ การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ผลที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของมาตรวัดทั้ง 3 ของการขยายข้อความระหว่างการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์กับการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์

สถานการณ์	ชนิดของสินทรัพย์	เพิ่มขึ้น/ลดลง ร้อยละ ของการขยายข้อความ					
		การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์		
		R	P	H	R	P	H
1. การเพิ่มสินทรัพย์	Common	+16.0	-6.7	+5.0	+2.6	-6.7	-2.9
	Optional	+16.5	+13.2	+15.1	+9.9	-1.2	+4.7
	Alternative	+5.8	0.0	+1.6	0.0	-12.3	-7.8
เฉลี่ย		+12.1	+1.5	+7.6	+4.6	-7.2	-2.6
2. การลบสินทรัพย์	Common	0.0	-6.0	-1.7	+4.3	0.0	0.0
	Optional	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.9	-1.3
	Alternative	+5.6	+9.8	+9.2	0.0	-1.8	-1.4
เฉลี่ย		+1.4	+2.0	+1.7	+1.1	-1.8	0.0
3. การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	Common	+16.0	+18.6	+19.6	0.0	-7.3	-6.9
	Optional	+11.3	+33.3	+26.9	+8.7	0.0	+3.0
	Alternative	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
เฉลี่ย		+9.0	+16.7	+12.5	+3.2	-1.8	0.0

\* ให้ Common = ส่วนทั่วไป, Optional = ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก, Alternative = ส่วนแปรผันแบบทางเลือก

จากตารางที่ 4.10 ที่เป็นการเปรียบเทียบวิธีการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์กับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์โดยการขยายข้อความ อธิบายได้ว่าการขยายข้อความทำให้อัตราค่าระยะลึกของทั้งสองวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าระยะลึกจะแปรผันกับจำนวนของผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กับข้อความ

การขยายข้อความจะช่วยทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าระลิกมีค่าสูงขึ้นด้วย แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราค่าความแม่นยำ การขยายข้อความกับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อสิทธิ์เพียงอย่างเดียวจะให้อัตราค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น แต่จะตรงข้ามกับการขยายข้อความกับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสิทธิ์จะให้อัตราค่าความแม่นยำที่ลดลง เนื่องจากค่าความแม่นยำจะแปรผันกับความถูกต้องของผลลัพธ์ ถึงแม้ว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสิทธิ์จะได้ผลลัพธ์ที่เพิ่มขึ้นก็จริง แต่ผลลัพธ์ส่วนใหญ่เหล่านั้นอาจไม่ถูกต้องตามความต้องการที่แท้จริงเมื่อเทียบกับการค้นคืนด้วยชื่อสิทธิ์เพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกสามารถสรุปได้ว่า การขยายข้อความกับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อสิทธิ์เพียงอย่างเดียวให้ผลดีกว่าการขยายข้อความกับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสิทธิ์

#### 4.2.2 การทดลองการตามรอยสิทธิ์

การทดลองการตามรอยสิทธิ์จะทำการทดลองหลังจากที่ได้ผลลัพธ์การค้นคืนสิทธิ์แล้ว เนื่องจากจะต้องใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนเป็นตัวตั้งต้นที่จะใช้ทดลองการตามรอยสิทธิ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

##### 4.2.2.1 วิธีการทดลอง

สำหรับวิธีการทดลองการตามรอยสิทธิ์สามารถแบ่งการทดลองออกตามประเภทของสิทธิ์ และชนิดของสิทธิ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ รวมได้การทดลองทั้งหมด 9 วิธี ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 วิธีการทดลองการตามรอยสิทธิ์

ประเภทของสิทธิ์	ชนิดของสิทธิ์			จำนวน
	ส่วนทั่วไป	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	
1. คุณลักษณะ	1	1	1	3
2. ฟังก์ชัน	1	1	1	3
3. คลาส	1	1	1	3
			<b>รวม</b>	<b>9</b>

#### 4.2.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ จะทดลองโดยการนำผลลัพธ์ลำดับที่หนึ่งจากข้อคำถามในขั้นตอนการค้นคืนสินทรัพย์ โดยผู้วิจัยมองว่าผลลัพธ์ลำดับที่หนึ่งนั้นมีค่าความคล้ายกับข้อคำถามมากที่สุด และสามารถตามรอยสินทรัพย์ที่เกี่ยวข้องได้ตรงกับข้อคำถามมากที่สุดเช่นกัน โดยจะยกตัวอย่างสถานการณ์บางสถานการณ์ของการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ตามการทดลองทั้ง 9 วิธีดังนี้

- 1) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คุณลักษณะ ชนิดข้อมูลเป็นส่วนทั่วไป ของสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Payment”
- 2) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คุณลักษณะ ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบทางเลือก ของสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “After sale service”
- 3) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คุณลักษณะ ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบตัวเลือก ของสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Home customer”
- 4) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดข้อมูลเป็นส่วนทั่วไป ของสถานการณ์การลบสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Manage member information”
- 5) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบทางเลือก ของสถานการณ์การลบสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Add VIP member information”
- 6) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบตัวเลือก ของสถานการณ์การลบสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Pay a fine by coupon”
- 7) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิดข้อมูลเป็นส่วนทั่วไป ของสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Product”

8) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบตัวเลือกของสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Reserving”

9) การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิดข้อมูลเป็นส่วนแปรผันแบบทางเลือกของสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ โดยคำตอบลำดับที่หนึ่งของสถานการณ์นี้คือ “Card system”

#### 4.2.2.2 การประเมินผลการทดลอง

การประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์ เป็นการประเมินประสิทธิผลของการตามรอยสินทรัพย์จากผลการค้นคืนสินทรัพย์ที่ได้ การประเมินผลในส่วนนี้จะใช้วิธีการคือให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดเซตของคำตอบที่ถูกต้อง แล้วจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างเซตคำตอบที่ระบบแสดงกับเซตคำตอบของผู้เชี่ยวชาญ หากเซตคำตอบของทั้งสองส่วนนี้ตรงกัน สามารถสรุปได้ว่าการตามรอยสินทรัพย์มีความถูกต้อง โดยการประเมินผลการทดลองจะสามารถแบ่งตามวิธีการทดลองทั้ง 9 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี

วิธีที่	เซตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ			เซตคำตอบจากเครื่องมือ	ผลการประเมิน
	คุณลักษณะ	ฟังก์ชัน	คลาส		
1.	-	- Pay money by credit card - Pay money by mobile - Pay money by cash	- Customer - Payment form	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
2.	-	- Return goods - Repair goods	- Customer - Selected goods	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน

ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี (ต่อ)

วิธีที่	เซตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ			เซตคำตอบจากเครื่องมือ	ผลการประเมิน
	คุณลักษณะ	ฟังก์ชัน	คลาส		
3.	-	- Check customer account - Bill customer	- Customer - Selected goods - Bank account - Payment - Operation fund - Purchase order	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
4.	- Member management	-	- Member - Library - Administrator	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
5.	- Member management	-	- Member - Library	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
6.	- Library kernel	-	- User - Member - Library - Fine by coupon	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
7.	- Selling kernel - Selling management	- Search product - View product - Comment product - Compare product - Purchase product - Manage product	- Comment - User - Order	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน
8.	- Reading room service - VIP reading room service	- Reserve reading room - Reserve VIP reading room	- Member - Library	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน

ตารางที่ 4.12 การประเมินผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ทั้ง 9 วิธี (ต่อ)

วิธีที่	เขตคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ			เขตคำตอบจากเครื่องมือ	ผลการประเมิน
	คุณลักษณะ	ฟังก์ชัน	คลาส		
9.	- Payment	- Pay money by cash	- Vending machine - Card	ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ	ผ่าน

ทั้งนี้แล้ว สามารถดูตัวอย่างผลลัพธ์การตามรอยในรูปแบบของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานของวิธีการที่ 1 ได้ดังบทที่ 5 หัวข้อที่ 5.3.2 รูปที่ 5.6 และ 5.7

### 4.3 สรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

#### 4.3.1 สรุปผลการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์

การสรุปผลการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ ทำโดยการเปรียบเทียบวิธีการทดลองระหว่างการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวกับการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ และสามารถสรุปผลการทดลองออกได้เป็น 2 กรณีคือ กรณีไม่ใช้การขยายชื่อคำถาม และกรณีใช้การขยายชื่อคำถาม ดังนี้

1) กรณีไม่ใช้การขยายชื่อคำถาม โดยพิจารณาจากมาตรวัดที่ใช้คือ ค่าระลึก ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก สามารถสรุปได้ว่า การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวด้วยค่ามาตรวัดทั้ง 3 ดังกล่าว แต่ถ้าหากมองลึกลงไปในส่วน of ชนิดและประเภทของตัวสินทรัพย์ที่เป็นส่วน of ค่าความแม่นยำ จะสามารถอธิบายผลที่ต่างกันออกไปได้ดังนี้

1.1) ชนิดของสินทรัพย์ การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ที่ชนิดของสินทรัพย์เป็นส่วนทั่วไปจะให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่ชนิดของสินทรัพย์เป็นส่วนแปรผัน (ทั้งแบบตัวเลือกและแบบทางเลือก)



1.2) ประเภทของสินทรัพย์ การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์ที่ประเภทของสินทรัพย์เป็นคลาสและไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ (ค่าสำคัญ) จะให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์

2) กรณีใช้การขยายข้อความ สามารถสรุปผลตามมาตรวัดที่ใช้คือเมื่อพิจารณาจากค่าระลิกสามารถอธิบายได้ว่าการใช้พจนานุกรมคำศัพท์ของการขยายข้อความจะทำให้ค่าระลิกของทั้งสองวิธีมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าความแม่นยำ สามารถอธิบายได้ว่าการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์จะให้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะตรงข้ามกับการค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ที่จะได้ค่าความแม่นยำที่ลดลง และเมื่อพิจารณาในส่วนของค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าที่สูงกว่าการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

จากโจทย์ปัญหาของงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นและจากการสรุปผลข้างต้นของทั้ง 2 กรณีสามารถบอกได้ว่าการค้ำคืนสินทรัพย์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและตรงกับความต้องการมากที่สุดนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดและประเภทของสินทรัพย์ที่จะใช้ในการค้ำคืนด้วย เช่น หากต้องการค้ำคืนชนิดของสินทรัพย์ที่เป็นส่วนทั่วไปและต้องการค่าความถูกต้องของผลลัพธ์เยอะๆ ก็ควรเลือกการค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียวและไม่ควรใช้การขยายข้อความ เป็นต้น

ตารางที่ 4.13 สรุปผลโดยรวมของการทดลองการค้ำคืนสินทรัพย์ทั้ง 4 วิธีการ

สถานการณ์	ไม่ใช้การขยายข้อความ						ใช้การขยายข้อความ					
	การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์			การค้ำคืนด้วยชื่อสินทรัพย์			การค้ำคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์		
	R	P	H	R	P	H	R	P	H	R	P	H
1. การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	0.65	0.56	0.60	0.89	0.50	0.64	0.76	0.52	0.62	0.94	0.41	0.57
2. การเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์	0.69	0.55	0.61	0.92	0.61	0.73	0.74	0.59	0.65	0.94	0.58	0.72
<b>เฉลี่ย</b>	0.67	<b>0.56</b>	0.61	0.90	0.55	<b>0.69</b>	0.75	0.55	0.64	<b>0.94</b>	0.50	0.65

จากการผลการทดลองการค้นคืนที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปผลโดยรวมของทั้ง 4 วิธี ได้ดังตารางที่ 4.13 และกล่าวได้ว่า หากผู้ใช้ต้องการผลลัพธ์ที่มีจำนวนมากและสัมพันธ์กับข้อความ (ค่าระลึก) การค้นคืนด้วยการขยายข้อความกับวิธีการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์สามารถตอบโจทยดังกล่าวได้ แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการผลลัพธ์ที่มีค่าความแม่นยำสูงๆ หรือมีความถูกต้องของผลลัพธ์ที่สูง (ค่าความแม่นยำ) การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์แบบไม่ใช้การขยายข้อความจะสามารถตอบโจทยดังกล่าวได้ดีที่สุด และถ้าหากมองโดยรวมแล้ว (ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก) การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์แบบไม่ใช้การขยายข้อความจะตอบโจทยได้ดีที่สุด

#### 4.3.2 สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์

จากผลการประเมินที่ได้ สรุปได้ว่าระบบสามารถตามรอยตามประเภทของสินทรัพย์ และตามชนิดของสินทรัพย์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากเซตคำตอบการตามรอยของระบบตรงกับเซตคำตอบจากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงผลการประเมินทั้ง 9 วิธีในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ของทั้ง 9 วิธี

ลำดับที่	วิธีการทดลอง	ผลการประเมิน
1	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คุณลักษณะ ชนิดสินทรัพย์ส่วนทั่วไป	ตามรอยได้ถูกต้อง
2	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดสินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง
3	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิดสินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง
4	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดสินทรัพย์ส่วนทั่วไป	ตามรอยได้ถูกต้อง
5	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดสินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง
6	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์ฟังก์ชัน ชนิดสินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง
7	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิดสินทรัพย์ส่วนทั่วไป	ตามรอยได้ถูกต้อง

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ของทั้ง 9 วิธี (ต่อ)

ลำดับที่	วิธีการทดลอง	ผลการประเมิน
8	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิด สินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง
9	การทดลองการตามรอยประเภทสินทรัพย์คลาส ชนิด สินทรัพย์ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	ตามรอยได้ถูกต้อง

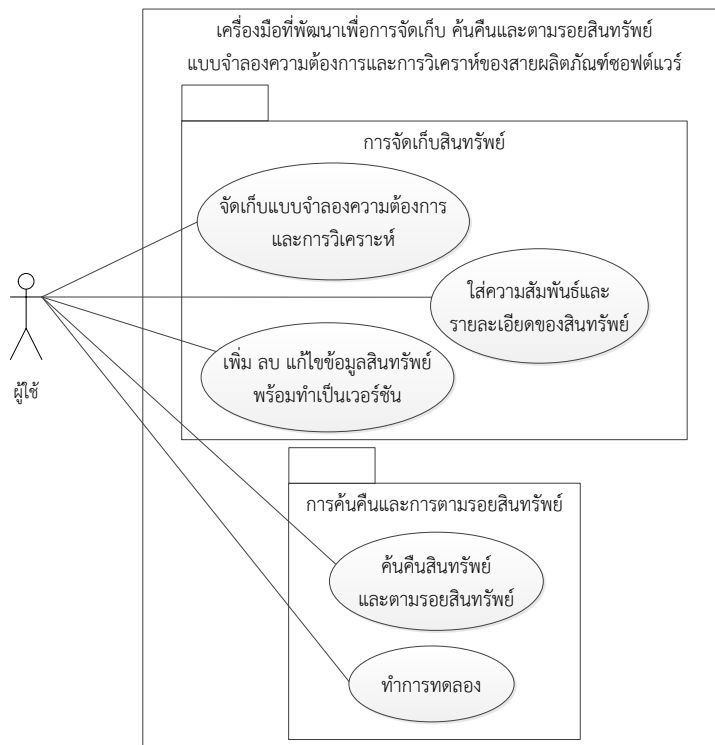
## บทที่ 5

### การพัฒนาเครื่องมือ

ในบทนี้อธิบายวิธีการพัฒนาเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดคือการอธิบายความต้องการเชิงหน้าที่ การออกแบบการทำงาน ส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน และการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนา

#### 5.1 ความต้องการเชิงหน้าที่

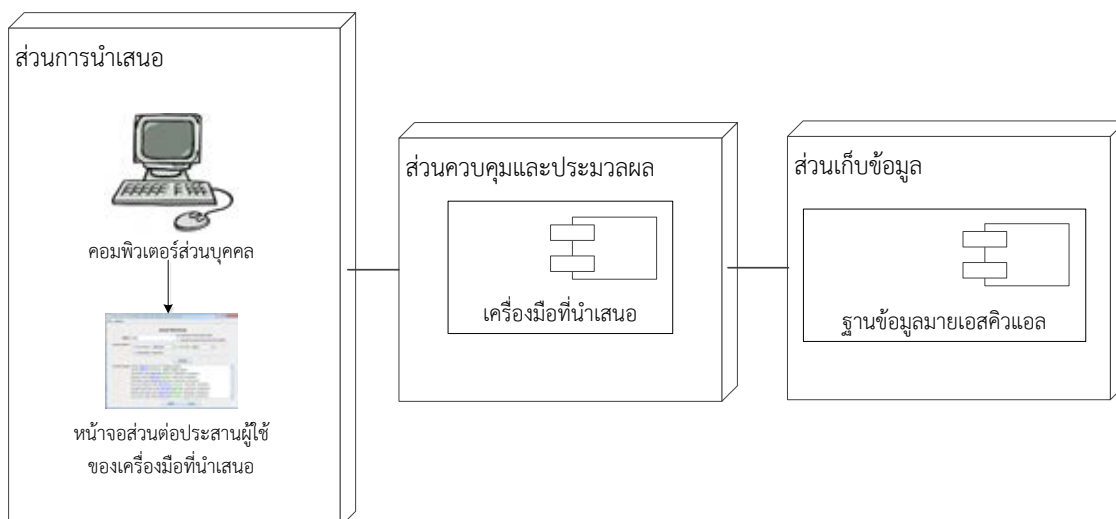
ความต้องการเชิงหน้าที่ของเครื่องมือที่พัฒนาสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแผนภาพยูสเคสดังแสดงในรูปที่ 5.1 และอธิบายได้ว่า เครื่องมือที่พัฒนาประกอบด้วยส่วนการทำงานหลักๆ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์ โดยเป็นการจัดเก็บสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ จากนั้นก็ใส่รายละเอียดต่างๆ ของสินทรัพย์ เช่น เส้นความสัมพันธ์ คำอธิบาย และรายละเอียดอื่นๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถทำการเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลสินทรัพย์พร้อมทำเป็นเวอร์ชันใหม่ได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ ซึ่งเป็นการค้นคืนและสามารถตามรอยสินทรัพย์ต่างๆ รวมทั้งสามารถทำการทดลองได้



รูปที่ 5.1 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือ

## 5.2 การออกแบบเครื่องมือ

### 5.2.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของเครื่องมือ



รูปที่ 5.2 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือ

สถาปัตยกรรมของเครื่องมือที่พัฒนาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- 1) ส่วนการนำเสนอ เปรียบเสมือนเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานระบบ โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานเครื่องมือที่นำเสนอได้ผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เนื่องจากเครื่องมือถูกพัฒนาให้เป็นแบบวินโดว์แอปพลิเคชัน (Windows application)
- 2) ส่วนควบคุมและประมวลผล ซึ่งเป็นส่วนหลักของเครื่องมือ มีหน้าที่ควบคุมและประมวลผลการทำงานของระบบ รวมทั้งเป็นส่วนประสานงานระหว่างส่วนการนำเสนอและส่วนเก็บข้อมูล
- 3) ส่วนเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำหรับเก็บข้อมูลของระบบ ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้คือมายเอสคิวแอล (My SQL)

### 5.2.2 เครื่องมือสนับสนุนที่ใช้

ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือของงานวิจัยนี้มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ด้านฮาร์ดแวร์

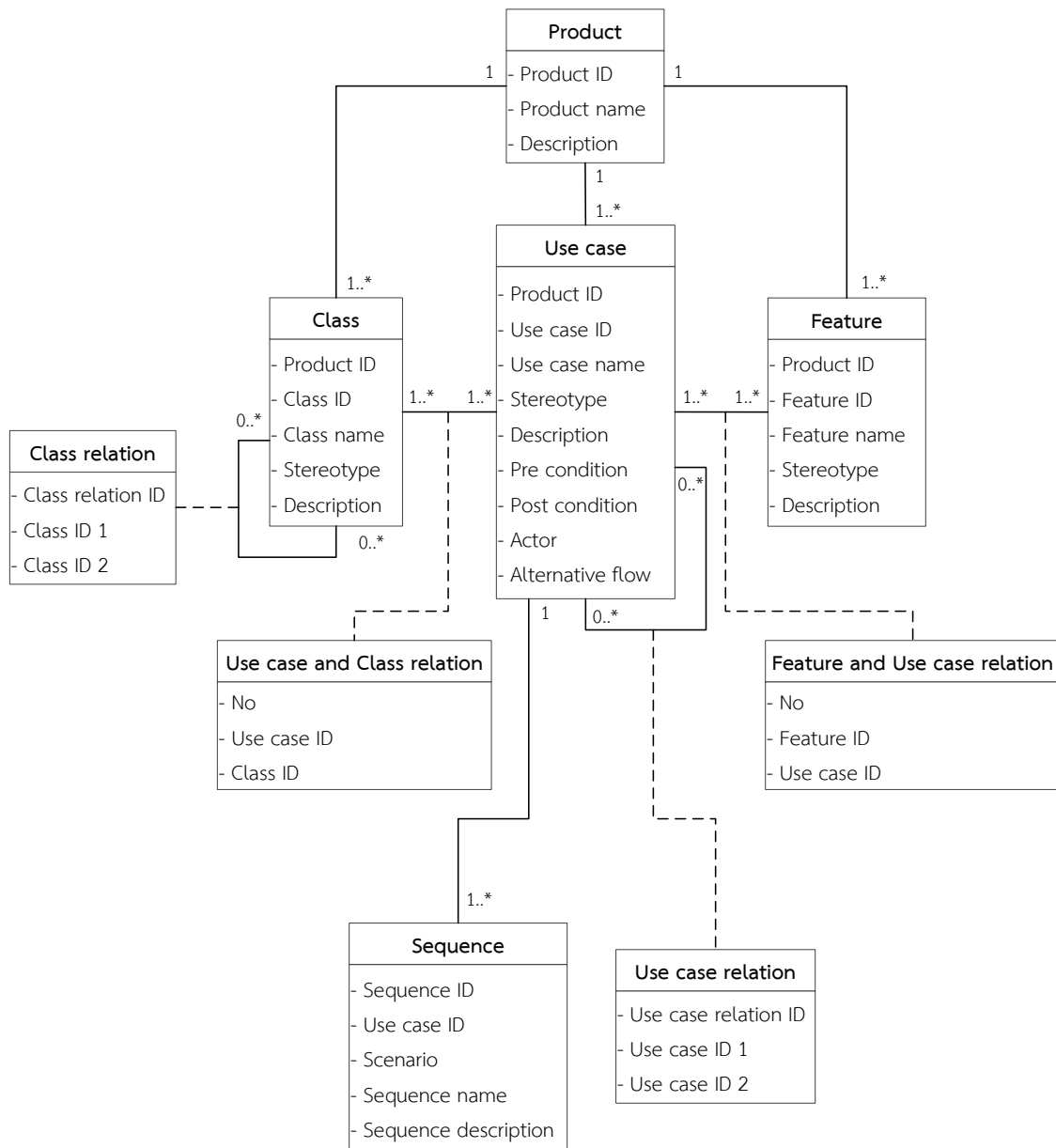
- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Intel core i7 2.75 GHz)
- หน่วยความจำ (Memory) 4 กิกะไบต์
- จานบันทึกแบบแข็ง (Hard disk) ความจุ 512 กิกะไบต์

#### 2) ด้านซอฟต์แวร์

- เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมภาษาจาวาอีคลิปส์ (Eclipse)
- ลูซีน (Lucene) เป็นเครื่องมือในการทำดัชนีคำสำคัญและการค้นคืน
- เวิร์ดเน็ต (Wordnet) เป็นเครื่องมือในการหาคำสำคัญสำหรับการขยายข้อความ
- ส่วนควบคุมฐานข้อมูลเอ็กซ์เอเอ็มพีพี (XAMPP control panel)
- ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL)
- ไมโครซอฟท์ออฟฟิศ 2013 (Microsoft office)

### 5.2.3 แบบจำลองข้อมูล

การออกแบบจำลองข้อมูลของระบบการตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้เทคนิคการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ เป็นการออกแบบข้อมูลและโครงสร้างของข้อมูลด้วยฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) ซึ่งสามารถออกแบบเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entities relationship diagram) ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของระบบที่พัฒนา

จากแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปที่ 5.3 สามารถอธิบายตารางข้อมูลของระบบทั้ง 9 ข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.1 และสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละตารางข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.2 ถึง 5.10 ดังนี้

ตารางที่ 5.1 อธิบายตารางข้อมูลของระบบ

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	Product	ตารางจัดเก็บชื่อและคำอธิบายของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์
2	Feature	ตารางจัดเก็บคุณลักษณะและคำอธิบาย
3	Use case	ตารางจัดเก็บยูสเคสและคำอธิบาย
4	Class	ตารางจัดเก็บคลาสและซีอาร์ซีการ์ด
5	Sequence	ตารางจัดเก็บลำดับการทำงานของคลาส
6	Use case relation	ตารางจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างยูสเคส
7	Class relation	ตารางจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างคลาส
8	Feature and Use case relation	ตารางจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างฟีเจอร์และยูสเคส
9	Use case and Class relation	ตารางจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างยูสเคสและคลาส

ตารางที่ 5.2 โครงสร้างตารางข้อมูล Product

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Product ID</u>	Int (11)	รหัสผลิตภัณฑ์	PK
Product name	Varchar (50)	ชื่อผลิตภัณฑ์	
Description	Varchar (250)	คำอธิบายผลิตภัณฑ์	

ตารางที่ 5.3 ตารางข้อมูล Feature

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	
<u>Product ID</u>	Int (11)	รหัสผลิตภัณฑ์	FK
<u>Feature ID</u>	Int (11)	รหัสคุณลักษณะ	PK
Feature name	Varchar (50)	ชื่อคุณลักษณะ	
Stereotype	Varchar (50)	สเตอริโอไทป์ของคุณลักษณะ	
Description	Varchar (250)	คำอธิบายคุณลักษณะ	



ตารางที่ 5.4 ตารางข้อมูล Use case

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Product ID</u>	Int (11)	รหัสผลิตภัณฑ์	FK
<u>Use case ID</u>	Int (11)	รหัสยูสเคส	PK
Use case name	Varchar (50)	ชื่อยูสเคส	
Stereotype	Varchar (50)	สเตอริโอไทป์ของยูสเคส	
Description	Varchar (250)	คำอธิบายยูสเคส	
Precondition	Varchar (50)	เงื่อนไขส่วนหน้า	
Postcondition	Varchar (50)	เงื่อนไขส่วนหลัง	
Actor	Varchar (10)	ผู้ใช้	
Alternative flow	Varchar (250)	กระแสข้อมูลทางเลือก	

ตารางที่ 5.5 ตารางข้อมูล Class

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Product ID</u>	Int (11)	รหัสผลิตภัณฑ์	FK
<u>Class ID</u>	Int (11)	รหัสคลาส	PK
Class name	Varchar (50)	ชื่อคลาส	
Stereotype	Varchar (50)	สเตอริโอไทป์ของคลาส	
Description	Varchar (250)	คำอธิบายคลาส	
Responsibility	Varchar (100)	หน้าที่ความรับผิดชอบ	
Collaborations	Varchar (100)	การร่วมมือ	
Attributes	Varchar (50)	คุณสมบัติ	

ตารางที่ 5.6 ตารางข้อมูล Sequence

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Use case ID</u>	Int (11)	รหัสยูสเคส	FK
<u>Sequence ID</u>	Int (11)	รหัสลำดับงาน	PK
Scenario	Int (2)	สถานการณ์	
Sequence name	Varchar (50)	ชื่อลำดับงาน	
Description	Varchar (250)	รายละเอียดลำดับงาน	

ตารางที่ 5.7 ตารางข้อมูล Use case relation

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Use case relation ID</u>	Int (11)	รหัสความสัมพันธ์ของยูสเคส	PK
<u>Use case ID 1</u>	Int (11)	รหัสยูสเคสที่ 1	FK
<u>Use case ID 2</u>	Int (11)	รหัสยูสเคสที่ 2	FK

ตารางที่ 5.8 ตารางข้อมูล Class relation

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>Class relation ID</u>	Int (11)	รหัสความสัมพันธ์ของคลาส	PK
<u>Class ID 1</u>	Int (11)	รหัสคลาสที่ 1	FK
<u>Class ID 2</u>	Int (11)	รหัสคลาสที่ 2	FK

ตารางที่ 5.9 ตารางข้อมูล Feature and Use case relation

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>No</u>	Int (11)	รหัสความสัมพันธ์ของคุณลักษณะและยูสเคส	PK
<u>Feature ID</u>	Int (11)	รหัสคุณลักษณะ	FK
<u>Use case ID</u>	Int (11)	รหัสยูสเคส	FK

ตารางที่ 5.10 ตารางข้อมูล Use case and Class relation

ชื่อคุณลักษณะ	ชนิด	คำอธิบาย	คีย์
<u>No</u>	Int (11)	รหัสความสัมพันธ์ของยูสเคสและคลาส	PK
<u>Use case ID</u>	Int (11)	รหัสยูสเคส	FK
<u>Class ID</u>	Int (11)	รหัสคลาส	FK

### 5.3 การทำงานและส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน

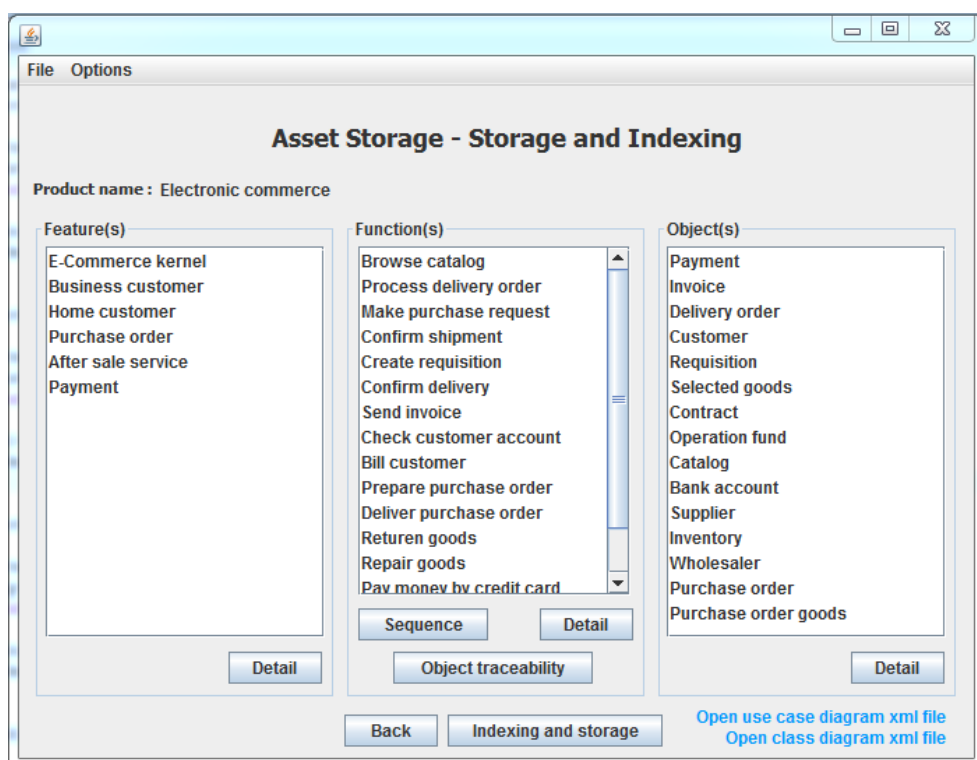
เครื่องมือของงานวิจัยนี้ได้พัฒนาบนวินโดวส์แอปพลิเคชัน ซึ่งการทำงานหลักๆ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์ ส่วนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ และส่วนการอัพเดทสินทรัพย์ โดยสามารถแสดงรายละเอียดและหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้ได้ดังนี้

#### 5.3.1 ส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์

ส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์มีไว้เพื่อจัดเก็บสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยเริ่มแรกผู้ใช้จะกรอกชื่อและ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจัดเก็บ จากนั้นเลือกไฟล์แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไฟล์แผนภาพต้องอยู่ในรูปของไฟล์เอกซ์เอ็มแอลเท่านั้น ดังแสดงหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้ได้ดังรูปที่ 5.4

รูปที่ 5.4 หน้าจอใส่ข้อมูล ชื่อสินผลิตภัณฑ์ รายละเอียดผลิตภัณฑ์ และแผนภาพของผลิตภัณฑ์

หลังจากใส่ชื่อ รายละเอียด และแผนภาพของผลิตภัณฑ์เสร็จแล้ว ให้ก๊อปปี้ next เพื่อไปยัง หน้าจอใส่รายละเอียดสินทรัพย์ ทำดัชนีสำคัญ และจัดเก็บสินทรัพย์ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งจะแสดงสินทรัพย์ที่ประกอบด้วย คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาสของระบบ โดยหน้าจอนี้ผู้ใช้จะต้องใส่รายละเอียดของสินทรัพย์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคำอธิบายคุณลักษณะ คำอธิบายยูสเคส ลำดับงาน ซีอาร์ซี การ์ด และเส้นการตามรอยระหว่างฟังก์ชัน และคลาส นอกจากนี้ผู้ใช้อังยังสามารถเรียกดูเอกซ์เอ็มแอลไฟล์ของแผนภาพทั้ง 2 ได้



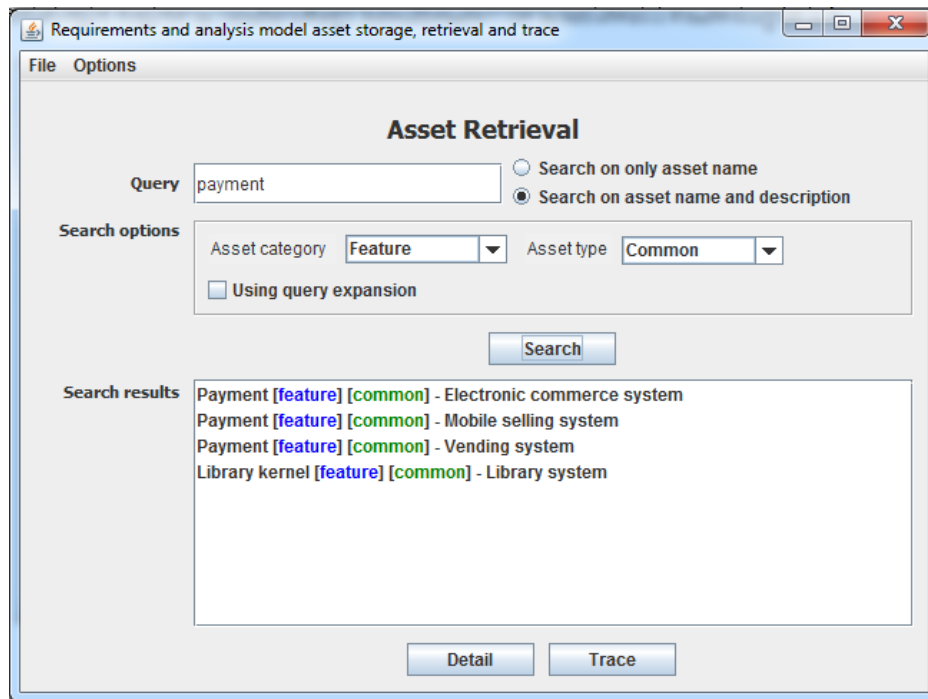
รูปที่ 5.5 หน้าจอใส่รายละเอียดสินทรัพย์ ทำดัชนีสำคัญ และจัดเก็บสินทรัพย์

เมื่อผู้ใช้ใส่รายละเอียดและเส้นการตามรอยของสินทรัพย์เรียบร้อยแล้ว ก็ให้กดปุ่ม Indexing and storage เพื่อทำการจัดเก็บและทำการสร้างดัชนีสำคัญ

### 5.3.2 ส่วนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์

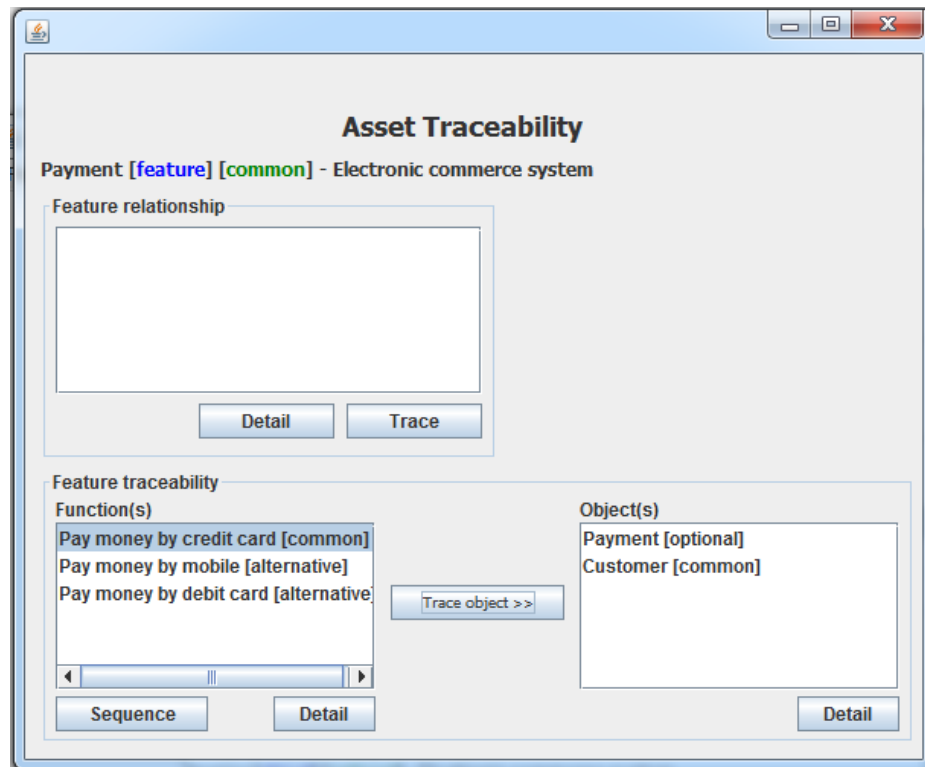
ส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยจะให้ผู้ใส่ข้อความสำหรับการค้นคืนสินทรัพย์ที่ต้องการ ซึ่งผู้ใส่สามารถเลือกตัวเลือกต่างๆ ของการค้นคืนได้ ไม่ว่าจะเป็นการค้นคืนตามประเภทของ

สินทรัพย์ ค้นคืนตามชนิดของสินทรัพย์ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดได้ว่าจะใช้การค้นคืนด้วยคำอธิบายหรือการขยายข้อความเพิ่มเติมด้วยหรือไม่ เมื่อผู้ใช้กดค้นหา (Search) ระบบจะจัดอันดับผลลัพธ์ที่ได้ให้ผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกเพื่อดูรายละเอียดและการตามรอยได้ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.6

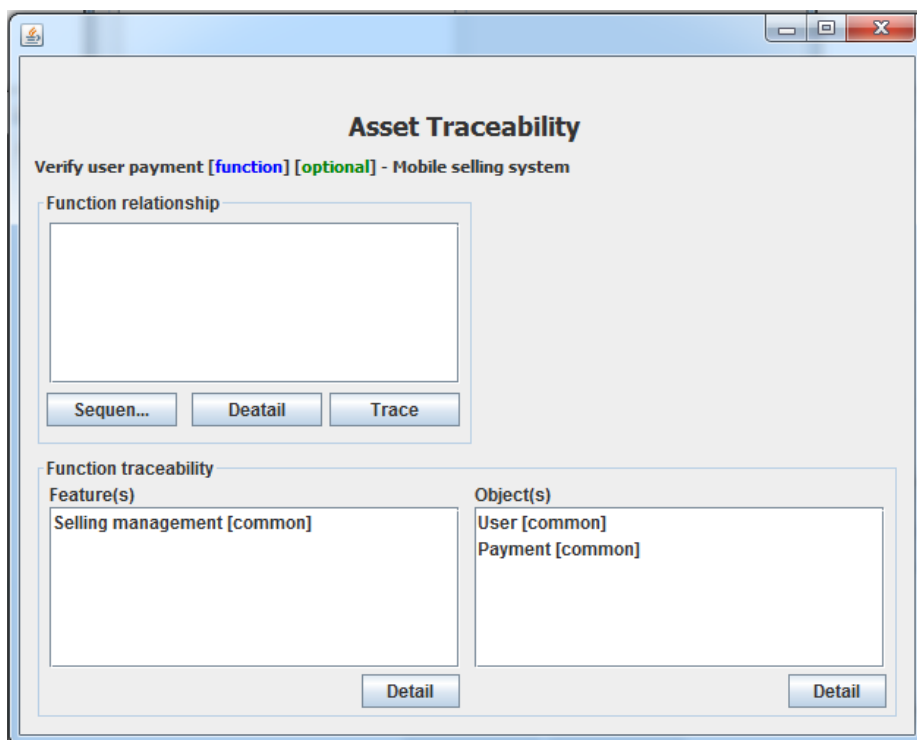


รูปที่ 5.6 หน้าจอการค้นคืนสินทรัพย์

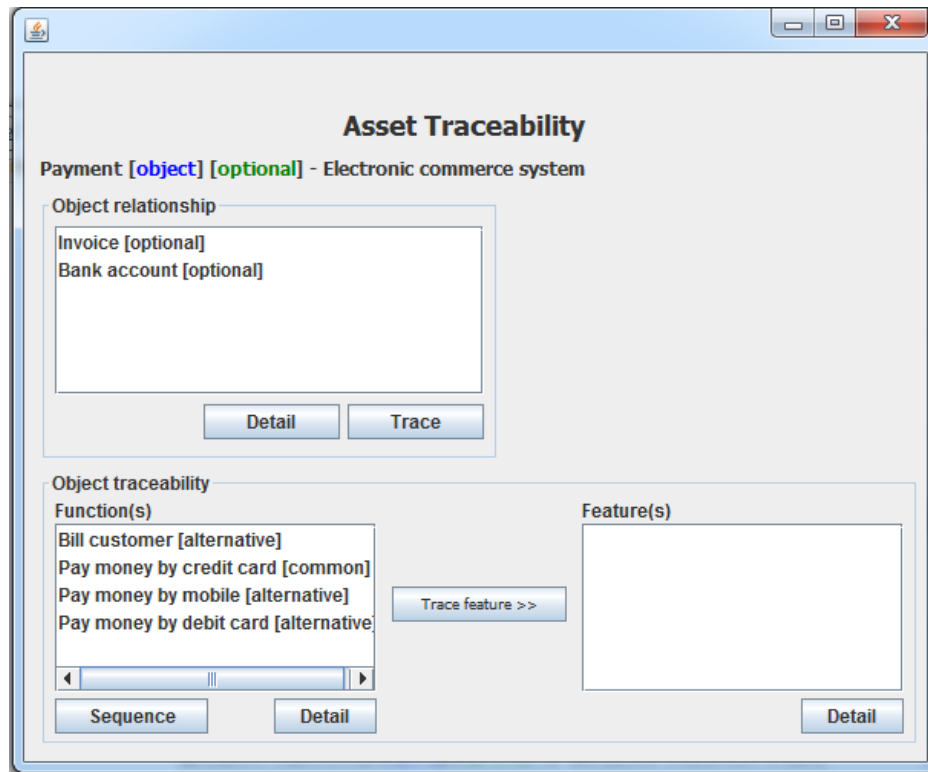
เมื่อได้ผลลัพธ์จากการค้นคืนแล้ว ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดของสินทรัพย์และสามารถตามรอยสินทรัพย์ได้ โดยการตามรอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ตามประเภทของสินทรัพย์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส ดังแสดงในรูปที่ 5.7, 5.8, 5.9



รูปที่ 5.7 หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ



รูปที่ 5.8 หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทฟังก์ชัน

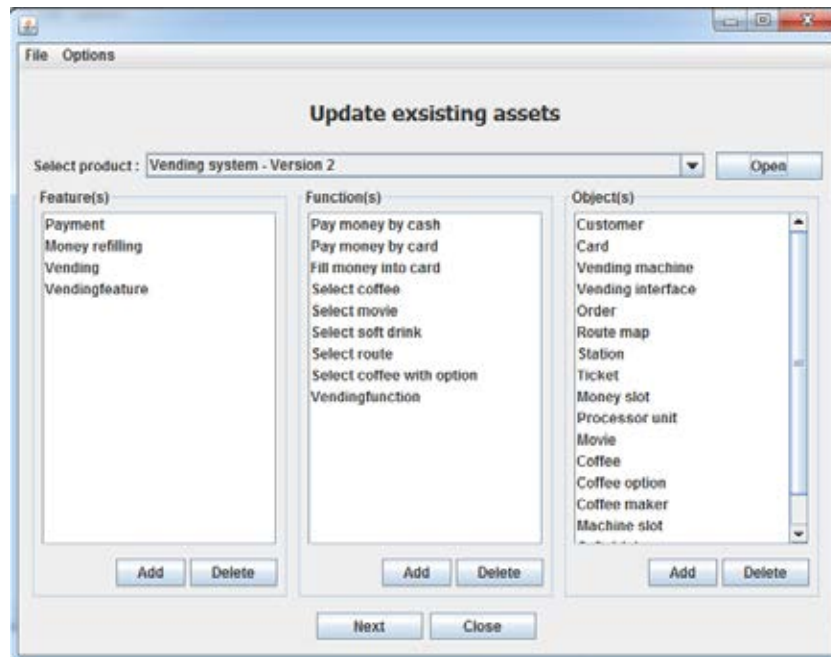


รูปที่ 5.9 หน้าจอการตามรอยสินทรัพย์ประเภทคลาส

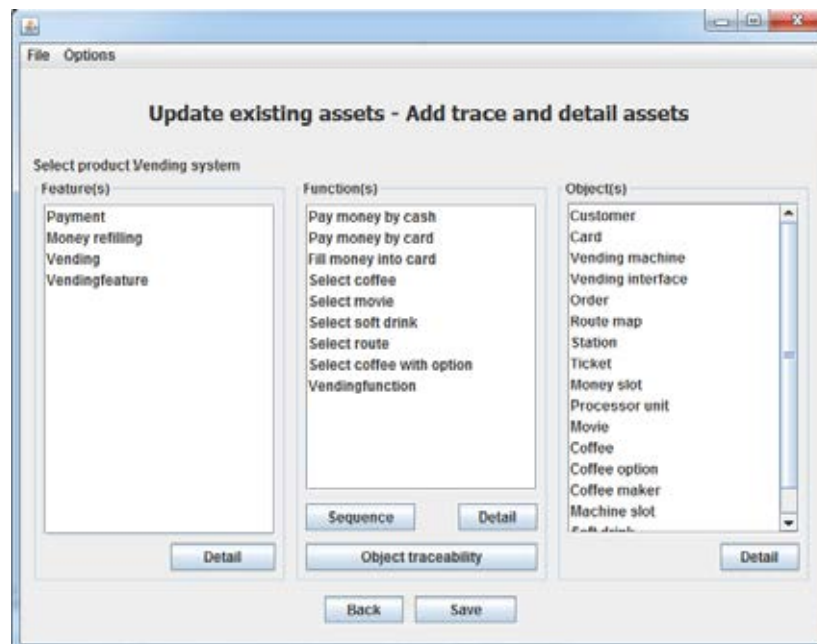
### 5.3.3 ส่วนการอัปเดตสินทรัพย์

ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถทำการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ สามารถสร้างเป็นสินทรัพย์เวอร์ชันใหม่ หรือสามารถลบสินทรัพย์ที่มีอยู่ได้ โดยสามารถแสดงส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 1) ส่วนการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ การทำงานหลักๆ คือ ให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลบรายละเอียดต่างๆ ของสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ และทำการบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5.10 และ 5.11



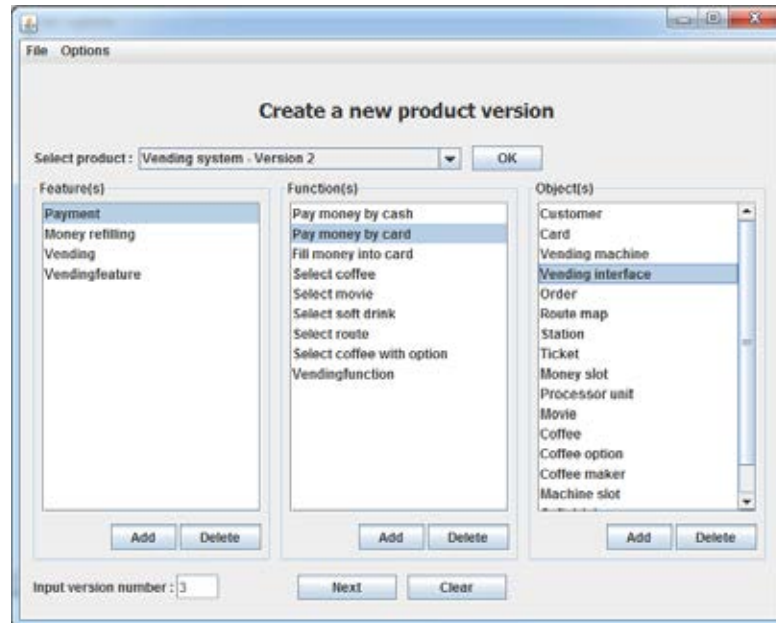
รูปที่ 5.10 หน้าจอการเพิ่มหรือลบข้อมูลสินทรัพย์ของส่วนการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์



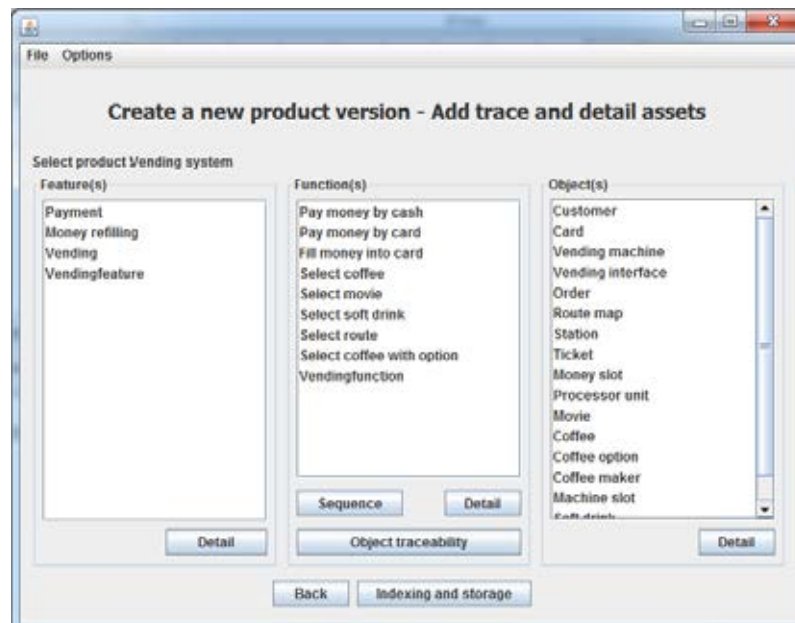
รูปที่ 5.11 หน้าจอการเปลี่ยนแปลงรายละเอียด เส้นความสัมพันธ์และลำดับการทำงานสินทรัพย์ ของส่วนการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์



2) ส่วนการสร้างสินทรัพย์เวอร์ชันใหม่ การทำงานหลักๆ คือ สร้างระบบใหม่จากสินทรัพย์ที่มีอยู่ โดยผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลบ และเปลี่ยนแปลงรายละเอียดข้อมูลได้เหมือนกับส่วนของการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ในหัวข้อที่ 1) ดังแสดงในรูปที่ 5.12 และ 5.13

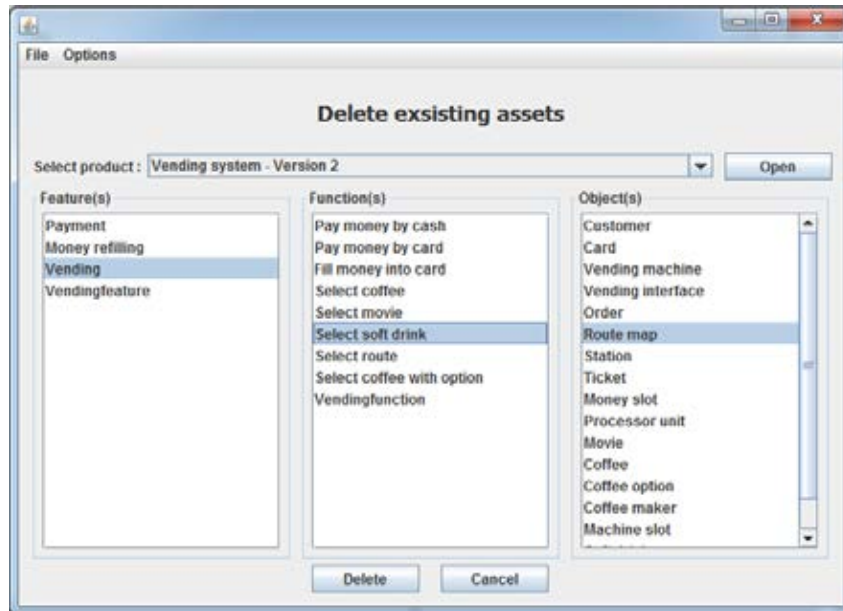


รูปที่ 5.12 หน้าจอการเพิ่มหรือลบสินทรัพย์ของส่วนการสร้างสินทรัพย์เวอร์ชันใหม่



รูปที่ 5.13 หน้าจอการเปลี่ยนแปลงรายละเอียด เส้นความสัมพันธ์และลำดับการทำงานสินทรัพย์ ของส่วนการสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่

3) ส่วนลบระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ การทำงานหลักๆ คือ เป็นการลบสินทรัพย์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ทั้งระบบ ดังแสดงในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 หน้าจอการลบระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

## 5.4 การทดสอบเครื่องมือที่พัฒนา

วัตถุประสงค์หลักของการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาคือ ต้องการตรวจสอบความถูกต้องและหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นของระบบ โดยการทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบคือ การทดสอบระดับหน่วยย่อย (Unit testing) การทดสอบระดับรวมหน่วย (Integration testing) และการทดสอบระดับระบบ (System testing) ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของทั้ง 3 วิธีได้ดังต่อไปนี้

### 5.4.1 การทดสอบระดับหน่วยย่อย

การทดสอบระดับหน่วยย่อยจะเป็นการทดสอบหน่วยย่อยๆ ของฟังก์ชันและการทำงานของระบบ การทดสอบแบบนี้จะเป็นการทดสอบในช่วงการพัฒนาเครื่องมือ ทั้งนี้ก็เพื่อดูความถูกต้องและข้อผิดพลาดของหน่วยย่อยนั้น โดยสามารถสร้างกรณีทดสอบออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

1) กรณีทดสอบการประมวลผลข้อมูลแผนภาพเอกซ์เอ็มแอล (TCUT-001) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 กรณีทดสอบการประมวลผลข้อมูลแผนภาพเอกซ์เอ็มแอล

รหัสกรณีทดสอบ	TCUT-001
ชื่อกรณีทดสอบ	การประมวลผลข้อมูลแผนภาพเอกซ์เอ็มแอล
วัตถุประสงค์	เป็นการทดสอบว่าระบบสามารถหาคำสำคัญของสินทรัพย์และเส้นความสัมพันธ์ในไฟล์เอกซ์เอ็มแอลดังกล่าวได้
ข้อมูลนำเข้า	- ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลของแผนภาพยูสเคส - ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลของแผนภาพคลาส
ข้อมูลออก	- ข้อมูลสินทรัพย์ ที่ประกอบด้วยคุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส - ข้อมูลเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์
ลำดับการทำงาน	1. รับไฟล์เอกซ์เอ็มแอล 2. อ่านไฟล์เอกซ์เอ็มแอลที่ได้ โดยการหาคำสำคัญและเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	สามารถรับและอ่านไฟล์เอกซ์เอ็มแอล รวมทั้งได้คำสำคัญและเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

2) กรณีทดสอบการสร้างดัชนีคำสำคัญ (TCUT-002) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 กรณีทดสอบการสร้างดัชนีคำสำคัญ

รหัสกรณีทดสอบ	TCUT-002
ชื่อกรณีทดสอบ	การสร้างดัชนีคำสำคัญ
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบการสร้างและการจัดเก็บดัชนีคำสำคัญ
ข้อมูลนำเข้า	- ชื่อสินทรัพย์ - คำอธิบายสินทรัพย์
ข้อมูลออก	ชุดข้อมูลดัชนีคำสำคัญ
ลำดับการทำงาน	1. รับข้อมูลคำสำคัญซึ่งประกอบด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ 2. วิเคราะห์คำสำคัญที่ได้ มาผ่านกระบวนการตรวจการเรียงตัวและตัดคำ กำจัดสต่อปเวีรด์ และหารากศัพท์ 3. จัดเก็บคำสำคัญที่ได้ลงฐานข้อมูลดัชนีคำสำคัญ
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ข้อมูลดัชนีคำสำคัญที่ผ่านการประมวลผลและจัดเก็บลงฐานข้อมูลดัชนีคำสำคัญ
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

3) กรณีทดสอบการขยายข้อความ (TCUT-003) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 กรณีทดสอบการขยายข้อความ

รหัสกรณีทดสอบ	TCUT-003
ชื่อกรณีทดสอบ	กรณีทดสอบการขยายข้อความ
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบการหาคำศัพท์สัมพันธ์จากข้อความ
ข้อมูลนำเข้า	ข้อความ
ข้อมูลออก	คำศัพท์สัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กับข้อความ
ลำดับการทำงาน	1. รับข้อความ 2. นำข้อความที่ได้ไปประมวลผลเพื่อให้ได้คำสำคัญ 3. นำคำสำคัญที่ได้ไปหาคำศัพท์สัมพันธ์จากพจนานุกรมคำศัพท์
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	คำศัพท์สัมพันธ์ที่ได้จากการขยายข้อความ
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

4) กรณีทดสอบการค้นคืนด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ (TCUT-004) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 กรณีทดสอบการค้นคืนด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์

รหัสกรณีสอบ	TCUT-004
ชื่อกรณีสอบ	การค้นคืนด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถค้นคืนเอกสารด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ได้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อความ
ข้อมูลออก	เอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อความ
ลำดับการทำงาน	1. รับข้อความและประมวลผลข้อความ เพื่อให้ได้เป็นคำสำคัญ 2. นำคำสำคัญที่ได้ไปคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงกับดัชนีคำสำคัญด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ 3. แสดงผลลัพธ์ของเอกสารที่เรียงจากค่าความคล้ายคลึงมากไปหาน้อย
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์ของเอกสารที่สัมพันธ์กับข้อความ
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

#### 5.4.2 การทดสอบระดับรวมหน่วย

การทดสอบระดับรวมหน่วยเป็นการทดสอบการทำงานของกลุ่มฟังก์ชัน ทั้งนี้ก็เพื่อดูความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ของฟังก์ชันหรือหน่วยย่อยดังกล่าว โดยสามารถสร้างกรณีทดสอบออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1) กรณีทดสอบการจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์ (TCIT-001) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 กรณีทดสอบการจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์

รหัสกรณีสอบ	TCIT-001
ชื่อกรณีสอบ	การจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบกระบวนการทำงานของการจัดเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลต่างๆ

ตารางที่ 5.15 กรณีทดสอบการจับเก็บไฟล์เอกซ์เอ็มแอลและข้อมูลอื่นๆ ของสินทรัพย์(ต่อ)

ข้อมูลนำเข้า	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลแผนภาพยูสเคส</li> <li>- ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลแผนภาพคลาส</li> <li>- คำอธิบายยูสเคส</li> <li>- ซีอาร์ซีการ์ด</li> </ul>
ข้อมูลออก	ข้อมูลรายละเอียดสินทรัพย์และเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. รับไฟล์เอกซ์เอ็มแอล และหาคำสำคัญกับเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์</li> <li>2. กำหนดข้อมูลรายละเอียดของสินทรัพย์</li> <li>3. กำหนดข้อมูลเส้นความสัมพันธ์</li> <li>4. สร้างดัชนีคำสำคัญ</li> <li>5. จับเก็บข้อมูลดัชนีคำสำคัญ ข้อมูลรายละเอียดสินทรัพย์ และเส้นความสัมพันธ์</li> </ol>
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ข้อมูลดัชนีคำสำคัญ ข้อมูลรายละเอียดสินทรัพย์และเส้นความสัมพันธ์
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

2) กรณีทดสอบการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ (TCIT-002) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่

5.16

ตารางที่ 5.16 กรณีทดสอบการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์

รหัสกรณีทดสอบ	TCIT-002
ชื่อกรณีทดสอบ	การค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ได้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อคำถาม
ข้อมูลออก	เอกสารที่มีความสัมพันธ์กับข้อคำถาม
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. รับข้อคำถามและประมวลผลข้อคำถามเพื่อให้ได้เป็นคำสำคัญ</li> <li>2. นำคำสำคัญที่ได้ไปคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงกับดัชนีคำสำคัญด้วยแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์</li> <li>3. แสดงผลลัพธ์ของเอกสารที่เรียงจากค่าความคล้ายคลึงมากไปหาน้อย</li> <li>4. ตามรอยสินทรัพย์จากผลลัพธ์การค้นคืนที่แสดง</li> <li>5. เลือกดูรายละเอียดของสินทรัพย์จากผลลัพธ์ที่แสดง</li> </ol>

ตารางที่ 5.16 กรณีทดสอบการค้นคืนและตามรอยสินทรัพย์ (ต่อ)

ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์ที่แสดงมีความสัมพันธ์กับข้อความคำถาม
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

#### 5.4.3 การทดสอบระดับระบบ

การทดสอบระดับระบบจะทำในช่วงที่พัฒนาระบบเสร็จแล้ว การทดสอบในระดับนี้จะเป็นการทดสอบฟังก์ชันงานและการทำงานของระบบในมุมมองของผู้ใช้งานระบบ โดยสามารถสร้างกรณีทดสอบออกเป็น 5 กรณี ดังนี้

- 1) กรณีทดสอบการจับเก็บสินทรัพย์ (TCST-001) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 กรณีทดสอบการจับเก็บสินทรัพย์

รหัสกรณีทดสอบ	TCST-001
ชื่อกรณีทดสอบ	การจับเก็บสินทรัพย์
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถจับเก็บสินทรัพย์ต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้ได้
ข้อมูลนำเข้า	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ชื่อและรายละเอียดระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์</li> <li>- ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลแผนภาพยูสเคส</li> <li>- ไฟล์เอกซ์เอ็มแอลแผนภาพคลาส</li> <li>- ข้อมูลรายละเอียดชนิดสินทรัพย์คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส</li> <li>- เส้นความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันและคลาส</li> </ul>
ข้อมูลออก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อมูลสินทรัพย์พร้อมเส้นความสัมพันธ์</li> <li>- ข้อมูลดัชนีคำสำคัญ</li> </ul>
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้ใส่ชื่อและคำอธิบายของระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่จะจับเก็บ</li> <li>2. เลือกไฟล์เอกซ์เอ็มแอลของทั้ง 2 แผนภาพ โดยการกดปุ่ม Browse...</li> <li>3. กดปุ่ม Next เพื่อไปยังหน้าใส่รายละเอียดและเส้นความสัมพันธ์ของสินทรัพย์</li> <li>4. ใส่รายละเอียดของสินทรัพย์และเส้นความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันและคลาส</li> <li>5. กดปุ่ม Indexing and storage เพื่อทำดัชนีคำสำคัญและบันทึกข้อมูลสินทรัพย์ลงฐานข้อมูล</li> </ol>

ตารางที่ 5.17 กรณีทดสอบการจัดเก็บสินทรัพย์ (ต่อ)

ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ข้อมูลดัชนีสำคัญ และข้อมูลรายละเอียดสินทรัพย์พร้อมเส้นความสัมพันธ์ที่ถูกจัดเก็บได้อย่างถูกต้อง
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

2) กรณีทดสอบการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ของผู้ใช้ (TCST-002) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 กรณีทดสอบการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ของผู้ใช้

รหัสกรณีทดสอบ	TCST-002
ชื่อกรณีทดสอบ	การค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ของผู้ใช้
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบการแสดงผลจากความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง
ข้อมูลนำเข้า	ข้อคำถาม
ข้อมูลออก	ผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กับข้อคำถาม
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้ใส่ข้อคำถามที่ต้องการ</li> <li>2. ผู้ใช้สามารถเลือกการแสดงผลการค้นคืนได้จาก ประเภทของสินทรัพย์ ชนิดของสินทรัพย์ วิธีการค้นคืน หรือใช้การขยายข้อคำถามได้</li> <li>3. กดปุ่ม Search เพื่อแสดงผลการค้นคืน</li> <li>4. เลือกรายการผลลัพธ์และกดปุ่ม Detail เพื่อดูรายละเอียดสินทรัพย์</li> <li>5. เลือกรายการผลลัพธ์และกดปุ่ม Trace เพื่อตามรอยสินทรัพย์ที่เกี่ยวข้อง</li> <li>6. เลือกดูรายละเอียดผลลัพธ์จากการตามรอยโดยการกดปุ่ม Detail</li> <li>7. ตามรอยผลลัพธ์ขั้นที่ 2 ได้จากการกดปุ่ม Trace</li> </ol>
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผลลัพธ์การค้นคืนที่สัมพันธ์กับข้อคำถามของผู้ใช้</li> <li>- ผลลัพธ์รายละเอียดสินทรัพย์ที่สัมพันธ์กับรายการผลลัพธ์ที่เลือก</li> <li>- ผลลัพธ์การตามรอยที่สัมพันธ์กับรายการผลลัพธ์การค้นคืน</li> </ul>
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน



3) กรณีทดสอบการสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่ (TCST-003) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่

5.19

ตารางที่ 5.19 กรณีทดสอบการสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่

รหัสกรณียทดสอบ	TCST-003
ชื่อกรณียทดสอบ	การสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถสร้างเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่จากสินทรัพย์ที่มีอยู่ได้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ
ข้อมูลออก	ข้อมูลเวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่แล้วกด OK</li> <li>2. เพิ่ม ลบ สินทรัพย์ที่แสดงได้จากปุ่ม Add และ Delete ตามลำดับ</li> <li>3. ใส่หมายเลขเวอร์ชันของสินทรัพย์ใหม่</li> <li>4. กดปุ่ม Next เพื่อไปยังหน้าใส่รายละเอียด</li> <li>5. กดปุ่ม Detail เพื่อดูและแก้ไขรายละเอียดสินทรัพย์ และกดปุ่ม Change เพื่อเปลี่ยนเส้นความสัมพันธ์ระหว่างสินทรัพย์</li> <li>6. กดปุ่ม Sequence เพื่อเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานของฟังก์ชัน</li> <li>7. กดปุ่ม Indexing and storage เพื่อทำดัชนีค่าสำคัญและจัดเก็บข้อมูลสินทรัพย์เป็นเวอร์ชันใหม่</li> </ol>
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	เวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่ที่มาจากข้อมูลสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

4) กรณีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ (TCST-004) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่

5.20

ตารางที่ 5.20 กรณีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่

รหัสกรณียทดสอบ	TCST-004
ชื่อกรณียทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบได้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ

ตารางที่ 5.20 กรณีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ที่มีอยู่ (ต่อ)

ข้อมูลออก	ข้อมูลสินทรัพย์ที่ได้เปลี่ยนแปลงแล้ว
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่แล้วกด OK</li> <li>2. เพิ่ม ลบ สินทรัพย์ที่แสดงได้จากปุ่ม Add และ Delete ตามลำดับ</li> <li>3. กดปุ่ม Next เพื่อไปยังหน้ารายละเอียดสินทรัพย์</li> <li>4. กดปุ่ม Detail เพื่อดูและแก้ไขรายละเอียดสินทรัพย์ และกดปุ่ม Change เพื่อเปลี่ยนเส้นความสัมพันธ์ระหว่างสินทรัพย์</li> <li>5. กดปุ่ม Sequence เพื่อเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานของฟังก์ชัน</li> <li>6. กดปุ่ม Object traceability เพื่อเปลี่ยนแปลงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันกับคลาส</li> <li>7. กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลง</li> </ol>
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ข้อมูลสินทรัพย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของผู้ใช้
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

## 5) กรณีทดสอบการลบสินทรัพย์ (TCST-005) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 กรณีทดสอบการลบสินทรัพย์

รหัสกรณีทดสอบ	TCST-005
ชื่อกรณีทดสอบ	การลบสินทรัพย์
วัตถุประสงค์	เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถลบสินทรัพย์ที่มีอยู่ได้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ
ข้อมูลออก	ข้อมูลสินทรัพย์ที่ถูกลบแล้ว
ลำดับการทำงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่แล้วกด OK</li> <li>2. กดปุ่ม Delete เพื่อลบสินทรัพย์</li> <li>3. กดปุ่มยืนยันการลบสินทรัพย์</li> </ol>
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	เวอร์ชันสินทรัพย์ใหม่ที่มาจากข้อมูลสินทรัพย์ที่มีอยู่ในระบบ
ผลลัพธ์ที่ได้	เป็นไปตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง
ผลการประเมิน	ผ่าน

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย งานวิจัยในอนาคต และบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเก็บ การค้นคืนและการตามรอยรอยสินทรัพย์ทั้งภายในและภายนอกแบบจำลองความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองทั้งสองเป็นการออกแบบด้วยแนวคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ทั้งนี้การตามรอยจะช่วยให้เข้าใจถึงคุณลักษณะฟังก์ชัน คลาส ลำดับการทำงาน และความสัมพันธ์ของสินทรัพย์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี โดยใช้เทคนิคการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศมาช่วยในการจัดเก็บและการค้นคืนสินทรัพย์ของแบบจำลองทั้งสองเป็นไปอย่างประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำวิธีการและกระบวนการต่างๆ ของงานวิจัยไปสร้างเป็นเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการจัดเก็บ การค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ดังกล่าวได้

โดยจะแสดงขั้นตอนที่สำคัญของงานวิจัยนี้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

##### 6.1.1 การจัดเก็บสินทรัพย์

สินทรัพย์ที่จัดเก็บในงานวิจัยนี้คือ สินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ที่ประกอบด้วย แผนภาพยูสเคส คำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ และซีอาร์ซีการ์ด ซึ่งตัวสินทรัพย์ที่จัดเก็บนี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ต่อไป

##### 6.1.2 การค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์

การค้นคืนจะเริ่มจากผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อความเข้ามา โดยจะนำข้อความที่ได้ไปเปรียบเทียบกับโดยการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกับข้อมูลสินทรัพย์ที่จัดเก็บ แล้วจึงแสดงผลลัพธ์โดยการจัดลำดับ

ผลลัพธ์ที่เรียงตามค่าความคล้ายคลึงจากมากไปน้อย และผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนจะเป็นตัวตั้งต้นสำหรับการตามรอยที่ช่วยให้ผู้ใช้เห็นถึงสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันได้

### 6.1.3 การทดลองและการประเมินผล

การทดลองและการประเมินผลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการทดลองและการประเมินผลการค้นคืนสินทรัพย์ มูลสินทรัพย์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 5 ระบบซอฟต์แวร์ที่สามารถจัดกลุ่มได้ 2 โดเมน โดยมองว่าการค้นคืนสินทรัพย์ใดๆ ก็ตาม ไม่มีความจำเป็นเสมอไปที่จะต้องค้นคืนแค่ภายในกลุ่มของโดเมนเดียวกัน เพราะอาจมีบางคุณลักษณะ ฟังก์ชัน หรือคลาสบางอย่างที่สามารถปรากฏอยู่ในต่างโดเมนกันได้ สำหรับการค้นคืนจะให้หน่วยตัวอย่างเป็นผู้กำหนดข้อความจากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการค้นคืน และเมื่อใช้มาตรวัดทั้งสามคือ ค่าระลึก ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก ปรากฏว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่าที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะได้คำที่กว้างและมากขึ้นสำหรับการค้นคืน ส่วนที่สองเป็นการทดลองและการประเมินผลการตามรอยสินทรัพย์ โดยการเปรียบเทียบเซตคำตอบจากเชี่ยวชาญกับเซตคำตอบของระบบว่าตรงกันหรือไม่

### 6.1.4 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ

เมื่อได้แนวคิดจากวิธีวิจัยแล้ว จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว สำหรับเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วนหลักๆ คือ

1) ส่วนการจัดเก็บสินทรัพย์ โดยออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใส่แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ และเป็นผู้กำหนดเส้นความสัมพันธ์ รวมทั้งรายละเอียดของสินทรัพย์ต่างๆ เมื่อได้สินทรัพย์แล้วก็จะออกแบบให้ระบบจัดเก็บสินทรัพย์ดังกล่าวลงคลังข้อมูลสินทรัพย์ พร้อมทั้งทำดัชนีค่าสำคัญของสินทรัพย์สำหรับใช้ในส่วนการค้นคืน

2) ส่วนการค้นคืนและการตามรอยสินทรัพย์ เป็นการการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถค้นคืนสินทรัพย์ที่ต้องการได้ โดยระบบสามารถจัดลำดับผลลัพธ์ตามค่าความคล้ายคลึง และผู้ใช้สามารถดูสินทรัพย์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ได้ โดยการตามรอยสินทรัพย์จากผลลัพธ์ที่ปรากฏได้ นอกจากนี้ยังออกแบบให้ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดต่างๆ ของสินทรัพย์ได้

3) ส่วนการอัปเดตสินทรัพย์ เป็นการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขสินทรัพย์ รายละเอียดของสินทรัพย์ หรือเส้นการตามรอยสินทรัพย์ได้ นอกจากนี้ผู้ใ้ยังยังสามารถสร้างสินทรัพย์เป็นเวอร์ชันใหม่ได้

### 6.1.5 การสรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การสรุปผลการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์ และการสรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์ โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังนี้

#### 6.1.5.1 การสรุปผลการทดลองการค้นคืนสินทรัพย์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณีด้วยกันคือ กรณีแรกเป็นการค้นคืนแบบไม่ใช้การขยายข้อความ โดยการพิจารณาจากมาตรวัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ค่าระลอก ค่าความแม่นยำ และค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก สามารถอธิบายได้ว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ค่ามาตรวัดทั้ง 3 สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว ส่วนในกรณีที่สองที่เป็นการค้นคืนแบบใช้การขยายข้อความ สามารถอธิบายได้ว่า การใช้พจนานุกรมคำศัพท์จะทำให้ค่าระลอกของทั้งวิธีการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์และวิธีการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์มีค่าที่สูงขึ้น แต่จะตรงข้ามกับค่าความแม่นยำที่กล่าวได้ว่า การค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์มีค่าความแม่นยำที่สูงขึ้น ส่วนการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะทำให้ค่าความแม่นยำที่ลดลง และเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกนั้น การค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์ก็ยิ่งให้ค่าที่สูงกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว

จากผลการประเมินที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งที่ใช้และไม่ใช้การขยายข้อความ สรุปได้ว่าการค้นคืนด้วยชื่อและคำอธิบายสินทรัพย์จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยชื่อสินทรัพย์เพียงอย่างเดียว แต่ทั้งนี้แล้วในการใช้งานการค้นคืนจริงๆ นั้น มักมีปัจจัยและองค์ประกอบอื่นๆ มากมายที่ต้องคำนึงถึง การทดลองและการประเมินผลที่กล่าวมาเป็นเพียงแค่แนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยได้ทำขึ้น เพื่อเอื้อประโยชน์ให้กับผู้ใช้ในการประยุกต์ใช้กับการค้นคืนให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สูงสุด

#### 6.1.5.2 การสรุปผลการทดลองการตามรอยสินทรัพย์

ผลการทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดลองความสามารถในการตามรอยจากผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนการค้นคืนสินทรัพย์ โดยการประเมินทำโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดเขตคำตอบที่ถูกต้อง

แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับเซตคำตอบของระบบ และจากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถตามรอยสินทรัพย์ได้อย่างถูกต้องตามคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญ

แต่ทั้งนี้แล้วการตามรอยสินทรัพย์จะมีประสิทธิผลมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับเส้นความสัมพันธ์ที่ได้จากแผนภาพในขั้นตอนการจัดเก็บแบบจำลอง กล่าวคือหากเส้นความสัมพันธ์ที่ได้ในขั้นตอนการจัดเก็บดีจะส่งผลให้เส้นความสัมพันธ์ที่ปรากฏในการตามรอยดีด้วย

## 6.2 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1) ข้อมูลสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ จะต้องออกแบบด้วยยูเอ็มแอลที่ใช้แนวความคิดของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เท่านั้น เพราะว่าการออกแบบทั่วไปจะไม่มีแบ่งส่วนทั่วไปกับส่วนแปรผันไว้อย่างชัดเจนนั่นเอง

2) ข้อมูลสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะของงานวิจัยนี้ ได้จากแพคเกจในแผนภาพยูเอสเคส ซึ่งถ้าไม่มีการกำหนดแพคเกจในแผนภาพ ก็จะไม่มีการกำหนดข้อมูลสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะปรากฏ

3) การตามรอยสินทรัพย์ต่างๆ จะตามรอยสินทรัพย์ที่มีความสัมพันธ์กับสินทรัพย์ตั้งต้นไว้ที่ 3 ระดับเท่านั้น

## 6.3 งานวิจัยในอนาคต

สามารถแบ่งการทำงานวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

1) ปรับปรุงเรื่องการขยายข้อความ เนื่องจากมีวิธีการขยายข้อความมากมายสำหรับที่ให้ผลลัพธ์ที่ตอบโจทยกับผู้ใช้มากขึ้น โดยมีวิธีการคือขยายข้อความที่ไม่ใช่แค่การใช้พจนานุกรมคำศัพท์เพียงอย่างเดียว อาจจะใช้วิธีการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้และจากตัวสินทรัพย์ที่จัดเก็บร่วมด้วย

2) ใช้ผลป้อนกลับที่ตรงกับความต้องการจากผู้ใช่ โดยการให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการทำให้ผลลัพธ์ดีขึ้น ด้วยการให้ผู้ใช้ดูผลลัพธ์ที่ได้ในรอบแรกก่อน หลังจากนั้นก็ให้ผู้ใช้เลือกผลลัพธ์ที่คิดว่าใกล้เคียงกับความต้องการที่สุด เพื่อที่ระบบจะนำเอาไปใช้ในการสร้างข้อความใหม่ ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ในรอบหลังตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น

3) เพิ่มสินทรัพย์แบบจำลองอื่นๆ เนื่องจากกระบวนการพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ครอบคลุมตั้งแต่แบบจำลองความต้องการจนถึงแบบจำลองการทดสอบ ในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองแค่สองส่วนคือ แบบจำลองการความต้องการและแบบจำลองการวิเคราะห์ งานต่อไปในอนาคตคือ นำเอาแบบจำลองการออกแบบ แบบจำลองการพัฒนา และแบบจำลองการทดสอบ มาใช้ในการจัดเก็บและค้นคืนสินทรัพย์ด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อให้การตามรอยมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สูงขึ้น กล่าวคือผู้ใช้สามารถจัดเก็บ ค้นคืน และตามรอยสินทรัพย์ที่ต้องการได้จนจบกระบวนการการพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งตรงส่วนนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ๆ ในอนาคต

4) ปรับเปลี่ยนชุดข้อมูลทดสอบสำหรับใช้ในการทดลอง กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนชุดข้อมูลทดสอบใหม่ เพื่อดูประสิทธิผลที่ได้ว่ายังเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการทดลองด้วยชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยหรือไม่ ทั้งนี้อาจเป็นการเพิ่มความซับซ้อนของตัวสินทรัพย์ หรือเพิ่มข้อมูลสินทรัพย์ให้มากขึ้น

#### 6.4 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

1) หัวเรื่อง “การตามรอยสินทรัพย์แบบจำลองความต้องการและการวิเคราะห์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้เทคนิคการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศ” โดย จิรวัดน์ แสงทอง และ นครทิพย์ พร้อมพูล ในบันทึกการประชุม “The 10th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE'13)” ซึ่งจัดขึ้น ณ จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 30-31 พฤษภาคม 2556

## รายการอ้างอิง

- [1] Hasson Gomaa. Designing software product lines with UML. Boston : Addison Wesley, 2004.
- [2] Klaus Pohl, Gunter Bockle and Frank van der Linden. Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques. Germany : Springer, 2005.
- [3] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto. Modern Information Retrieval. London : Addison Wesley, 2011.
- [4] ศุภชัย ตั้งวงศ์ศานต์. ระบบการจัดเก็บและการค้นคืนสารสนเทศด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิทักษ์การพิมพ์, 2551.
- [5] G. Chastek, P. Donohoe, K.C. Kang and S. Thiel. Product Line analysis a Practical Introduction. Software engineering institute, 2001.
- [6] K.C. Kang, S.G. Cohen, J.A. Hess and W.E. Novak. Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) feasibility study. Technique Report in CMU with ID CMU/SEI-90-TR : ESD-90-TR-222, 1990.
- [7] E. Harold. XML Bible. California : An International Data Group Company, 1999.
- [8] Hamad I. Alsawalqah, Komi S. Abotsi and Lee H. An automated mechanism for organization and retrieving core asset artifacts for product derivation in SPL. The International Conference on Information Systems (ICIS). Soul, Korea : 24-26, 2009.
- [9] S.C. Chou and Y.C. Chen. Retrieving reusable components with variation points from software product lines. Journal Information Processing Letters. 99, 3 (2006) : 106-110.
- [10] อัคเดช อุดมชัย, นครทิพย์ พร้อมพูล และ พิษณุ คนองชัยยศ. การเพิ่มความสามารถในการนำยูสเคสกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้การคำนวณพจน์ความคล้ายกัน. National conference on computing and information technology, 2005.
- [11] ฐิติวรรณ ศรีอุดร และ นครทิพย์ พร้อมพูล. การจัดเก็บและค้นคืนคำอธิบายยูสเคสสำหรับสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์. National Computer Science and Engineering Conference, 2007.
- [12] Anavin Trakarnviroj and Nakornthip Prompoon. A storage and retrieval of requirement model and analysis model for software product line. The 2012 IEANG International Conference on Software Engineering Hong Kong, 2012.
- [13] W. Jirapanthong and A. Zisman. XtraQue: traceability for product line systems. Software and Systems Modeling. 8, 1 (2009) : 117-144.



ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### ข้อมูลสินทรัพย์สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

ในภาคผนวก ก จะอธิบายรายละเอียดของระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยระบบงานทั้งหมด 5 ระบบงาน และสามารถแบ่งออกเป็น 2 โดเมน ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

โดเมน	ชื่อระบบ	จำนวนสินทรัพย์			
		คุณลักษณะ	ฟังก์ชัน	คลาส	ลำดับงาน
การซื้อขาย	1. Electronic commerce	6	16	15	16
	2. Vending system	4	9	17	9
	3. Mobile selling online	4	12	7	12
การเช่า	4. Rental application	4	14	12	14
	5. Library system	5	14	12	14
รวมข้อมูลสินทรัพย์ทั้ง 5 ระบบ		23	65	63	65

โดยสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลสินทรัพย์ของทั้ง 5 ระบบ ดังนี้

#### 1) Electronic commerce

สามารถแบ่งออกตามประเภทของสินทรัพย์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส และย่อยตามชนิดของสินทรัพย์คือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ ก.2 คุณลักษณะของ Electronic commerce

หมายเลข	ชื่อคุณลักษณะ	ชนิดสินทรัพย์
1	E-commerce kernel	Common
2	Business customer	Alternative
3	Purchase order	Common
4	Payment	Common
5	After sale service	Optional
6	Home customer	Alternative

ตารางที่ ก.3 ฟังก์ชันของ Electronic commerce

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Browse Catalog	Common
2	Make Purchase Request	Common
3	Process Delivery Order	Common
4	Confirm Shipment	Common
5	Deliver Purchase Order	Common
6	Prepare Purchase Order	Common
7	Return goods	Optional
8	Repair goods	Optional
9	Create Requisition	Alternative
10	Confirm Delivery	Alternative
11	Send Invoice	Alternative
12	Manage customer account	Alternative
13	Bill Customer	Alternative
14	Pay money by credit card	Common
15	Pay money by mobile	Alternative
16	Pay money by debit card	Alternative

ตารางที่ ก.4 คลาสของ Electronic commerce

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Payment	Optional
2	Invoice	Optional
3	Delivery Order	Common
4	Customer	Common
5	Requisition	Optional
6	Selected goods	Common
7	Contract	Optional
8	Operation Fund	Optional
9	Catalog	Common
10	Bank Account	Optional
11	Supplier	Common
12	Inventory	Common
13	Wholesaler	Alternative
14	Purchase Order	Common
15	Purchase Order goods	Alternative

## 2) Vending system

สามารถแบ่งออกตามประเภทของสินทรัพย์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส และย่อยตามชนิดของสินทรัพย์คือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ ก.5 คุณลักษณะของ Vending system

หมายเลข	ชื่อคุณลักษณะ	ชนิดสินทรัพย์
1	Payment	Common
2	money refilling	Optional
3	Card buying	Optional
4	Vending	Common

ตารางที่ ก.6 ฟังก์ชันของ Vending system

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Select Coffee	Common
2	Select Movie	Common
3	Select Soft Drink	Common
4	Select Route	Common
5	Pay Money by cash	Common
6	Select Coffee with Option	Optional
7	Fill Money into Card	Optional
8	Buy Card	Optional
9	Pay Money By Card	Alternative

ตารางที่ ก.7 คลาสของ Vending system

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Customer	Common
2	Card	Alternative
3	Card System	Alternative
4	Vending Machine	Common
5	Vending Interface	Common
6	Order	Common
7	Route map	Common
8	Station	Common
9	Ticket	Common
10	Money Slot	Common
11	Processor Unit	Common
12	Movie	Common
13	Coffee	Common

ตารางที่ ก.7 คลาสของ Vending system (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
14	Coffee option	Optional
15	Coffee Maker	Common
16	Machine Slot	Common
17	Soft Drink	Common

### 3) Mobile selling online

สามารถแบ่งออกตามประเภทของสินทรัพย์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส และย่อยตามชนิดของสินทรัพย์คือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ ก.8 คุณลักษณะของ Mobile selling online

หมายเลข	ชื่อคุณลักษณะ	ชนิดสินทรัพย์
1	Selling kernel	Common
2	Payment	Common
3	Selling management	Common
4	Transferring	Optional

ตารางที่ ก.9 ฟังก์ชันของ Mobile selling online

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Search product information	Common
2	View product information	Common
3	Comment	Optional
4	Compare product	Common
5	Purchase product	Common
6	Manage a product list	Common
7	Check purchase order	Common

ตารางที่ ก.9 ฟังก์ชันของ Mobile selling online (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
8	Pay money by debit card	Common
9	Pay money by credit card	Alternative
10	Transfer money	Optional
11	Confirm transferring money	Optional
12	Verify user payment	Optional

ตารางที่ ก.10 คลาสของ Mobile selling online

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	Product	Common
2	Comment	Optional
3	User	Common
4	Purchasing	Common
5	Order	Common
6	Payment	Common
7	Transferring	Optional

#### 4) Rental application

สามารถแบ่งออกตามประเภทของสินทรัพย์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส และย่อยตามชนิดของสินทรัพย์คือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ ก.11 คุณลักษณะของ Rental application

หมายเลข	ชื่อคุณลักษณะ	ชนิดสินทรัพย์
1	Rental	Common
2	Rental management	Common
3	Rental promotions	Optional
4	Authentication	Optional

ตารางที่ ก.12 ฟังก์ชันของ Rental application

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสิทธิ์
1	Manage Customer	Common
2	Manage Book	Common
3	Manage Movie	Common
4	Borrow Book	Common
5	Borrow Movie	Common
6	Return Book	Common
7	Return Movie	Common
8	Register	Common
9	Login	Common
10	Reserve Book	Optional
11	Reserve Movie	Optional
12	Pay money	Common
13	Create Promotion	Optional
14	Pay Fine	Optional

ตารางที่ ก.13 คลาสของ Rental application

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสิทธิ์
1	Customer	Common
2	Administrator	Common
3	Promotion	Optional
4	Employee	Common
5	Movie	Common
6	Book	Common
7	Rental System	Common
8	Payment Form	Common



ตารางที่ ก.13 คลาสของ Rental application (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสิทธิ์
9	Fine	Optional
10	Borrowing	Common
11	Returning	Common
12	Reserving	Optional

### 5) Library system

สามารถแบ่งออกตามประเภทของสิทธิ์คือ คุณลักษณะ ฟังก์ชัน และคลาส และย่อยตามชนิดของสิทธิ์คือ ส่วนทั่วไป ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก และส่วนแปรผันแบบทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ ก.14 คุณลักษณะของ Library system

หมายเลข	ชื่อคุณลักษณะ	ชนิดสิทธิ์
1	User management	Common
2	Member management	Common
3	library kernel	Common
4	Reading room service	Optional
5	VIP Reading room service	Alternative

ตารางที่ ก.15 ฟังก์ชันของ Library system

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสิทธิ์
1	Manage user information	Common
2	Manage library media information	Common
3	Define library media status	Common
4	Add member information	Common
5	Add VIP member information	Optional
6	Manage member information	Common

ตารางที่ ก.15 ฟังก์ชันของ Library system (ต่อ)

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
7	Borrow library media	Common
8	Return library media	Common
9	Reserve library media	Optional
10	Pay a fine by money	Optional
11	Pay a fine by mobile	Alternative
12	Pay a fine by coupon	Alternative
13	Reserve reading room	Optional
14	Reserve VIP reading room	Alternative

ตารางที่ ก.16 คลาสของ Library system

หมายเลข	ชื่อฟังก์ชัน	ชนิดสินทรัพย์
1	User	Common
2	Member	Common
3	Report	Common
4	Borrowing	Common
5	Returning	Common
6	Reserving	Optional
7	Library media	Common
8	Library	Common
9	Fine by money	Optional
10	Administrator	Common
11	Fine by coupon	Alternative
12	Fine by mobile	Alternative

## ภาคผนวก ข

### ข้อความถามจากหน่วยตัวอย่าง

ข้อความถามที่ได้รับจากหน่วยตัวอย่างจำนวน 7 หน่วยตัวอย่าง จะมาจากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น โดยหลังจากได้ข้อความมาแล้วผู้วิจัยต้องนำมาคัดกรองข้อความที่ซ้ำกันและข้อความที่ไม่ถูกต้องออกไป ซึ่งจะแบ่งได้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นทั้ง 4 สถานการณ์ ดังนี้

#### 1) สถานการณ์การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

สถานการณ์นี้สมมติให้เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของ “ระบบการซื้อขายสินค้า” (Purchasing system) และสามารถแบ่งข้อความที่ได้จากโจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามประเภทของสินทรัพย์ได้ดังนี้

1.1) ประเภทสินทรัพย์ “คุณลักษณะ” ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นการสร้างสินทรัพย์คุณลักษณะจำนวน 3 คุณลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ข้อความที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อความถาม
1. คุณลักษณะเกี่ยวกับการซื้อขาย สามารถทำการซื้อ การขาย และการจัดการเกี่ยวกับการขาย	1	Purchase order
	2	Electronic commerce
	3	Purchase
	4	Vending transaction
	5	Purchasing
	6	Selling management
2. คุณลักษณะที่เป็นการให้บริการหลังการขาย สามารถคืนหรือเปลี่ยนสินค้าได้	1	After sale service
	2	Refund
	3	Sale Service

ตารางที่ ข.1 ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ (ต่อ)

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
3. คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า ซึ่งเป็นการทำงานหลังจากลูกค้าทำรายการซื้อขายเสร็จสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการส่งบิลการส่งใบกำกับสินค้า ไปยังลูกค้า	1	Customer
	2	Home customer
	3	Customer service
	4	User service

1.2) ประเภทสินทรัพย์ “ฟังก์ชัน” ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นการสร้างสินทรัพย์ฟังก์ชันจำนวน 3 ฟังก์ชัน ดังแสดงในตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคุณลักษณะ

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
1. ฟังก์ชันที่ให้ลูกค้าสามารถเรียกดูหรือเข้าชมสินค้าก่อนจะทำการซื้อขายสินค้า	1	Browse catalog
	2	Browse product
	3	Customer browse catalog
	4	Product
2. ฟังก์ชันที่เกี่ยวกับการโอนเงิน เมื่อทำการเลือกสินค้าได้แล้ว	1	Transfer money
	2	Transferring
	3	Alienate money
	4	Alienate
3. ฟังก์ชันในการส่งใบกำกับสินค้าขึ้นมาเมื่อจะจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า	1	Create requisition
	2	Requisition
	3	Generate Picking

1.3) ประเภทสินทรัพย์ “คลาส” ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นการสร้างสินทรัพย์คลาสจำนวน 3 คลาส ดังแสดงในตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.3 ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์ประเภทคลาส

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
1. คลาสที่เกี่ยวข้องกับการชำระเงิน หลังจากการซื้อขายสินค้า	1	Payment
2. คลาสที่เป็นสัญญาการซื้อขาย ซึ่งจะ เป็นเอกสารยืนยันการซื้อขายสินค้า บางอย่าง	1	Contract
3. คลาสที่เป็นผู้ค้าส่ง ซึ่งจะ เป็นคน กลางสำหรับการซื้อขายสินค้า	1	wholesaler
	2	supplier

1.4) คำสำคัญ (Keyword) ซึ่งเป็นการไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้เป็นการสร้างคำสำคัญใดๆ จำนวน 3 คลาส ดังแสดงในตารางที่ ข.4

ตารางที่ ข.4 ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์โดยการไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
1. ลูกค้าสามารถเรียกดู หรือเข้าชม สินค้าก่อนจะทำการซื้อขายสินค้า	1	Browse catalog
	2	Browse product
	3	Customer browse catalog
	4	Product
2. สามารถทำการซื้อ การขาย และการ จัดการเกี่ยวกับการขาย	1	Purchase order
	2	Electronic commerce
	3	Purchase
	4	Vending transaction
	5	Purchasing
	6	Selling management

ตารางที่ ข.4 ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างสินทรัพย์โดยการไม่ระบุประเภทของสินทรัพย์ (ต่อ)

โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
3. การชำระเงิน หลังจากการซื้อขายสินค้า	1	Payment

## 2) สถานการณ์เพิ่ม ลบ และแก้ไขสินทรัพย์

จากสถานการณ์นี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ย่อยได้ดังนี้

1) สถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ โดยสมมติให้เป็นการเพิ่มสินทรัพย์ “ระบบการขายสินค้าออนไลน์” (Internet selling system) โดยสามารถโจทย์ปัญหาออกตามประเภทและชนิดของสินทรัพย์ดังแสดงในตารางที่ ข.5

ตารางที่ ข.5 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คุณลักษณะ	ส่วนทั่วไป	คุณลักษณะเกี่ยวกับการซื้อขาย สามารถทำการซื้อ การขาย และการจัดการเกี่ยวกับการขาย	1	Purchase order
			2	Electronic commerce
			3	Purchase
			4	Vending transaction
			5	Purchasing
			6	Selling management
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	คุณลักษณะที่เป็นการให้บริการหลังการขายคือ เมื่อทำการซื้อสินค้าเสร็จแล้ว อาจมีการคืนสินค้า หรือการซ่อมสินค้า เป็นต้น	1	After sale service
			2	Refund
			3	Sale Service

ตารางที่ ข.5 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ (ต่อ)

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คุณลักษณะ	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า ซึ่งเป็นการทำงานหลังจากลูกค้าทำรายการซื้อขายเสร็จสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการส่งบิล การส่งใบกำกับสินค้า ไปยังลูกค้า	1	Customer
			2	Home customer
			3	Customer service
			4	User service
ฟังก์ชัน	ส่วนทั่วไป	ฟังก์ชันที่让客户สามารถเรียกดู หรือเข้าชมสินค้าก่อนจะทำการซื้อขายสินค้า	1	Browse catalog
			2	Browse product
			3	Customer browse catalog
			4	Product
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	ฟังก์ชันที่เกี่ยวกับการโอนเงิน เมื่อทำการเลือกสินค้าได้แล้ว	1	Transfer money
			2	Transferring
			3	Alienate money
			4	Alienate
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ฟังก์ชันในการส่งใบกำกับสินค้าขึ้นมา เมื่อจะจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า	1	Create requisition
			2	Requisition
			3	Generate Picking
	คลาส	ส่วนทั่วไป	คลาสที่เกี่ยวข้องกับการชำระเงิน หลังจากการซื้อขายสินค้า	1

ตารางที่ ข.5 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเพิ่มสินทรัพย์ (ต่อ)

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คลาส	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	คลาสที่เป็นสัญญาการซื้อขาย ซึ่งจะเป็นเอกสารยืนยันการซื้อขายสินค้าบางอย่าง	1	Contract
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	คลาสที่เป็นผู้ค้าส่ง ซึ่งจะเป็นคนกลางสำหรับการซื้อขายสินค้า	1	wholesaler
			2	Supplier
คำสำคัญ	ส่วนทั่วไป	สามารถทำการซื้อขาย และการจัดการเกี่ยวกับการขาย	1	Purchase order
			2	Electronic commerce
			3	Purchase
			4	Vending transaction
			5	Purchasing
			6	Selling management
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	สัญญาการซื้อขาย ซึ่งจะเป็นเอกสารยืนยันการซื้อขายสินค้าบางอย่าง	1	Contract
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	การทำงานหลังจากลูกค้าทำรายการซื้อขายเสร็จสิ้นไม่ว่าจะเป็นการส่งบิล การส่งใบกำกับสินค้า ไปยังลูกค้า	1	Customer
			2	Home customer
3			Customer service	



2) สถานการณ์การลบบินทรัพย์ โดยสมมุติให้เป็นการลบบินทรัพย์ “ระบบให้เช่าสื่อ” (Media rental system) โดยสามารถโจทย์ปัญหาออกตามประเภทและชนิดของสินทรัพย์ดังแสดงในตารางที่ ข.6

ตารางที่ ข.6 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลบบินทรัพย์

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม	
คุณลักษณะ	ส่วนแปรผัน	คุณลักษณะที่เกี่ยวกับการยืมหรือการเช่าสินค้า ซึ่งเป็นคุณลักษณะหลักของระบบ	1	Rental	
			2	Rental product	
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	คุณลักษณะที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับโปรโมชั่นสินค้า โดยจะเป็นส่วนดูแลเรื่องการโปรโมชั่นสินค้า	1	Promotion	
			2	Manage promotion	
			3	Rental promotion	
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	คุณลักษณะที่เกี่ยวกับการให้บริการเช่าห้องอ่านหนังสือแบบ VIP สำหรับลูกค้าที่เป็น VIP หรือลูกค้าพิเศษว่าจะเป็นการส่งบิล การส่งใบกำกับสินค้าไปยังลูกค้า	1	Reading room service	
			2	Exclusive	
			3	Rent room	
			4	VIP member	
			5	Special rental	
	ฟังก์ชัน	ส่วนแปรผัน	ฟังก์ชันที่เป็นการจัดการสมาชิก คือจะจัดการกับสมาชิก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการยืม การคืน หรือข้อมูลต่างๆ เป็นต้น	1	Manage member information
				2	Manage member

ตารางที่ ข.6 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลบสิทธิ์ (ต่อ)

ประเภทสิทธิ์	ชนิดสิทธิ์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
ฟังก์ชัน	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	ฟังก์ชันที่เกี่ยวกับการเพิ่มสมาชิกระดับ VIP คือเป็นสมาชิกพิเศษ และมีสิทธิพิเศษที่เหนือกว่าสมาชิกทั่วไป	1	Add VIP member information
			2	Manage exclusive user
			3	Upgrade member
			4	Upgrade very important person
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ฟังก์ชันที่เป็นการจ่ายค่าปรับด้วยคูปองคือเป็นการจ่ายแบบพิเศษ สมาชิกสามารถจ่ายค่าปรับด้วยคูปองแทนการจ่ายด้วยเงินสด	1	Pay a fine by coupon
			2	Use Coupon
			3	Pay coupon
	คลาส	ส่วนแปรผัน	คลาสเกี่ยวกับการยืม โดยถือเป็นคลาสหลักของระบบก็ว่าได้	1
ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก		คลาสเกี่ยวกับการจอง ซึ่งจะเป็นส่วนเพิ่มเติมในการช่วยให้ลูกค้าสามารถจองสินค้าในกรณีที่ไม่มีสินค้าให้ยืมได้	1	Reserving
			2	Reservation
ส่วนแปรผันแบบทางเลือก		คลาสจ่ายค่าปรับด้วยคูปอง เป็นส่วนเก็บข้อมูลการจ่ายค่าปรับด้วยคูปอง	1	Fine by coupon
			2	Coupon

ตารางที่ ข.6 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การลบสินทรัพย์ (ต่อ)

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คำสำคัญ	ส่วนแปรผัน	การยืมหรือการเช่าสินค้า ซึ่ง เป็นคุณลักษณะหลักของระบบ	1	Rental
			2	Rental product
			3	Leasing
	ส่วนแปรผัน แบบตัวเลือก	เป็นส่วนเพิ่มเติมในการช่วยให้ ลูกค้าสามารถจองสินค้า ใน กรณีที่ไม่มีสินค้าให้ยืมได้	1	Reserving
			2	Reservation
	ส่วนแปรผัน แบบทางเลือก	การจ่ายค่าปรับด้วยคูปองคือ เป็นการจ่ายแบบพิเศษ สมาชิก สามารถจ่ายค่าปรับด้วยคูปอง แทนการจ่ายด้วยเงินสด	1	Pay a fine by coupon
			2	Use Coupon
			3	Pay coupon

3) สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ โดยสมมติให้เป็นการเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ “ระบบการซื้อและเช่าสินค้า” (Buying and renting system) โดยสามารถโจทย์ปัญหาออกตามประเภทและชนิดของสินทรัพย์ดังแสดงในตารางที่ ข.7

ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คุณลักษณะ	ส่วนแปรผัน	คุณลักษณะเกี่ยวกับการจัดการ ในส่วนของลูกค้า ซึ่งจะเป็นพวก การจัดการด้านข้อมูลต่างๆ ของ ลูกค้า	1	manage customer
			2	User management
			3	customer information adjustment

ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ (ต่อ)

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม	
คุณลักษณะ	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	คุณลักษณะที่เกี่ยวกับการเติมเงินคือ เป็นคุณลักษณะของการเติมเงินลงในบัตรเงินสด สำหรับใช้บริการซื้อและเช่าสินค้า	1	Money refilling	
			2	Top up	
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	คุณลักษณะที่เป็นส่วนของลูกค้า ซึ่งจะเป็นส่วนดูแลและจัดการหลังการซื้อหรือการเช่าสินค้า	1	Customer	
			2	Home customer	
			3	Customer service	
			4	Guest management	
	ฟังก์ชัน	ส่วนแปรผัน	ฟังก์ชันจ่ายเงินด้วยเงินสด เป็นฟังก์ชันหลักของระบบ ที่เมื่อผู้ใช้ทำการซื้อหรือเช่าสินค้าแล้ว ต้องทำการชำระเงินด้วยเงินสด	1	Pay money by cash
				2	Pay via cash
3				Pay cash	
ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก		ฟังก์ชันซ่อมแซมสินค้า กรณีที่ลูกค้าอาจจะได้สินค้าที่ชำรุดหรือเกิดจากอุบัติเหตุต่างๆ ที่ทำให้ตัวสินค้าเสียหาย	1	Repair goods	
			2	Repair product	

ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสินทรัพย์ (ต่อ)

ประเภทสินทรัพย์	ชนิดสินทรัพย์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
ฟังก์ชัน	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	ฟังก์ชันจองห้องอ่านหนังสือแบบ VIP ให้แก่สมาชิก VIP หรือผู้ใช้พิเศษ	1	Reserve reading room
			2	Reserve for exclusive
			3	Reserve room
			4	Reserve VIP reading room
			5	Book very important person
คลาส	ส่วนแปรผัน	คลาสสินค้า ซึ่งเป็นคลาสหลักของระบบ	1	Goods
			2	Product
			3	Item
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	คลาสแคตตาล็อกสินค้า ที่จะเก็บข้อมูลรายละเอียดสินค้าทุกชนิดไว้	1	Reserving
			2	Reservation
			3	Booking
	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	คลาสระบบบัตร เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลบัตรเงินสด	1	Card system
			2	Card
			3	Ticket
คำสำคัญ	ส่วนแปรผัน	สินค้า ซึ่งเป็นคลาสหลักของระบบ	1	Goods
			2	Product
			3	Item
	ส่วนแปรผันแบบตัวเลือก	การเติมเงินสินค้าลงในบัตรเงินสด สำหรับใช้บริการซื้อและเช่าสินค้า	1	Money refilling
			2	Top up

ตารางที่ ข.7 ข้อคำถามที่ได้จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสิทธิ์ (ต่อ)

ประเภทสิทธิ์	ชนิดสิทธิ์	โจทย์ปัญหา	ลำดับที่	ข้อคำถาม
คำสำคัญ	ส่วนแปรผันแบบทางเลือก	จองห้องอ่านหนังสือแบบ VIP ให้แก่สมาชิก VIP หรือผู้ใช้พิเศษ	1	Reserve reading room
			2	Reserve for exclusive
			3	Reserve room
			4	Reserve VIP reading room
			5	Book very important person

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรวัดน์ แสงทอง เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2531 ที่โรงพยาบาลศรีบรรพต อำเภอสรีบรรพต จังหวัดพัทลุง โดยมีภูมิลำเนาอยู่จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านเขาปู่ อำเภอสรีบรรพต จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนตะแพนพิทยาคม อำเภอสรีบรรพต จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนควนขนุน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี 2554