

การทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการซอฟต์แวร์ โดยใช้กฎที่สร้างจากความสัมพันธ์ของ  
ส่วนประกอบย่อยความต้องการ

นายณัฐพล ภัณฑานิติเลิศ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Verifying Software Requirements using Rules Constructed from Requirements  
Components Relationships

Mr. Nattapon Phanthanithilerd



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 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการซอฟต์แวร์ โดย  
ใช้กฎที่สร้างจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยความ  
ต้องการ

โดย

นายณัฐพล ภัณฑานิติเลิศ

สาขาวิชา

วิศวกรรมซอฟต์แวร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีติย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพูล)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เศรษฐา ปานงาม)

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

ณัฐพล ภัณฑานิติเลิศ : การทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการซอฟต์แวร์ โดยใช้กฎที่สร้างจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยความต้องการ (Verifying Software Requirements using Rules Constructed from Requirements Components Relationships) อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. นครทิพย์ พร้อมพูล, 151 หน้า.

ข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในหมู่วิศวกรซอฟต์แวร์ว่าเป็นหนึ่งในเอกสารซอฟต์แวร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากใช้เป็นเอกสารสัญญาะหว่างลูกค้าและผู้พัฒนา ในขั้นตอนวิศวกรรมความต้องการ ภาษาธรรมชาติมักจะถูกนำมาใช้ในการระบุความต้องการของผู้ใช้งาน แต่ด้วยลักษณะของภาษาธรรมชาตินั้นอาจจะก่อให้เกิดความกำกวม เพื่อลดปัญหานี้ยูเอ็มแอลมักจะนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองซอฟต์แวร์ อย่างไรก็ตามการออกแบบแบบจำลองซอฟต์แวร์โดยใช้ยูเอ็มแอลจากความต้องการซอฟต์แวร์ที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาตินั้น มักจะมีความซับซ้อนและในบางโครงการความต้องการของผู้ใช้งานนั้นอาจมีจำนวนมาก เป็นผลให้เกิดปัญหาที่สำคัญคือ การออกแบบแบบจำลองได้ไม่ครบถ้วนตามความต้องการของผู้ใช้งาน หรือขาดความต้องกันระหว่างแบบจำลอง ดังนั้นวิศวกรซอฟต์แวร์ควรให้ความสำคัญในการทวนสอบความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลองให้มีคุณลักษณะที่ต้องการ เพื่อให้ได้เอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ที่ดี

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการทวนสอบความต้องการซอฟต์แวร์ใน 2 ส่วนคือ ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลองซอฟต์แวร์ รวมถึงคำอธิบายของแบบจำลองให้มีคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 คือ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย โดยใช้กฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อย ของความต้องการที่อยู่ในรูปแบบภาษาธรรมชาติ ทั้งความต้องการเชิงฟังก์ชันและความต้องการเชิงโครงสร้าง และแบบจำลองซอฟต์แวร์เชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้างที่สร้างจากยูเอ็มแอลคือ แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส และคำอธิบายของทั้งสองแผนภาพ รวมถึงได้พัฒนาเครื่องมือที่สร้างจากการประยุกต์ใช้กฎที่นำเสนอเพื่อใช้ในการทวนสอบความต้องการซอฟต์แวร์อย่างอัตโนมัติ ผลลัพธ์ที่ได้คือ รายงานข้อผิดพลาดของการระบุความต้องการ เพื่อให้ผู้พัฒนานำไปสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการแก้ไขข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

# # 5570484421 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS: SOFTWARE REQUIREMENT CHARACTERISTICS / SOFTWARE MODELS / REQUIREMENTS VERIFICATION

NATTAPON PHANTHANITHILERD: Verifying Software Requirements using Rules Constructed from Requirements Components Relationships. ADVISOR: ASST. PROF. NAKORNTHIP PROMPOON, 151 pp.

Software requirements specification (SRS) is widely accepted among software engineers as one of the most important of software documents since it is normally used as an agreement between customer and developer. In requirements engineering process, natural language (NL) is often used to specify user requirements. However, due to NL sentence characteristic, using NL for user requirements definition usually results in an ambiguity of requirements. To reduce this problem, UML is always applied as a tool for software modelling. However, incompleteness of SRS and inconsistency among software models are still major issues because of the complexity of user requirements and a large number of user requirements in some projects. Thus, software engineer should pay attention to the verification of SRS in both natural language and software model in order to have SRS with the required characteristic and a good SRS document.

This research presents a method for SRS verification for 2 parts: software requirements documented as a NL sentence part and as a software models and their descriptions part in order to have three good characteristics defined by IEEE 830, which are unambiguity, consistency and traceability. The proposed rules construct from components and their relationships from SRS defined in NL sentence in both functional and structural requirements and software modelling in both functional and structural modelling using UML use case diagram and class diagram respectively including their descriptions. In addition, a software tool was developed from the application of the proposed rules to automatically verify SRS. The result will be the defect report help developers for supporting the decision making for SRS correction.

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

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

Academic Year: 2014

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครทิพย์ พร้อมพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาช่วยให้คำแนะนำ เกี่ยวกับ แนวทางการวิจัยที่มีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้ รวมถึงความรู้ต่างๆ ทั้งในด้านวิชาการ ด้านการใช้ ชีวิตในสังคม ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่และความเชื่อมั่นที่อาจารย์มีให้กับผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัย สามารถดำเนินงานวิจัยจนกระทั่งประสบผลสำเร็จและมีคุณภาพ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีติย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา ประธานกรรมการ สอบ รองศาสตราจารย์ ดร. เศรษฐา ปานงาม และ รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ บุญจริง กรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัย เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความ สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ทางวิชาการทั้งในด้านงานวิจัย และการใช้ชีวิตในสังคม รวมถึง บุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ข้อมูลและความ ช่วยเหลือ ในระหว่างที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาและสอบวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนในภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำความช่วยเหลือ และแรงสนับสนุนแก่ ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ ธนิต ภัณฑานิติเลิศ และคุณแม่ ปัทมา ภัณฑานิติเลิศ ที่ให้ความรัก แรงสนับสนุนในเวลาที่คุณวิจัยประสบปัญหา อีกทั้งยังให้คำปรึกษาที่มีคุณค่ายิ่งแก่ ผู้วิจัยเสมอมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย .....	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ .....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1.1 ยูเอ็มแอล.....	6
2.1.2 คุณลักษณะที่ดีของเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ (Characteristics of a Good Software Requirements Specifications) .....	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.2.1 การลดความกำกวมของข้อกำหนดความต้องการที่อยู่ในรูปแบบภาษาธรรมชาติ (Minimizing Ambiguity in Natural Language Software Requirements Specification) .....	15
2.2.3 การสร้างแบบจำลองยูเอ็มแอลคลาสจากข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ของกฎ ทางธุรกิจเอสบีวีอาร์ (Generating UML Class Models from SBVR Software Requirements Specifications).....	23

2.2.4 การตามรอยความต้องการในขั้นตอนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการศึกษาเชิง ประจักษ์ (Requirement Traceability in Software Development Process: An Empirical Approach).....	25
2.2.5 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ.....	27
บทที่ 3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	32
3.1 การสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะซอฟต์แวร์.....	32
1) การศึกษาคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์.....	33
2) การกำหนดบริบทเฉพาะของคุณลักษณะที่ใช้ในการทวนสอบ .....	34
3) การศึกษาโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติ และส่วนประกอบย่อยของ แบบจำลอง .....	34
4) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติ และ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง .....	42
5) การสร้างกฎและประเภทข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบ .....	43
3.2 การสกัดคำและหน้าที่ของคำจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ .....	62
3.3 การทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการซอฟต์แวร์ .....	64
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ.....	67
4.1 ข้อมูลในการทวนสอบของระบบห้องสมุด.....	67
4.2 ข้อมูลในการทวนสอบของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต .....	84
บทที่ 5 การพัฒนาเครื่องมือ.....	101
5.1 ความต้องการเชิงฟังก์ชัน.....	101
5.2 ความต้องการเชิงคุณภาพ.....	101
5.3 การวิเคราะห์ความต้องการและแผนภาพฟังก์ชันงานของระบบ.....	102
5.4 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุน.....	105
5.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือ และภาพส่วนต่อประสาน .....	106



บทที่ 6 การทดลองและการวิเคราะห์ผล .....	112
6.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง .....	112
6.2 การทวนสอบและการทดสอบ .....	112
6.3 สรุปผลการทดลอง .....	119
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย.....	121
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	121
7.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	122
7.3 งานวิจัยในอนาคต.....	122
7.4 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ .....	123
รายการอ้างอิง .....	124
ภาคผนวก.....	126
ภาคผนวก ก รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำกำกวม.....	127
ภาคผนวก ข แบบสอบถามที่ใช้ในการทวนสอบจากผู้เชี่ยวชาญ.....	130
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	151

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคส .....	7
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาส.....	8
ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคส.....	9
ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส.....	10
ตารางที่ 2.5 นิยามของคุณลักษณะที่ดีในมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 และบริบทเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย.....	11
ตารางที่ 2.7 ผลลัพธ์ของการสกัดคำที่ได้จากเอสอาร์อีลิคเตอร์ [6].....	18
ตารางที่ 2.8 ผลลัพธ์ความถูกต้องในการตรวจหาความต้องการโดยวิธีการคำนวณแบบ F-Value [6].....	19
ตารางที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยค่าความถูกต้องในการค้นหาทั้งหมด 5 โครงการ [6] .....	19
ตารางที่ 2.10 ประเภทความต้องการของประโยคภาษาธรรมชาติ รวมถึงตัวอย่างของประโยค [7] .	20
ตารางที่ 2.11 หน้าที่ของคำในรูปประโยค และหลักการออกแบบแผนภาพคลาสจากประโยคความต้องการ [7] .....	21
ตารางที่ 2.12 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือเอสปีอาร์ทูยูเอ็มแอล [8] .....	24
ตารางที่ 2.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดผลและเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น [8].....	24
ตารางที่ 2.14 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนอ .....	28
ตารางที่ 3.1 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและตัวอย่าง .....	35
ตารางที่ 3.2 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์รัลไลเซชันและตัวอย่าง .....	36
ตารางที่ 3.3 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบอินคลูดูและตัวอย่าง .....	37
ตารางที่ 3.4 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์ทีนด์และตัวอย่าง .....	37

ตารางที่ 3.5 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบเอสโซซิเอชันและตัวอย่าง .....	38
ตารางที่ 3.6 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์รัลไลเซชัน และตัวอย่าง .....	39
ตารางที่ 3.7 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชัน และตัวอย่าง .....	40
ตารางที่ 3.8 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีลักษณะประจำคลาสและตัวอย่าง.....	41
ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ.....	44
ตารางที่ 3.10 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความไม่กำกวม.....	50
ตารางที่ 3.11 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยยูสเคส.....	51
ตารางที่ 3.12 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยคลาส .....	52
ตารางที่ 3.13 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส.....	53
ตารางที่ 3.14 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส.....	54
ตารางที่ 3.15 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างแบบประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพยูสเคส .....	56
ตารางที่ 3.16 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพคลาส .....	57
ตารางที่ 3.17 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายยูสเคส .....	58
ตารางที่ 3.18 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยคลาสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายคลาส .....	60

ตารางที่ 3.19 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ ระหว่างแผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส .....	61
ตารางที่ 4.1 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Search loan items in a list.....	71
ตารางที่ 4.2 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Borrow loan items .....	72
ตารางที่ 4.3 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Reserve loan items .....	73
ตารางที่ 4.4 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Renew loan items.....	74
ตารางที่ 4.5 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส issues loan items.....	75
ตารางที่ 4.6 คำอธิบายคลาสของคลาส Customer .....	76
ตารางที่ 4.7 คำอธิบายคลาสของคลาส Student.....	76
ตารางที่ 4.8 คำอธิบายคลาสของคลาส Professor .....	76
ตารางที่ 4.9 คำอธิบายคลาสของคลาส Librarian.....	77
ตารางที่ 4.10 คำอธิบายคลาสของคลาส Loan items.....	77
ตารางที่ 4.11 คำอธิบายคลาสของคลาส Book.....	77
ตารางที่ 4.12 คำอธิบายคลาสของคลาส Language CD .....	78
ตารางที่ 4.13 คำอธิบายคลาสของคลาส Table of figure .....	78
ตารางที่ 4.14 คำอธิบายคลาสของคลาส Reference.....	78
ตารางที่ 4.15 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Borrow loan items ที่ผู้วิจัยได้แก้ไขและมี ข้อผิดพลาดอยู่ .....	79
ตารางที่ 4.16 คำอธิบายคลาสของคลาส Language CD ที่ผู้วิจัยได้แก้ไขและมีข้อผิดพลาดอยู่ .....	80
ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ .....	80
ตารางที่ 4.18 คำอธิบายยูสเคส Maintain CD Information.....	87
ตารางที่ 4.19 คำอธิบายยูสเคส Maintain CD Marketing Information.....	88
ตารางที่ 4.20 คำอธิบายยูสเคส Place order.....	89
ตารางที่ 4.21 คำอธิบายคลาสของคลาส Customer .....	90

ตารางที่ 4.22 คำอธิบายคลาสของคลาส Order.....	90
ตารางที่ 4.23 คำอธิบายคลาสของคลาส Search requirements.....	91
ตารางที่ 4.24 คำอธิบายคลาสของคลาส Artist search.....	91
ตารางที่ 4.25 คำอธิบายคลาสของคลาส Category search.....	91
ตารางที่ 4.28 คำอธิบายคลาสของคลาส Order item .....	92
ตารางที่ 4.29 คำอธิบายคลาสของคลาส Vendor.....	92
ตารางที่ 4.30 คำอธิบายคลาสของคลาส CD.....	93
ตารางที่ 4.31 คำอธิบายคลาสของคลาส CD categories .....	93
ตารางที่ 4.32 คำอธิบายคลาสของคลาส Rock.....	94
ตารางที่ 4.33 คำอธิบายคลาสของคลาส Jazz .....	94
ตารางที่ 4.34 คำอธิบายคลาสของคลาส Classical.....	94
ตารางที่ 4.35 คำอธิบายคลาสของคลาส Marketing information .....	95
ตารางที่ 4.36 คำอธิบายคลาสของคลาส Review .....	95
ตารางที่ 4.37 คำอธิบายคลาสของคลาส Artist information .....	96
ตารางที่ 4.38 คำอธิบายคลาสของคลาส Sample clip .....	96
ตารางที่ 4.39 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต .....	97
ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบห้องสมุด .....	115
ตารางที่ 6.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบขายแผ่นซีดีบน อินเทอร์เน็ต.....	117
ตารางที่ ก.1 รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำกำกวมที่ใช้ในการทวนสอบ.....	127

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากสแตนด์ฟอร์ตพาสเชอร์แสดงถึงหน้าที่ของคำในประโยค [6] .....	15
รูปที่ 2.2 โครงสร้างประโยคที่ได้จากหน้าที่ของคำแสดงออกมาในรูปแบบต้นไม้ [6] .....	16
รูปที่ 2.3 ผลลัพธ์หลังจากจัดกลุ่มคำด้วยนิยามคำศัพท์เอสบีวีอาร์ [6] .....	17
รูปที่ 2.4 ภาพรวมของงานวิจัยที่ [8] .....	23
รูปที่ 2.5 แผนภาพโครงสร้างของส่วนประกอบย่อยระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส [9] .....	25
รูปที่ 2.6 ภาพรวมวิธีการทำงานของเครื่องมือ [9] .....	26
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างส่วนต่อประสานของเครื่องมือสนับสนุน [9] .....	27
รูปที่ 3.1 ภาพรวมและวิธีการดำเนินงานวิจัย .....	32
รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะซอฟต์แวร์ .....	33
รูปที่ 3.3 แผนภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและ แบบจำลอง .....	42
รูปที่ 3.4 แผนภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับคำอธิบาย .....	43
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย .....	51
รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยคลาส และ รายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย .....	52
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยยูสเคส และส่วนประกอบย่อยคำอธิบายยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย .....	53
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยคลาสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายคลาส และ รายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย .....	54
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยแผนภาพ ยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน .....	55
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยแผนภาพ คลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน .....	56

รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน.....	58
รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพคลาสกับส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน .....	59
รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยแผนภาพคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย.....	61
รูปที่ 3.14 คำและความสัมพันธ์ในประโยค.....	63
รูปที่ 3.15 ไฟล์เอ็กเอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือสตาร์ยูเอ็มแอล.....	64
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบแผนภาพคลาส (ก) ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ และแผนภาพคลาส (ข) ที่แก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ .....	70
รูปที่ 4.3 ข้อมูลประโยคภาษาธรรมชาติของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต [5] .....	85
รูปที่ 4.4 แผนภาพยูสเคสของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต.....	86
รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต .....	86
รูปที่ 5.1 แผนภาพเชิงฟังก์ชันของระบบทวนสอบคุณลักษณะของความต้องกัน.....	102
รูปที่ 5.2 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสนับสนุน .....	104
รูปที่ 5.3 ส่วนต่อประสานในการสร้างโครงการ .....	106
รูปที่ 5.4 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับนำเข้าข้อมูล.....	107
รูปที่ 5.5 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับการนำเข้าข้อมูลคำอธิบายยูสเคส.....	107
รูปที่ 5.6 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับการนำเข้าข้อมูลคำอธิบายคลาส .....	108
รูปที่ 5.7 ผลลัพธ์หลังจากการสกัดคำและหน้าที่ของคำในระบบ.....	108
รูปที่ 5.8 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความไม่กำกวม.....	109
รูปที่ 5.9 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความต้องกัน .....	109
รูปที่ 5.10 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะการตามรอย.....	110
รูปที่ 5.11 ส่วนต่อประสานสำหรับการเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ.....	110
รูปที่ 5.12 ส่วนต่อประสานในตัวเลือกการจัดการของผู้ดูแลระบบ .....	111

รูปที่ 6.1 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือ..... 113





# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ขั้นตอนการระบุความต้องการของผู้ใช้ถือเป็นกระบวนการสำคัญอีกกระบวนการหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนให้ได้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนานั้นมีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ โดยความต้องการของผู้ใช้นั้นจะถูกระบุลงในเอกสารที่มีชื่อว่า เอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ (Software Requirements Specifications ใช้คำย่อว่า SRS) ซึ่งจะปรากฏอยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ และแบบจำลองซอฟต์แวร์ ภายในเอกสารข้อกำหนดความต้องการนั้นจะระบุความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ความต้องการเชิงฟังก์ชัน และความต้องการเชิงโครงสร้าง โดยความต้องการเชิงฟังก์ชันนั้นจะระบุถึงการให้บริการของระบบกับผู้ใช้แต่ละประเภท เช่น นักเรียนสามารถใช้ระบบค้นหาหนังสือในชั้นวางหนังสือ บรรณารักษ์สามารถเรียกดูข้อมูลการค้นยืมของนักเรียน เป็นต้น ในส่วนของความต้องการเชิงโครงสร้างจะระบุถึงข้อมูลที่ระบบควรจัดเก็บ เช่น บัตรสมาชิกนักเรียนจะจัดเก็บชื่อนักเรียน นามสกุล และรหัสนักเรียน หรือหนังสือประกอบไปด้วยชื่อผู้แต่ง และวันที่ตีพิมพ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามประโยคภาษาธรรมชาตินั้นมีลักษณะเฉพาะซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความกำกวม และสามารถตีความความหมายของคำได้หลายความหมาย ทำให้ความต้องการที่ระบุขึ้นมานั้นไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้

ในส่วนของแบบจำลองซอฟต์แวร์ ยูเอ็มแอล (Unify Modelling Language ใช้คำย่อว่า UML) เป็นเครื่องมือที่สามารถประยุกต์ใช้เพื่อระบุความต้องการของประโยคภาษาธรรมชาติ โดยยูเอ็มแอลมีแบบจำลองหลายประเภทให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม ซึ่งในการระบุความต้องการของผู้ใช้ในเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์นั้นนิยมใช้แผนภาพยูสเคส (Use case diagram) และแผนภาพคลาส (Class diagram) ในการนำเสนอแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน (Functional Modelling) และแบบจำลองเชิงโครงสร้าง (Structural Modelling) ตามลำดับ โดยแผนภาพยูสเคสจะสร้างจากการนำประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันมาวิเคราะห์และออกแบบ ซึ่งแผนภาพยูสเคสจะแสดงให้เห็นถึงการให้บริการของระบบแก่ผู้ใช้แต่ละประเภทหรือระบบงานอื่น ในส่วนของแผนภาพคลาสจะสร้างจากการนำประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างมาวิเคราะห์และออกแบบลงบนแบบจำลองนี้ ซึ่งแผนภาพคลาสจะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของระบบ และข้อมูลเฉพาะที่ระบบควรจัดเก็บ นอกจากนี้เพื่อผู้ใช้ทราบถึงรายละเอียดของแบบจำลองมากขึ้นผู้พัฒนาจึงได้นำคำอธิบายยูสเคส (Use case description) และคำอธิบายคลาสที่อยู่ในรูปแบบบัตรความรับผิดชอบของคลาส

และคลาสที่ทำงานร่วมกัน (Class Responsibilities and Collaborators card ใช้คำย่อว่า CRC card) มาใช้เพื่ออธิบายรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง

อย่างไรก็ตามการออกแบบซอฟต์แวร์โดยการใช้แบบจำลองยูเอ็มแอลมีความซับซ้อน อาจทำให้ผู้พัฒนาออกแบบซอฟต์แวร์โดยการใช้แบบจำลองได้ไม่ต้องกันกับประโยคภาษาธรรมชาติ หรือมีความต้องการของผู้ใช้บางความต้องการขาดหายไปไม่ปรากฏในแบบจำลอง หรือมีการเพิ่มเติมขึ้นมาภายหลัง ทำให้ผู้พัฒนาควรให้ความสำคัญในการทวนสอบความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ และความต้องการในรูปแบบแบบจำลองให้มีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่เหมาะสม โดยมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติเกี่ยวกับเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ (IEEE 830 Recommended Practice for Software Requirements Specifications) [1] ได้นิยามคุณลักษณะที่ดีของเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ไว้ทั้งหมด 8 คุณลักษณะได้แก่ ความถูกต้อง (Correct) ความไม่กำกวม (Unambiguous) ความบริบูรณ์ (Complete) ความต้องกัน (Consistent) การจัดลำดับความสำคัญและเสถียรภาพได้ (Ranked for importance and stability) สามารถทวนสอบได้ (Verifiable) สามารถปรับปรุงได้ (Modifiable) และสามารถตามรอยได้ (Traceable) ซึ่งปัจจุบันมีงานวิจัยอยู่มากที่นำเสนอวิธีการทวนสอบความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลองให้มีคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 เช่น งานวิจัยที่ [2-4] นำเสนอแนวคิดวิธีการทวนสอบความต้องกันของความขัดแย้งเชิงตรรกะ (Logic) หรือตรรกศาสตร์เชิงกาลเวลา (Temporal) โดยใช้หลักการของวิธีรูปนัย (Formal method) ในงานวิจัยที่ [2] เสนอวิธีการทวนสอบความต้องกันระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส งานวิจัยที่ [3] เสนอวิธีการทวนสอบความต้องกันระหว่างแผนภาพคลาสกับแผนภาพสเตตแมชชีน (State machine diagram) และงานวิจัยที่ [4] เสนอวิธีการทวนสอบความต้องกันระหว่างแผนภาพคลาสกับโปรล็อกสคริปต์ (Prolog script) แต่หลักวิธีรูปนัยยังไม่สามารถนำมาใช้กับประโยคภาษาธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพที่ดีในการช่วยทวนสอบกับแบบจำลองได้

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการนำเสนอกฎที่สร้างมาจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการมาใช้ในการทวนสอบความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติทั้งเชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้าง กับความต้องการซอฟต์แวร์ที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองได้แก่ แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส รวมถึงคำอธิบายของทั้ง 2 แบบจำลอง ให้มีคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 ทั้ง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ คุณลักษณะที่หนึ่งความไม่กำกวม เพราะลักษณะเฉพาะของประโยคภาษาธรรมชาติอาจก่อให้เกิดความกำกวม คุณลักษณะที่สองความต้องกัน เพราะการสร้างแบบจำลองยูเอ็มแอลจากประโยคภาษาธรรมชาติมีความซับซ้อนผู้พัฒนาอาจสร้างแบบจำลองได้ไม่ต้องกันกับความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ และคุณลักษณะที่สามการตามรอย เพราะทุกความต้องการควรจะต้องมีรายการอ้างอิงถึงหรือสามารถทราบที่มาได้ อีกทั้งนำเสนอวิธีการนำกฎ

มาประยุกต์ใช้โดยการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนที่สามารถทวนสอบได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อประหยัดเวลาของผู้พัฒนาในการทวนสอบความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลอง อีกทั้งยังช่วยทำให้ความต้องการดังกล่าวมีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 ทั้ง 3 คุณลักษณะอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยใช้กฎที่สร้างจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการได้แก่ ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ และความต้องการในรูปแบบของแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส รวมถึงคำอธิบายของแบบจำลองทั้งสองแบบจำลอง ให้มีคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 ได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย นอกจากนี้ยังพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนในการนำกฎมาประยุกต์ใช้เพื่อการทวนสอบอย่างอัตโนมัติ

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) กฎที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการนั้นจะสร้างมาจากความสัมพันธ์ทั้ง 5 ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้
  - (1) ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส
  - (2) ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส
  - (3) ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส
  - (4) ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส
  - (5) ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส
- 2) กฎที่สร้างขึ้นจะใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะทั้ง 3 คุณลักษณะดังต่อไปนี้
  - (1) ความไม่กำกวม
  - (2) ความต้องกัน
  - (3) การตามรอย
- 3) เครื่องมือสนับสนุนจะนำเข้าข้อมูลเอกสารที่อยู่ในรูปแบบต่อไปนี้
  - (1) ข้อมูลประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้างจะต้องอยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อความ (Text file นามสกุลของไฟล์เรียกว่า .txt)

(2) ข้อมูลแผนภาพทั้งแผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาสจะต้องอยู่ในรูปแบบไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอล (XML files) นามสกุลของไฟล์เรียกว่า .xml) โดยมีรูปแบบไฟล์ตามโปรแกรมสตาร์ยูเอ็มแอล (StarUML)

(3) ข้อมูลคำอธิบายอยู่ในรูปแบบสายอักขระ (String) ซึ่งจะนำเข้าผ่านส่วนต่อประสานของเครื่องมือสนับสนุน

4) ข้อมูลของประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องมีรูปแบบของโครงสร้างประโยคตามที่งานวิจัยที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.1.3 การศึกษาโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง หน้าที่ 39

5) ความสัมพันธ์ในรูปแบบแอสโซซิเอชัน (Association) จะสามารถทดสอบได้ในรูปแบบของความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one to one relationships) และความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (one to many relationships) เท่านั้น

6) ในความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชัน (Composition) และความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน (Aggregation) จะรวมเป็นการทดสอบความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน

#### 1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
  - (1) คุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830
  - (2) โครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติ
  - (3) โครงสร้างของแบบจำลองและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลอง
- 2) กำหนดบริบทของคุณลักษณะที่ดีให้มีความเหมาะสมกับงานวิจัย
- 3) วิเคราะห์และสร้างกฎที่ใช้ในการทดสอบจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยความต้องการ
- 4) วิเคราะห์และออกแบบวิธีการสกัดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบคุณลักษณะที่ดีของความ
  - (1) ออกแบบขั้นตอนการสกัดคำและหน้าที่ของคำจากประโยคภาษาธรรมชาติ
  - (2) ออกแบบขั้นตอนการสกัดคำและหน้าที่ของคำจากแบบจำลอง

- (3) ออกแบบขั้นตอนการสกัดคำและหน้าที่ของคำจากคำอธิบายแบบจำลอง
- 5) ออกแบบกรณีทดสอบให้ครอบคลุมตามความสัมพันธ์ที่ใช้ในการทวนสอบ
  - 6) ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการ
  - 7) ทวนสอบและแก้ไขเครื่องมือ รวมถึงสรุปผลการวิจัย
  - 8) จัดทำบทความวิชาการ
  - 9) จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) กฎที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการสามารถนำมาใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 ทั้ง 3 คุณลักษณะได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อผิดพลาดของการระบุความต้องการ ซึ่งผู้พัฒนาจะนำข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไปแก้ไขเพื่อให้ได้ความต้องการที่มีคุณภาพที่ดี
- 2) ได้เครื่องมือสนับสนุนในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีทั้ง 3 คุณลักษณะอย่างอัตโนมัติ เพื่อประหยัดเวลาในการทวนสอบความต้องการโดยผู้พัฒนา

### 1.6 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 7 บทด้วยกันคือ บทที่ 1 อธิบายถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงขอบเขตและประโยชน์ของงานวิจัย บทที่ 2 อธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 อธิบายถึงกระบวนการในการสร้างกฎ และกระบวนการในการทวนสอบความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติและความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง บทที่ 4 อธิบายวิธีการประยุกต์ใช้กฎและตัวอย่างผลลัพธ์จากการใช้กฎในการทวนสอบ บทที่ 5 อธิบายถึงวิธีการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนแนวคิดของงานวิจัย ในบทที่ 6 อธิบายวิธีการทดลอง และในบทสุดท้ายจะสรุปงานวิจัยทั้งหมด รวมถึงงานวิจัยในอนาคตและบทความวิชาการที่ตีพิมพ์

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างกฎรวมถึงวิธีการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยกฎดังกล่าวจะสร้างมาจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง นอกจากนี้ยังกล่าวถึงงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแบบจำลอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทวนสอบความต้องการระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแบบจำลอง ซึ่งในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ ยูเอ็มแอล มาตรฐานโอทริปเปิ้ลอี 830 ในหัวข้อคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการ ซึ่งทฤษฎีทั้งหมดได้ผ่านการศึกษาและได้นำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 2.1.1 ยูเอ็มแอล

ยูเอ็มแอล [5] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับผู้พัฒนา รวมถึงผู้พัฒนาด้วยกันเอง โดยการสร้างยูเอ็มแอลนั้นต้องการตอบสนองหลักการออกแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Design Principle) ซึ่งจะถูกนำเสนอในรูปแบบแผนภาพ ซึ่งในแผนภาพจะประกอบไปด้วยสัญลักษณ์ เครื่องหมาย และกฎเกณฑ์ที่มีความหมายต่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ อย่างไรก็ตามยูเอ็มแอลมีแผนภาพให้เลือกใช้หลายประเภท แต่ในขั้นตอนของการระบุความต้องการนั้นจะนิยมใช้ 2 แบบจำลองด้วยกันคือ แผนภาพยูสเคสหรือแบบจำลองเชิงฟังก์ชัน และแผนภาพคลาสหรือแบบจำลองเชิงโครงสร้าง โดยแผนภาพยูสเคสจะแสดงให้เห็นถึงการให้บริการของระบบที่มีต่อผู้ใช้ในบทบาทต่างๆ และระบบงานอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ในส่วนของแผนภาพคลาสจะแสดงให้เห็นโครงสร้างของระบบและข้อมูลเฉพาะที่ระบบควรจัดเก็บ โดยทั้ง 2 แบบจำลองนี้มีส่วนประกอบย่อยดังต่อไปนี้


## 1) แผนภาพยูสเคส

แผนภาพยูสเคสที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการจะมีส่วนประกอบย่อยที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคส

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ยูสเคส (A use case)		ใช้นำเสนอส่วนสำคัญของฟังก์ชันหรือการทำงานของระบบ
แอกเตอร์ (An Actor)		คนหรือระบบจากภายนอกที่ได้รับประโยชน์จากระบบ
ขอบเขตของระบบ (A subject boundary)		ใช้นำเสนอขอบเขตของระบบ
ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (An association relationship)		ใช้นำเสนอการเชื่อมต่อกันของแอกเตอร์กับยูสเคสที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน
ความสัมพันธ์แบบอินคลูด (An include relationship)	-- <<include>> -->	ใช้นำเสนอการผนวกรวมของฟังก์ชันในยูสเคสหนึ่งกับยูสเคสอื่นที่เกี่ยวข้องกันในการเรียกใช้งาน
ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เทนด (An extend relationship)	-- <<extend>> -->	ใช้นำเสนอส่วนขยายของของยูสเคสจนถึงการผนวกรวมพฤติกรรมแบบทางเลือกสำหรับยูสเคส

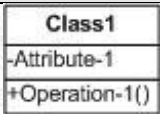

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคส (ต่อ)

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน (A generalization relationship)		ใช้นำเสนอยูสเคสเฉพาะที่แยกย่อยมาจากยูสเคสหลัก หรือใช้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างแอกเตอร์ในการรับทอดคุณสมบัติ

## 2) แผนภาพคลาส

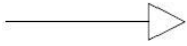


แผนภาพคลาสที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการจะมีส่วนประกอบย่อยที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาส

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
คลาส (A class)		ใช้นำเสนอประเภทของคน สถานที่ หรือสิ่งของ ที่ระบบจำเป็นจะต้องจัดเก็บลงไปในฐานข้อมูล
ลักษณะประจำคลาส (An attribute)	Attribute name /derived attribute name	ใช้นำเสนอคุณสมบัติที่อธิบายถึงสภาพของวัตถุ
โอเปอเรชัน (An operation)	Operation name()	ใช้นำเสนอการกระทำหรือฟังก์ชันที่ประกอบอยู่ในคลาส
ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (An association relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างคลาสกับคลาสนี้อื่น รวมถึงคลาสตัวเอง



ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาส (ต่อ)

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน (A generalization relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นชนิดของ (a kind of) วัตถุระหว่างคลาสกับคลาสอื่น
ความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน (An aggregation relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นส่วนหนึ่งของคลาสในเชิงตรรกะระหว่างคลาสกับคลาสอื่น
ความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชัน (A composition relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นส่วนหนึ่งของคลาสในเชิงกายภาพระหว่างคลาสกับคลาสอื่น

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำคำอธิบายแบบจำลอง เพื่อใช้ในการอธิบายและขยายรายละเอียดของแบบจำลอง โดยคำอธิบายแบบจำลองที่งานวิจัยนี้ได้นำมาใช้ได้แก่ คำอธิบายยูสเคส และคำอธิบายคลาสที่อยู่ในรูปแบบบัตรความรับผิดชอบของคลาสและคลาสที่ทำงานร่วมกัน ซึ่งทั้ง 2 คำอธิบายมีรายละเอียดและส่วนประกอบย่อยดังต่อไปนี้

### 3) คำอธิบายยูสเคส

คำอธิบายยูสเคสที่ใช้ในการทวนสอบสำหรับงานวิจัยนี้จะต้องมีความสัมพันธ์กับแผนภาพยูสเคสในรูปแบบ 1 ต่อ 1 เท่านั้น กล่าวคือ ใน 1 ยูสเคสจะต้องมีคำอธิบายยูสเคสเพียง 1 คำอธิบายเท่านั้น โดยคำอธิบายยูสเคสมีส่วนประกอบย่อยที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคส

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส (Name)	ชื่อของยูสเคส
แอกเตอร์ (Actor)	ผู้ที่ได้รับประโยชน์โดยตรงกับยูสเคส
รายละเอียดยูสเคส (Description)	คำอธิบายรายละเอียดของยูสเคส

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของคำอธิบายยูสเคส (ต่อ)

ชื่อ	รายละเอียด
ความสัมพันธ์ (Relation)	ความสัมพันธ์ของยูสเคส ซึ่งประกอบไปด้วยความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันกับแอกเตอร์ ความสัมพันธ์แบบอินคลูด ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เทนด และความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันกับยูสเคสอื่น
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์ (Normal flow of event)	ขั้นตอนการทำงานหลักของยูสเคส
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์ (Sub flow of event)	ขั้นตอนการทำงานย่อยของยูสเคส
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์ (Alternative flow of event)	ขั้นตอนการทำงานที่เป็นทางเลือกของกระแสนงานหลักของเหตุการณ์ของยูสเคส

## 4) คำอธิบายคลาส

คำอธิบายคลาสที่ใช้ในการทวนสอบจะต้องมีความสัมพันธ์กับแผนภาพคลาสในรูปแบบ 1 ต่อ 1 เท่านั้น กล่าวคือ ใน 1 คลาสจะต้องมีคำอธิบายคลาสเพียงแค่ 1 คำอธิบายเท่านั้น โดยคำอธิบายคลาสมีส่วนประกอบย่อยที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า (Front)	ชื่อคลาส (Class name)	ชื่อคลาส
	คำอธิบาย (Description)	คำอธิบายรายละเอียดคลาส
	ความรับผิดชอบของคลาส (Responsibilities)	รายละเอียดของหน้าที่ หรือการกระทำที่คลาสสามารถทำได้
	คลาสที่ทำงานร่วมกัน (Collaborators)	รายละเอียดของคลาสที่ทำงานร่วมกัน
ด้านหลัง (Back)	ลักษณะประจำคลาส (Attribute)	รายละเอียดของลักษณะประจำคลาส

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส (ต่อ)

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหลัง (Back)	ความสัมพันธ์ของคลาส (Relation)	ความสัมพันธ์ของคลาส ซึ่งประกอบไปด้วย ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์ แบบเจเนอรัลไลเซชัน ความสัมพันธ์แบบคอมโพ สิชัน และความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน ระหว่างคลาส

### 2.1.2 คุณลักษณะที่ดีของเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ (Characteristics of a Good Software Requirements Specifications)

คุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์มีคุณภาพ โดยมีการนิยามคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ไว้ในมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 [1] ไว้ 8 รายการ และในงานวิจัยนี้ได้สนใจคุณลักษณะได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดบริบทเฉพาะของทั้ง 3 คุณลักษณะเพื่อให้การทวนสอบนั้นมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 นิยามของคุณลักษณะที่ดีในมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830 และบริบทเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทีริปเปิ้ลอี 830	นิยามตามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
1. ความไม่กำกวม	ในข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ต้องไม่ปรากฏคำในรูปประโยคที่มี ความหมายกำกวม มีหลาย นิยามในคำเดียวหรือ ตีความหมายได้หลาย ความหมาย	ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยค ภาษาธรรมชาติต้องไม่ปรากฏคำขยายที่ไม่ สามารถวัดค่าได้ เช่น “Library system will response to user <u>quickly</u> ” ภายใน ประโยคมีคำขยายว่า quickly ซึ่งไม่ สามารถวัดได้เป็นเวลาจึงเกิดความกำกวม เกิดขึ้น

ตารางที่ 2.5 นิยามของคุณลักษณะที่ดีในมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830 และบริบทเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830	นิยามตามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
2. ความต้องกัน	<p>ในข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์จะมีความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อไม่ปรากฏความขัดแย้งภายในเอกสารดังต่อไปนี้</p> <p>2.1) ความขัดแย้งของคุณลักษณะของวัตถุจริง เช่น ในความต้องการหนึ่งปรากฏสีของไฟเป็นสีเขียว แต่ความต้องการอื่นเป็นสีฟ้า เป็นต้น</p> <p>2.2) ความขัดแย้งของตรรกะหรือตรรกะเชิงเวลา เช่น ในความต้องการหนึ่งปรากฏกฎทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ผลลัพธ์ของตัวแปรเอจะได้มาจากผลรวมของตัวแปรบีและตัวแปรซี (<math>A = B + C</math>)</p>	<p>ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลองซอฟต์แวร์ และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบายจะมีความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อความต้องการดังกล่าวไม่ปรากฏความขัดแย้งเป็นดังต่อไปนี้</p> <p>2.1) ความขัดแย้งของประเภทของวัตถุที่ปรากฏระหว่างความต้องการรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง ปรากฏประเภทของคุณลักษณะเฉพาะของเลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือ (ISBN) เป็นสายอักขระ (String) แต่ในแผนภาพคลาสปรากฏประเภทของลักษณะประจำคลาส ของเลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือเป็นตัวอักขระ (Character) เป็นต้น</p> <p>2.2) ความขัดแย้งของความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ระหว่างความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน ปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างแอกเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer กับ</p>

ตารางที่ 2.5 นิยามของคุณลักษณะที่ดีในมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830 และบริบทเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830	นิยามตามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
2. ความต้องกัน	<p>แต่ในอีกความต้องการหนึ่งปรากฏกฎดังกล่าวเป็นผลลัพธ์ของตัวแปรเองจะได้มาจากผลคูณของตัวแปรบีและตัวแปรซี (<math>A = B * C</math>) เป็นต้น</p> <p>2.3) ความขัดแย้งของค่านิยามของวัตถุในความต้องการ 2 ความต้องการหรือมากกว่า เช่น ค่านิยามของข้อมูลนำเข้าของความ ต้องการเอเรียกว่า พร้อม (Prompt) แต่ในความต้องการ บีเรียกว่า คิว (Cue) เป็นต้น</p>	<p>ยูสเคสที่มีชื่อว่า Borrow loan items แต่ในแผนภาพยูสเคสไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นต้น</p> <p>2.3) ความขัดแย้งของค่านิยามของวัตถุระหว่างความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏโอเปอเรชันของการลบหนังสือชื่อว่า Remove แต่ในแบบจำลองคลาสปรากฏโอเปอเรชันของการลบหนังสือว่า Delete เป็นต้น</p>
3. การตามรอยได้	<p>ในข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ ความต้องการทุกความต้องการต้องสามารถหาที่มา และมีการอ้างอิงได้ โดยการตามรอยมี 2 แบบดังต่อไปนี้</p> <p>3.1) การตามรอยย้อนกลับ (Backward traceable)</p>	<p>ในการตามรอยความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย โดยแบ่งการตามรอยได้ดังต่อไปนี้</p> <p>3.1) การตามรอยย้อนกลับ จะทำการตามรอยวัตถุภายในความต้องการจากความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบายไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองและความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองไปยังความต้องการที่อยู่ใน</p>

ตารางที่ 2.5 นิยามของคุณลักษณะที่ดีในมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830 และบริบทเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830	นิยามตามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
3. การตามรอยได้	<p>3.2) การตามรอย ข้างหน้า (Forward traceable)</p>	<p>รูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ เช่น ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคสที่ชื่อว่า Borrow loan items ยูสเคสดังกล่าวจะต้องปรากฏเป็นคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันด้วย</p> <p>3.2) การตามรอยข้างหน้า จะทำการตามรอยวัตถุภายในความต้องการจากความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างปรากฏคำนามในประโยคชื่อ Book ซึ่งจะต้องปรากฏเป็นคลาสที่ชื่อว่า Book ในแผนภาพคลาส เป็นต้น</p>

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยกันทั้งหมด 4 งานวิจัย ซึ่งจุดประสงค์หลักของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำแนวคิดของงานวิจัยเก่ามาศึกษาและใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแต่ละงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.2.1 การลดความกำกวมของข้อกำหนดความต้องการที่อยู่ในรูปแบบภาษาธรรมชาติ (Minimizing Ambiguity in Natural Language Software Requirements Specification)

งานวิจัย [6] นี้ได้พัฒนาเครื่องมือที่ชื่อว่า เอสอาร์อีลิคเตอร์ (SR-Elictor) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติภาษาอังกฤษมาจัดประเภทความต้องการระหว่างความต้องการเชิงฟังก์ชันกับความต้องการเชิงโครงสร้าง โดยเครื่องมือเอสอาร์อีลิคเตอร์ได้นำอรรถศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจและหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสบีวีอาร์ (Semantics of Business Vocabulary and Rules ใช้คำย่อว่า SBVR) มาใช้ในการระบุหน้าที่ของคำศัพท์ในประโยคภาษาธรรมชาติเพื่อจัดกลุ่มความต้องการ และลดความกำกวมของประโยคภาษาธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนในการวิเคราะห์ประโยคภาษาธรรมชาติ (Natural Language Text Analysis Process) ซึ่งเกี่ยวกับการวิเคราะห์คำ (Lexically) และวากยสัมพันธ์ (Syntactically) จากประโยคภาษาธรรมชาติภาษาอังกฤษ โดยมีขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

(1) ขั้นตอนในการวิเคราะห์คำศัพท์ (Lexically Processing) คือ ขั้นตอนในการสกัดหน้าที่ของคำที่มาจากภาษาธรรมชาติตามหลักไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ โดยขั้นตอนนี้จะใช้สแตนฟอร์ดพาสเซอร์ (Stanford parser) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.1 สีดำแสดงถึงคำศัพท์และสีส้มแสดงถึงหน้าที่ของคำศัพท์ตามหลักไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ

[A/DT] [task/NN] [is/VBZ] [a/DT] [component/NN] [of/IN]  
[the/DT] [schedule/NN] [with/IN] [a/DT] [start/NN] [and/CC]  
[end/NN] [date/NN].

รูปที่ 2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากสแตนฟอร์ดพาสเซอร์แสดงถึงหน้าที่ของคำในประโยค [6]

(2) ขั้นตอนในการแจงส่วนวากยสัมพันธ์ (Syntactic Parsing) คือ ขั้นตอนในการนำคำและประเภทของคำที่ได้จากขั้นตอนในการวิเคราะห์คำศัพท์มาสร้างความสัมพันธ์กับประโยคตามหลักไวยากรณ์ภาษาอังกฤษเพื่อบอกถึงโครงสร้างของรูปประโยค โดยจะแสดงออกมาในรูปแบบแผนภาพต้นไม้จากล่างขึ้นบน (Bottom-Up) ดังรูปที่ 2.2

(ROOT  
 (S  
 (NP (DT A) (NN task))  
 (VP (VBZ is)  
 (NP  
 (NP (DT a) (NN component))  
 (PP (IN of)  
 (NP  
 (NP (DT the) (NN schedule))  
 (PP (IN with)  
 (NP (DT a) (NN start)  
 (CC and)  
 (NN end) (NN date))))))))))

รูปที่ 2.2 โครงสร้างประโยคที่ได้จากหน้าที่ของคำแสดงออกมาในรูปแบบต้นไม้ [6]

(3) ขั้นตอนในการแปลความหมายของวากยสัมพันธ์ (Sematic Interpretation) คือ ขั้นตอนในการนำโครงสร้างประโยคมากำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของผู้ใช้ได้แก่ แอคเตอร์คือ คำนามที่เป็นประธานของประโยค โคแอคเตอร์ (co-actor) คือ คำนามที่อยู่ในประโยคโดยมีความสัมพันธ์กับคำเชื่อม แอคชัน (action) คือ คำกริยา ทริเมติก อ็อบเจกต์ (thematic object) คือ คำนามที่ทำหน้าที่เป็นกรรมของประโยค และเบเนฟิซเอริ (beneficiary) คือ คำนามที่ทำหน้าที่เป็นส่วนขยาย โดยทำการตรวจสอบก่อนว่ารูปประโยคที่จะนำไปกำหนดในคำศัพท์เชิงธุรกิจเอสบีวีอาร์ (SBVR vocabulary) ต้องมีกลุ่มคำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการครบดังที่กล่าวไว้ข้างต้น หากไม่ครบตามที่กำหนดไว้ประโยคความต้องการนั้นจะไม่สามารถนำไปจัดประเภทความต้องการได้

2) ขั้นตอนในการสร้างคำศัพท์เอสบีวีอาร์ (SBVR Vocabulary Generation) คือ ขั้นตอนในการสกัดคำและหน้าที่ของคำตามอรรถศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจ ซึ่งมีขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

(1) การสกัดชนิดอ็อบเจกต์ (Extracting Object Types) กลุ่มคำที่เป็นคำนามทั้งหมดที่ได้จากการสกัดประโยค

(2) การสกัดแนวคิดปัจเจก (Extracting Individual Concepts) คือ การสกัดกลุ่มคำที่เป็นคำนามเฉพาะ หรือคำเฉพาะเจาะจง

(3) การสกัดชนิดข้อเท็จจริง (Extracting Fact Types) คือ การสกัดกลุ่มคำที่ประกอบไปด้วยคำนาม หรือคำนามเฉพาะมากกว่าหนึ่งในประโยค



(4) การสกัดลักษณะเฉพาะ (Extracting Characteristics) คือ การสกัดกลุ่มคำที่ใช้เป็นคำอธิบายคำนาม หรือนิยามคุณลักษณะของคำนามนั้น

(5) การสกัดคำในการกำหนดปริมาณ (Extracting Quantifications) คือ การสกัดกลุ่มคำที่เป็นคำที่ใช้บ่งบอกจำนวนหรือตัวเลข

(6) การสกัดชนิดข้อเท็จจริงแบบแอสโซซิเอทีฟ (Extracting Associative Fact Types) คือ การสกัดกลุ่มคำที่มีการเกี่ยวข้องหรือแสดงถึงความสัมพันธ์ต่อกัน

(7) การสกัดชนิดข้อเท็จจริงแบบพาร์ทิทีฟ (Extracting Partitive Fact Type) เป็นกลุ่มคำที่แสดงออกถึงการเป็นส่วนหนึ่งของคำนามหนึ่งกับอีกคำนามหนึ่ง

(8) การสกัดชนิดข้อเท็จจริงแบบแบ่งชนิด (Extracting Categorizations Fact Type) เป็นกลุ่มคำที่แสดงถึงกลุ่มหรือการจัดหมวดหมู่

หลังจากวิเคราะห์คำและหน้าที่ของคำตามบริบทของอรรถศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจแล้วจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.3

<p>A task is a component of the schedule with a start and end date.</p> <p>[A] [task/object_type] [is/verb_concept] [a] [component/characteristic] [of] [the] [schedule/object_type] [with] [a] [start/object_type] [and] [end_date/object_type].</p>
---

รูปที่ 2.3 ผลลัพธ์หลังจากจัดกลุ่มคำด้วยนิยามคำศัพท์เอสบีวีอาร์ [6]

3) ขั้นตอนในการสร้างหลักเกณฑ์เอสบีวีอาร์ (SBVR Rule Generation) คือ ขั้นตอนในการสร้างหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการเพื่อใช้จัดกลุ่มความต้องการด้วยการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์เกี่ยวกับความหมาย (Applying Semantic Formulation) เป็นการนิยามกลุ่มประโยคเพื่อจัดประเภทความต้องการว่าเป็นความต้องการเชิงโครงสร้างหรือความต้องการเชิงพฤติกรรม โดยใช้วิธีการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์เกี่ยวกับความหมายตามหลักเอสบีวีอาร์ 5 วิธี โดยงานวิจัยที่กล่าวมานั้นนำมาใช้เพียงแค่ 3 วิธีดังต่อไปนี้ (1) หลักเกณฑ์เชิงตรรกะ (Logical Formulation) เป็นการนิยามความหมายโดยใช้กลุ่มคำทางตรรกะ เช่น and, or, not เป็นต้น (2) หลักเกณฑ์เชิงจำนวน (Quantification) เป็นการนิยามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบโดยใช้กลุ่มคำในการบอกจำนวน เช่น more than, greater than เป็นต้น (3) หลักเกณฑ์เชิงกริยาช่วย (Modal Formulation) เป็นการนิยามที่แสดงถึงข้อจำกัดหรือบ่งบอกข้อจำกัดโดยใช้คำสำคัญ เช่น can, may เป็นต้น จะบ่งบอกถึงข้อจำกัด

ที่อยู่ในรูปแบบประโยคของความต้องการเชิงโครงสร้าง ซึ่งหลักเกณฑ์ดังกล่าวสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการสกัดประเภทความต้องการ 2 ประเภทได้แก่

1) การสกัดความต้องการเชิงโครงสร้าง (Extracting Structural Requirements) เป็นกลุ่มของความต้องการที่บอกถึงโครงสร้างของความต้องการ โดยสกัดจากกริยาช่วย เช่น can, may เป็นต้น

2) การสกัดความต้องการเชิงพฤติกรรม (Extracting Behavioural Requirements) เป็นกลุ่มของความต้องการที่บอกถึงพฤติกรรมของความต้องการ โดยสกัดจากกริยาช่วย เช่น should, must เป็นต้น

หลังจากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือดังกล่าวโดยวัดจากคำและหน้าที่ของคำที่เครื่องมือสามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งตารางที่ 2.7 จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของคำและหน้าที่ของคำที่สกัดได้จากเครื่องมือ

ตารางที่ 2.7 ผลลัพธ์ของการสกัดคำที่ได้จากเอซอาร์อิลิคเตอร์ [6]

No.	Type/Metries	N <sub>sample</sub>	N <sub>correct</sub>	N <sub>incorrect</sub>	N <sub>missing</sub>
1	Object Types	18	16	1	1
2	Verb Concepts	16	14	2	0
3	Individual Concepts	05	04	1	0
4	Characteristics	07	06	2	1
5	Quantifications	06	04	0	2
6	Unary Fact Types	03	03	0	0
7	Associative Fact Types	08	07	1	0
8	Partitive fact Types	02	02	0	0
9	Categorization Fact Types	03	03	0	0
	Total	68	59	7	4

จากตารางจะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของเครื่องมือ โดย N<sub>sample</sub> คือ จำนวนที่ถูกต้องทั้งหมด N<sub>correct</sub> คือ จำนวนที่เครื่องมือวิเคราะห์ได้ N<sub>incorrect</sub> คือ จำนวนที่เครื่องมือวิเคราะห์ผิด และ N<sub>missing</sub>

คือ จำนวนที่เครื่องมือไม่ได้วิเคราะห์ ซึ่งค่าทั้งหมดสามารถนำมาคำนวณเป็น F-Values ได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ผลลัพธ์ความถูกต้องในการตรวจหาความต้องการโดยวิธีการคำนวณแบบ F-Value [6]

Types/Metrics	N <sub>sample</sub>	N <sub>correct</sub>	N <sub>incorrect</sub>	N <sub>missing</sub>	Rec%	Prec%	F-Value
Software Requirements	68	59	7	4	86.76	89.39	88.05

นอกจากนี้งานวิจัย [6] ได้นำประโยคภาษาธรรมชาติมาทดลองเพิ่มอีกทั้งหมด 5 โครงการ โดยได้ค่าผลลัพธ์ของเครื่องมือทั้งหมด 5 โครงการดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยค่าความถูกต้องในการค้นหาทั้งหมด 5 โครงการ [6]

Input	N <sub>sample</sub>	N <sub>correct</sub>	N <sub>incorrect</sub>	N <sub>missing</sub>	Rec%	Prec%	F-Value
C 1	48	37	8	3	77.08	82.22	79.65
C 2	43	33	8	2	76.74	80.48	78.61
C 3	39	31	5	3	79.48	86.11	82.79
C 4	36	29	3	4	80.55	90.62	85.58
C 5	68	59	7	4	86.76	89.39	88.05
Average					80.12	85.76	82.94

สรุปงานวิจัยที่ [6] แสดงให้เห็นการลดความกำกวมของความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติโดยการจัดกลุ่มประโยคความต้องการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ประโยคความต้องการเชิงโครงสร้าง และประโยคความต้องการเชิงฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการทางอรรถศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสบีวีอาร์ ในการให้ความหมายและหน้าที่ของคำศัพท์ รวมถึงการใช้หลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสบีวีอาร์นำมาประยุกต์ใช้เพื่อจัดกลุ่มประโยคความต้องการ ซึ่งผู้วิจัยจะนำวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ และหลักการให้ความหมายของอรรถศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสบีวีอาร์ เป็นแนวทางในการสร้างกฎที่สร้างมาจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการ

## 2.2.2 การสกัดการออกแบบเชิงฟังก์ชันในระดับสูงจากความต้องการซอฟต์แวร์ (Extracting High-Level Functional Design from Software Requirements)

งานวิจัยที่ [7] ได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบแผนภาพเชิงโครงสร้างที่มีชื่อว่า เอฟดีซีที (FDCT) โดยโครงสร้างซอฟต์แวร์ในงานวิจัยที่ [7] จะถูกนำเสนอในรูปแบบแผนภาพคลาส การออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์ของเครื่องมือนี้จะได้จากการนำความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติภาษาอังกฤษมาใช้หลักฮีเรอริสติก (Heuristics) โดยความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องถูกนำมาแบ่งประเภทก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์เพื่อออกแบบแผนภาพคลาส ซึ่งประเภทของประโยคภาษาธรรมชาติสามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ประเภทความต้องการของประโยคภาษาธรรมชาติ รวมถึงตัวอย่างของประโยค [7]

Requirement Type	Example(s)
Solution Requirement (SA): Describes a function that the solution must perform.	The Billing System shall produce invoices with rolling rates.
Enablement Requirement (E): Expresses a capability that the solution must provide to the user.	Ex.1 The billing system shall allow the user to determine how much each client owns. Ex.2 The user shall be able to generate invoices.
Action Constraint (AC): Describes a constraint an entity must satisfy while performing an action.	Ex.1 The banking system shall only delete an account when the balance is zero. Ex.2 Only managers can approve time reports.
Attribute Constraint (ATC): Describes constraints on attributes and attribute values.	Customer standing must always be one of the following: 1) Gold 2) Silver 3) Bronze
Definition (D): Define entities.	Total sale value is defined as total item value plus sales tax.
Policy (P): Describes policies to be adhered to	Sale tax is computed on in-state shipments.

จากตารางที่ 2.10 กลุ่มประโยคความต้องการที่จัดประเภทไว้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ความต้องการเชิงการแก้ไขปัญหา (Solution Requirement ใช้คำย่อว่า SA) คือ ประโยคความต้องการที่แสดงถึงฟังก์ชันการทำงาน หรือการให้บริการในระบบ
- 2) ความต้องการเชิงความสามารถ (Enablement Requirement ใช้คำย่อว่า E) คือ ประโยคความต้องการที่แสดงถึงความสามารถของระบบที่มีผลต่อผู้ใช้งาน
- 3) เงื่อนไขบังคับการกระทำ (Action Constraint ใช้คำย่อว่า AC) คือ ประโยคความต้องการที่แสดงถึงเงื่อนไขบังคับของเอนทิตีในระบบที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันการทำงานหรือการให้บริการในระบบ
- 4) เงื่อนไขบังคับลักษณะประจำคลาส (Attribute Constraint ใช้คำย่อว่า ATC) คือ ประโยคความต้องการที่แสดงถึงข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในระบบที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าของตัวแปร
- 5) การนิยาม (Definition ใช้คำย่อว่า D) คือ ประโยคความต้องการที่แสดงถึงความหมาย หรือการนิยามที่เกี่ยวข้องกับระบบ
- 6) นโยบาย (Policy ใช้คำย่อว่า P) คือ ประโยคความต้องการที่บอกถึงนโยบาย หรือข้อกำหนดของระบบ

หลังจากนั้นนำประโยคที่ผ่านการวิเคราะห์ และจัดกลุ่มแล้วมาทำการออกแบบแผนภาพคลาสจากฮีเรอริสติก ซึ่งการทำฮีเรอริสติกจะประกอบไปด้วยกฎที่ใช้ในการออกแบบแผนภาพคลาส โดยกฎดังกล่าวจะแสดงอยู่ในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 หน้าที่ของคำในรูปประโยค และหลักการออกแบบแผนภาพคลาสจากประโยคความต้องการ [7]

Req. Type	Heuristic	Requirement Text Structure	Candidate Classes	Relationships	Methods
SA	HSA1, HSA2, HSA3	S="Actor shall ActionPhrase Entity Phrase preposition SecondAgent"	Actor, SecondAgent	Actor → SecondAgent	HSA1: If SecondAgent is a Generic entity or System, Method: <b>SecondAgent. {ActionPhrase+EntityPhrase}()</b> HSA2: If SecondAgent is Human, Method: <b>Actor. {ActionPhrase+EntityPhrase}()</b> HSA3: If Action Phrase is "have", <b>No method.</b>
E	HE1	S="Actor shall allow SecondAgent1 ActionPhrase EntityPhrase <preposition SecondAgent2>".	Actor, SecondAgent1, <SecondAgent2>	Actor → SecondAgent1, <Actor → SecondAgent2>	Method: <b>Actor. {ActionPhrase+EntityPhrase}()</b>
	HE2	S="Actor shall be able to ActionPhrase EntityPhrase preposition <quantifier> SecondAgent"	Actor, SecondAgent	Actor → SecondAgent	Method: <b>Actor. {ActionPhrase+EntityPhrase}()</b>
P	HP	S="Actor is associated with <quantifier> SecondAgent".	Actor, SecondAgent	Actor → SecondAgent	<b>No method.</b>
D	HD	S="Actor is classified as a type of a SecondAgent".	Actor, SecondAgent	Actor ⊢ SecondAgent	<b>No method.</b>

→ represents an Association relationship  
 ⊢ represents a Generalization relationship

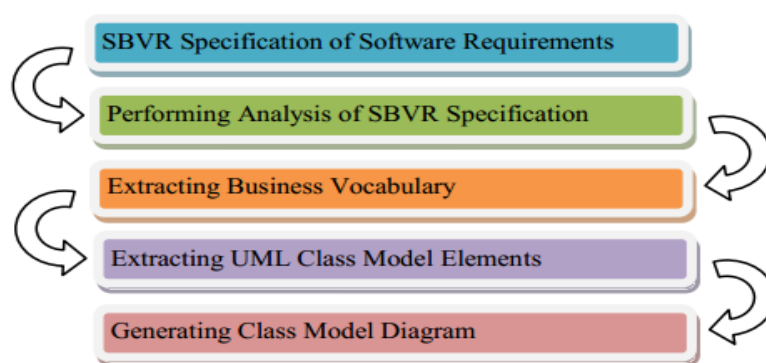
จากตารางที่ 2.11 แสดงถึงหลักการออกแบบแผนภาพคลาสจากประโยคภาษาธรรมชาติ โดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

1. ชื่อคลาส จากตัวอย่างในตารางแสดงให้เห็นการสร้างคลาสจะได้ Actor และ SecondAgent ซึ่งจะถูกนำมาวิเคราะห์และออกแบบเป็นชื่อคลาส
2. ความสัมพันธ์ จากตัวอย่างในตารางจะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง Actor และ SecondAgent
3. โอเปอเรชันของคลาส จากตัวอย่างฟังก์ชันของคลาสที่จะถูกวิเคราะห์ลงในแผนภาพคลาส จะมีวิธีการวิเคราะห์แตกต่างกันไปตามประเภทของประโยคภาษาธรรมชาติในตารางที่ 2.10 เช่น ถ้าเป็นความต้องการในความต้องการเชิงการแก้ไขปัญหา จะได้เป็นโอเปอเรชันแบบ Actor.(ActionPhrase+EntityPhrase) เป็นต้น

งานวิจัยที่ [7] ได้นำเสนอแนวคิดการออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์จากประโยคความต้องการในรูปแบบภาษาธรรมชาติโดยการใช้กฎ รวมถึงหลักของการทำฮีเรอริสติก ซึ่งงานวิจัยนี้จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการนำกฎมาใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการที่สนใจ

### 2.2.3 การสร้างแบบจำลองยูเอ็มแอลคลาสจากข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ของกฎทางธุรกิจเอสบีวีอาร์ (Generating UML Class Models from SBVR Software Requirements Specifications)

งานวิจัย [8] นี้ได้สร้างเครื่องมือที่ชื่อว่า เอสบีวีอาร์ทูยูเอ็มแอล (SBVR2UML) โดยเครื่องมือนี้จะทำการสร้างแผนภาพคลาสจากประโยคภาษาธรรมชาติภาษาอังกฤษโดยใช้เอสบีวีอาร์ในการสกัดคำและหน้าที่ของคำที่ใช้ในการสร้างแผนภาพคลาส ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีวิธีการสร้างแผนภาพคลาสดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพรวมของงานวิจัยที่ [8]

วิธีการสร้างแผนภาพคลาสดังงานวิจัยที่ [8] ได้ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพคลาส โดยใช้หน้าที่ของคำในบริบทของเอสบีวีอาร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประโยคภาษาธรรมชาติ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพคลาสมิรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ชนิดอ็อบเจกต์ จะถูกสร้างเป็นคลาสในแผนภาพคลาส
2. แนวคิดปัจเจก จะถูกสร้างเป็นคลาสประเภทอินสแตนซ์ (Instances classes) ในแผนภาพคลาส
3. ลักษณะเฉพาะ จะถูกสร้างเป็นลักษณะประจำคลาสในคลาสนั้น
4. แนวคิดกริยา จะถูกสร้างเป็นโอเปอเรชันในคลาสนั้น
5. ชนิดข้อเท็จจริง ที่ปรากฏความสัมพันธ์ระหว่างชนิดอ็อบเจกต์จะถูกสร้างเป็นความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาสที่ปรากฏในชนิดข้อเท็จจริงนั้น
6. ชนิดข้อเท็จจริงแบบพหุมิติพ ที่ปรากฏความสัมพันธ์ระหว่างชนิดอ็อบเจกต์ จะถูกสร้างเป็นความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาสที่ปรากฏชนิดข้อเท็จจริงนั้น

7. ชนิดข้อเท็จจริงแบบแบ่งชนิด ที่ปรากฏความสัมพันธ์ระหว่างชนิดอ็อบเจกต์จะถูกสร้างเป็นความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชันของคลาสที่ปรากฏในชนิดข้อเท็จจริงนั้น

งานวิจัยที่ [8] ได้แสดงถึงผลลัพธ์ของการทดลองโดยการนำประโยคภาษาธรรมชาติตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อสร้างแผนภาพคลาส ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวจะแสดงดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือเอสปีวาร์ทูยูเอ็มแอล [8]

Example	N <sub>sample</sub>	N <sub>correct</sub>	N <sub>incorrect</sub>	N <sub>missing</sub>	Rec%	Prec%
Result	40	37	2	1	92.50	94.87

จากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าเครื่องมือเอสปีวาร์ทูยูเอ็มแอลสามารถวิเคราะห์ประโยคภาษาธรรมชาติเพื่อใช้ในการออกแบบแผนภาพคลาสได้ถูกต้องเกินร้อยละ 90 หลังจากนั้นงานวิจัยที่ [8] ได้ทำการนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดผลและเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น [8]

NL Tools for Class Modelling	Recall	Precision
CM-Builder (Harmain, 2003)	73.00%	66.00%
GOOAL (Perez-Gonzalez, 2002)	-	78.00%
NL-OOML (Anandha, 2006)	-	82.00%
LIDA (Overmyer, 2001)	71.32%	63.17%
SBVR2UML	92.50%	94.87%

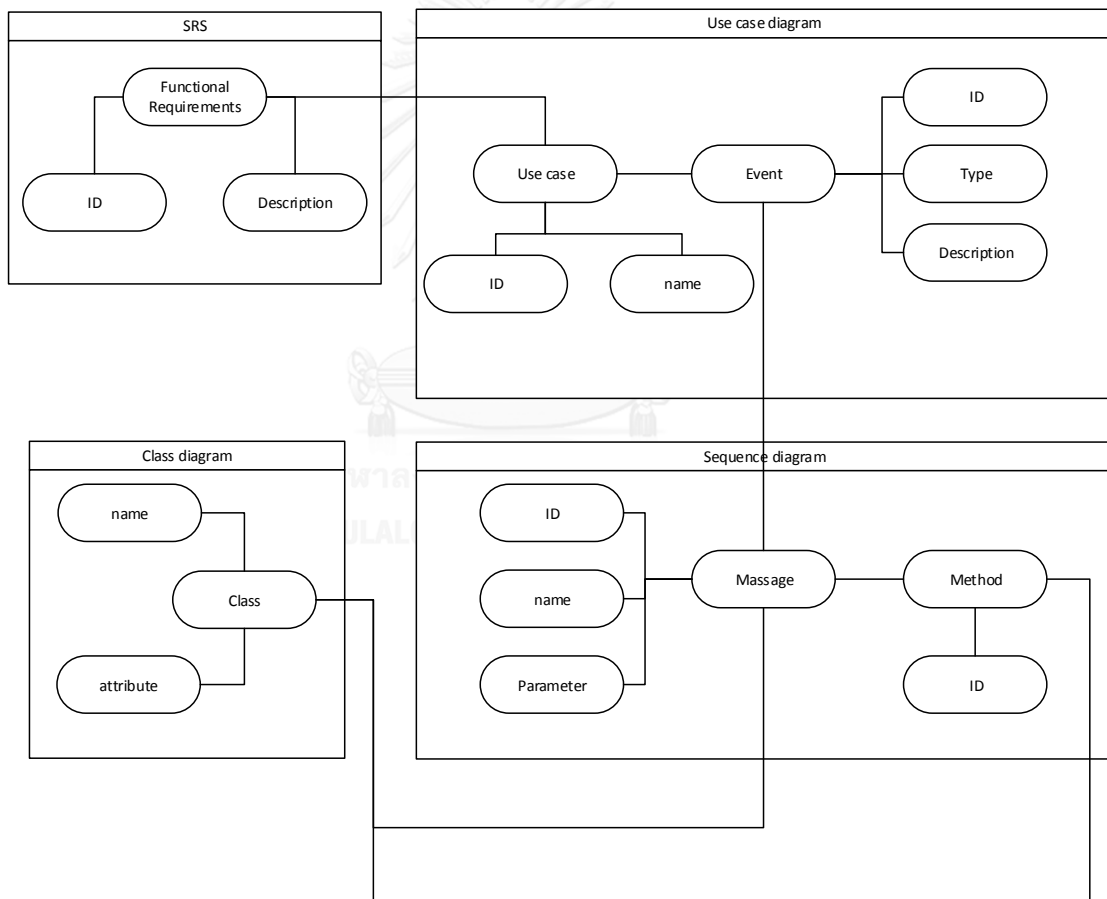
งานวิจัยที่ [8] ได้นำเสนอวิธีการนำประโยคภาษาธรรมชาติจากข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์มาสร้างแผนภาพคลาส โดยใช้วิธีการศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสปีวาร์ในการให้ความหมายและหน้าที่ของคำ เพื่อใช้ในการสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยในแผนภาพคลาส ซึ่งงานวิจัยนี้ได้้นำแนวคิดการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคำกับหน้าที่ตามบริบทของศาสตร์ของกลุ่มคำศัพท์เชิงธุรกิจ และหลักเกณฑ์เชิงธุรกิจเอสปีวาร์กับส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาสมาใช้เพื่อให้การทวนสอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



## 2.2.4 การตามรอยความต้องการในขั้นตอนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการศึกษาเชิงประจักษ์ (Requirement Traceability in Software Development Process: An Empirical Approach)

งานวิจัยที่ [9] ได้นำเสนอวิธีการตามรอยความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองในเอกสารข้อกำหนดความต้องการประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ โดยงานวิจัยนี้ได้นำหลักกรุปนัย ในหัวข้อเซตโนเทชัน (Z-Notation) มาใช้สร้างกฎในการตามรอย พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนงานวิจัยที่ [9] อีกด้วย

งานวิจัยที่ [9] จะทำการตามรอยจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยที่อยู่ในแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ โดยความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่ [9] สามารถนำเสนอในรูปแบบแผนภาพโครงสร้างได้ในรูปที่ 2.5

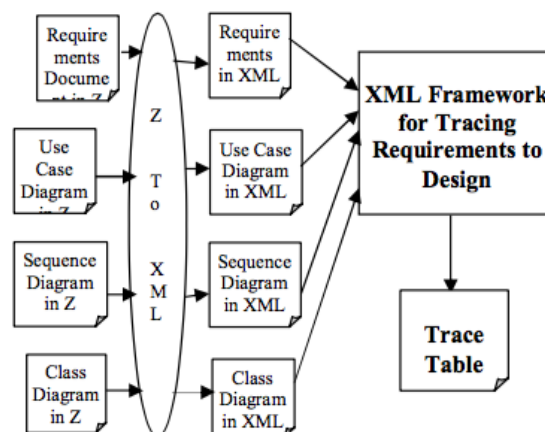


รูปที่ 2.5 แผนภาพโครงสร้างของส่วนประกอบย่อยระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส [9]

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ โดยนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นกฎของการตามรอย ซึ่งมีรายละเอียดของการตามรอยดังต่อไปนี้

1. ในความต้องการเชิงฟังก์ชันจะต้องมีการระบุหมายเลขและรายละเอียด
2. ในความต้องการเชิงฟังก์ชันจะต้องถูกนำไปออกแบบเป็นแผนภาพยูสเคสอย่างน้อย 1 ยูสเคส
3. ใน 1 ยูสเคสจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชันงานเพียงแค่ 1 ฟังก์ชันงานเท่านั้น
4. ฟังก์ชันงานจะสามารถเป็นได้แค่ 2 แบบเท่านั้นคือ แบบปกติและแบบพิเศษ
5. ฟังก์ชันงานของยูสเคสจะสามารถรองรับการทำงานอย่างน้อย 1 โอเปอเรชันของคลาส
6. ทุกโอเปอเรชันของคลาสที่ปรากฏในฟังก์ชันงานจะต้องถูกนำมาออกแบบเป็นสาร (Message) ในแผนภาพลำดับ
7. ในแผนภาพลำดับจะประกอบด้วยเหตุการณ์โต้ตอบกันระหว่าง 2 วัตถุ หรือการโต้ตอบกันระหว่างผู้ใช้งานกับวัตถุเท่านั้น
8. สารในแผนภาพลำดับจะถูกนำเสนอในรูปแบบสายอักขระเท่านั้น
9. สารที่ประกอบอยู่ในฟังก์ชันงานของแผนภาพยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันในแผนภาพคลาสด้วย

จากกฎที่กล่าวมาข้างต้นจะนำมาใช้เป็นกฎที่ทวนสอบแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ โดยขั้นตอนการเตรียมข้อมูลในการทวนสอบจะนำความต้องการเชิงฟังก์ชัน แผนภาพคลาส แผนภาพยูสเคส และแผนภาพลำดับ นำมาวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีหลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์นำเข้ามาผ่านส่วนต่อประสานของเครื่องมือสนับสนุนโดยเครื่องมือดังกล่าวมีภาพรวมการทำงานดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ภาพรวมวิธีการทำงานของเครื่องมือ [9]

เครื่องมือสนับสนุนจะทำการเก็บข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ตามหลักธรรมาภิบาลมาจัดเก็บลงในรูปแบบไฟล์เอ็กเซล เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบว่ามีความต้องการใดในข้อกำหนดความต้องการขาดหายไป หรือมีความต้องการที่เพิ่มเติมขึ้นมาจากความต้องการเชิงฟังก์ชัน โดยมีตัวอย่างส่วนต่อประสานของเครื่องมือสนับสนุนในรูปที่ 2.7

Req	Ual	Val	Events	Req No	Method Name	Class
01	02	01	01	08	getBookDetails	Book
			03	02	getMemberDetails	Member
			05	10	addTrans	LibTrans
			08	11	isna	-
			09	12	bookItems	Member
02	03	-	-	-	-	-
03	01	-	-	-	-	-
04	04	-	-	-	-	-
05	-	-	-	-	-	-

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างส่วนต่อประสานของเครื่องมือสนับสนุน [9]

งานวิจัยที่ [9] ได้นำเสนอวิธีการตามรอยความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลองในเอกสารข้อกำหนดความต้องการประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ โดยงานวิจัยนี้ได้นำหลักธรรมาภิบาลมาใช้ในการตามรอย อย่างไรก็ตามการใช้หลักธรรมาภิบาลยังไม่สามารถนำมาใช้ให้มีประสิทธิภาพกับประโยคภาษาธรรมชาติได้ นอกจากนี้ยังมีความซับซ้อนและยากต่อการนำมาประยุกต์ใช้ งานวิจัยนี้จึงนำเพียงแค่กฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการมาพัฒนาต่อเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทวนสอบ รวมถึงสร้างกฎให้ครอบคลุมความต้องการรูปแบบอื่นในข้อกำหนดความต้องการอีกด้วย

## 2.2.5 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษามาทั้งหมด 4 งานวิจัยได้นำเสนอวิธีการสร้างความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของความต้องการทั้งในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลอง ในงานวิจัยที่ [9] ได้นำเสนอตัวอย่างการทวนสอบการตามรอยผ่านกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ ซึ่งทั้ง 4 งานวิจัยดังกล่าวมีความแตกต่างกันในเรื่องของวิธีการและแนวคิดในการนำเสนอ โดยในหัวข้อนี้จะทำการสรุปและเปรียบเทียบงานวิจัยที่ได้ศึกษามา และงานวิจัยที่ผู้ทำวิจัยจะนำเสนอในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนอ

งานวิจัย	ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ				
	วัตถุประสงค์	ข้อมูลนำเข้า	ผลลัพธ์ งานวิจัย	ข้อจำกัด งานวิจัย	จุดเด่นของ งานวิจัย
งานวิจัย [6]	นำเสนอวิธีการ ลดความ กำกวมของ ประโยคความ ต้องการ ภาษาธรรมชาติ ภาษาอังกฤษ โดยการใช้วิธี ทาง อรรถศาสตร์ ของกลุ่ม คำศัพท์เชิง ธุรกิจ และ หลักเกณฑ์เชิง ธุรกิจเอสบีวี อาร์	1. ไฟล์ของ ตัวอักษรที่ แสดงถึง ประโยคความ ต้องการ ภาษาธรรมชาติ	ข้อมูลเชิง ปริมาณที่ได้ จากการ คำนวณผลลัพธ์ ของการให้ นิยามคำศัพท์ เชิงธุรกิจเอสบี วีอาร์กับ ประโยค ภาษาธรรมชาติ	ไม่มีการนำ คำศัพท์ที่ วิเคราะห์โดย หลักการทาง อรรถศาสตร์ ของกลุ่ม คำศัพท์เชิง ธุรกิจ และ หลักเกณฑ์เชิง ธุรกิจเอสบีวี อาร์มาสร้างผล ในด้านอื่น	นำเสนอ แนวคิดในการ สร้าง ความสัมพันธ์ ระหว่าง หลักการทาง อรรถศาสตร์ ของกลุ่ม คำศัพท์เชิง ธุรกิจ และ หลักเกณฑ์เชิง ธุรกิจเอสบีวี อาร์กับประโยค ความต้องการ ภาษาธรรมชาติ
งานวิจัย [7]	นำเสนอวิธีการ ออกแบบ แผนภาพคลาส จากความ ต้องการใน รูปแบบ ประโยค ภาษาธรรมชาติ โดยวิธี ฮีเรอริสติก	1. ไฟล์ของ ตัวอักษรที่ แสดงถึง ประโยคความ ต้องการ ภาษาธรรมชาติ	แผนภาพคลาส ที่ได้จากการ ทำฮีเรอริสติก	การทำฮีเรอริ สติกยังไม่ สามารถระบุค่า ที่แสดงถึง คุณลักษณะ ของวัตถุได้	นำเสนอการ ออกแบบ โครงสร้างของ ซอฟต์แวร์โดย การใช้ฮีเรอริ สติกกับ ประโยค ภาษาธรรมชาติ

ตารางที่ 2.14 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนอ (ต่อ)

งานวิจัย	ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ				
	วัตถุประสงค์	ข้อมูลนำเข้า	ผลลัพธ์งานวิจัย	ข้อจำกัดงานวิจัย	จุดเด่นของงานวิจัย
งานวิจัย [8]	นำเสนอวิธีการในการสร้างแผนภาพคลาส รวมถึงเครื่องมือสนับสนุนจากประโยคความต้องการ ภาษาธรรมชาติ ภาษาอังกฤษ โดยการใช้ วรรณศาสตร์ของกลุ่ม คำศัพท์เชิง ธุรกิจ และ หลักเกณฑ์เชิง ธุรกิจเอสบีวี อาร์	1. ไฟล์ของตัวอักษรที่แสดงถึง ประโยคความต้องการ ภาษาธรรมชาติ	ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการคำนวณผลลัพธ์ของประโยค ภาษาธรรมชาติ กับแผนภาพคลาส	ประสิทธิภาพในการสร้างแผนภาพคลาส ขึ้นอยู่กับ ประโยค ภาษาธรรมชาติ ที่นำเข้า	นำเสนอวิธีการสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่าง ประโยค ภาษาธรรมชาติ กับแผนภาพคลาส โดยใช้ หลักการทาง วรรณศาสตร์ของกลุ่ม คำศัพท์เชิง ธุรกิจ และ หลักเกณฑ์เชิง ธุรกิจเอสบีวี อาร์
งานวิจัย [9]	นำเสนอวิธีการตามรอยแบบจำลองที่ใช้กฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อย และวิธีหลัก रूपนัย	1. แผนภาพยูสเคส 2. แผนภาพคลาส 3. แผนภาพลำดับ	รายการข้อผิดพลาดที่ได้จากการตามรอยความต้องการ	การตามรอยยังไม่ครอบคลุม ประโยค ภาษาธรรมชาติ	1. นำเสนอกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยในการ ทวนสอบการตามรอยระหว่างแบบจำลอง

ตารางที่ 2.14 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนอ (ต่อ)

งานวิจัย	ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ				
	วัตถุประสงค์	ข้อมูลนำเข้า	ผลลัพธ์งานวิจัย	ข้อจำกัดงานวิจัย	จุดเด่นของงานวิจัย
งานวิจัย [9]					2. นำเสนอวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองเชิงฟังก์ชันกับแบบจำลองเชิงโครงสร้าง
งานวิจัยที่นำเสนอ	1. นำเสนอวิธีการในการทวนสอบความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลองในคุณลักษณะตามมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830 ประกอบไปด้วยการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบและรายการ	1. ไฟล์ของตัวอักษรที่แสดงถึงประโยคความต้องการภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน 2. ไฟล์ของตัวอักษรที่แสดงถึงประโยคความต้องการภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง	1. กฎในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ 2. รายการข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทวนสอบ	ประโยคภาษาธรรมชาติที่นำเข้าผู้ใช้จำเป็นต้องเขียนประโยคภาษาธรรมชาติที่สื่อถึงข้อมูลเชิงฟังก์ชันและข้อมูลเชิงโครงสร้าง	1. นำเสนอกฎที่ใช้ในการทวนสอบประโยคความต้องการภาษาธรรมชาติกับแบบจำลองในคุณลักษณะตามมาตรฐานไอทริปเปิ้ลอี 830 รวมถึงระบุรายการข้อผิดพลาดตามกฎหมายที่ใช้ในการทวนสอบ

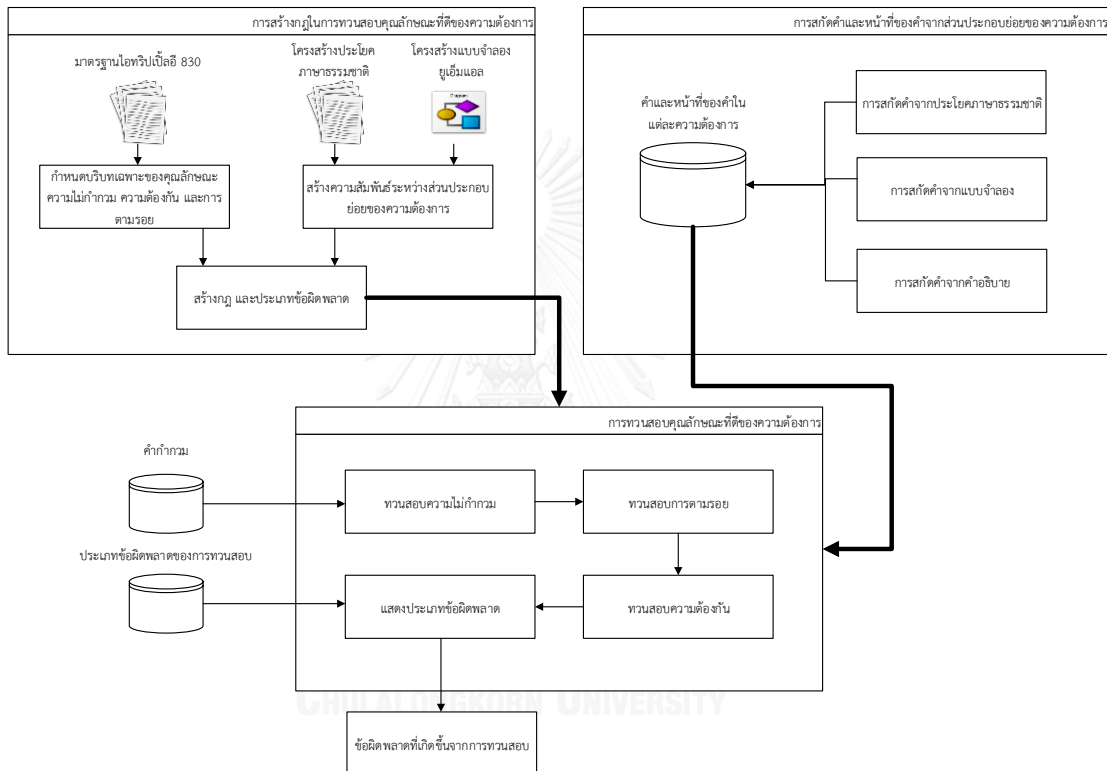
ตารางที่ 2.14 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนอ (ต่อ)

งานวิจัย	ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ				
	วัตถุประสงค์	ข้อมูลนำเข้า	ผลลัพธ์ งานวิจัย	ข้อจำกัด งานวิจัย	จุดเด่นของ งานวิจัย
งานวิจัย ที่ นำเสนอ	ข้อผิดพลาด อีกทั้งสร้าง เครื่องมือ สนับสนุนอย่าง อัตโนมัติในการ ทวนสอบ 2. นำเสนอ วิธีการสร้าง ความสัมพันธ์ ของประโยค ภาษาธรรมชาติ กับแบบจำลอง รวมถึง ส่วนประกอบ ย่อยของ แบบจำลองกับ คำอธิบาย	3. ไฟล์เอ็กเซล แอลที่แสดงถึง แผนภาพคลาส 4. ไฟล์เอ็กเซล แอลที่แสดงถึง แผนภาพยูส เคส 5. สายอักขระ ที่แสดงถึง รายการของ ส่วนประกอบ ย่อยใน คำอธิบาย คลาส 6. สายอักขระ ที่แสดงถึง รายการของ ส่วนประกอบ ย่อยใน คำอธิบายยูส เคส			2. นำเสนอ วิธีการสร้าง ความสัมพันธ์ ใน ส่วนประกอบ ย่อยที่ปรากฏ ในประโยค ความต้องการ และ แบบจำลอง รวมถึง ความสัมพันธ์ ของ ส่วนประกอบ ย่อยใน แบบจำลอง และคำอธิบาย แบบจำลอง

### บทที่ 3

#### แนวคิดและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยแนวคิดและวิธีการดำเนินการวิจัย จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การสร้างกฎในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ การสกัด คำและหน้าที่ของคำจากส่วนประกอบย่อยความต้องการ และการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ ซึ่งภาพรวมของงานวิจัยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.1

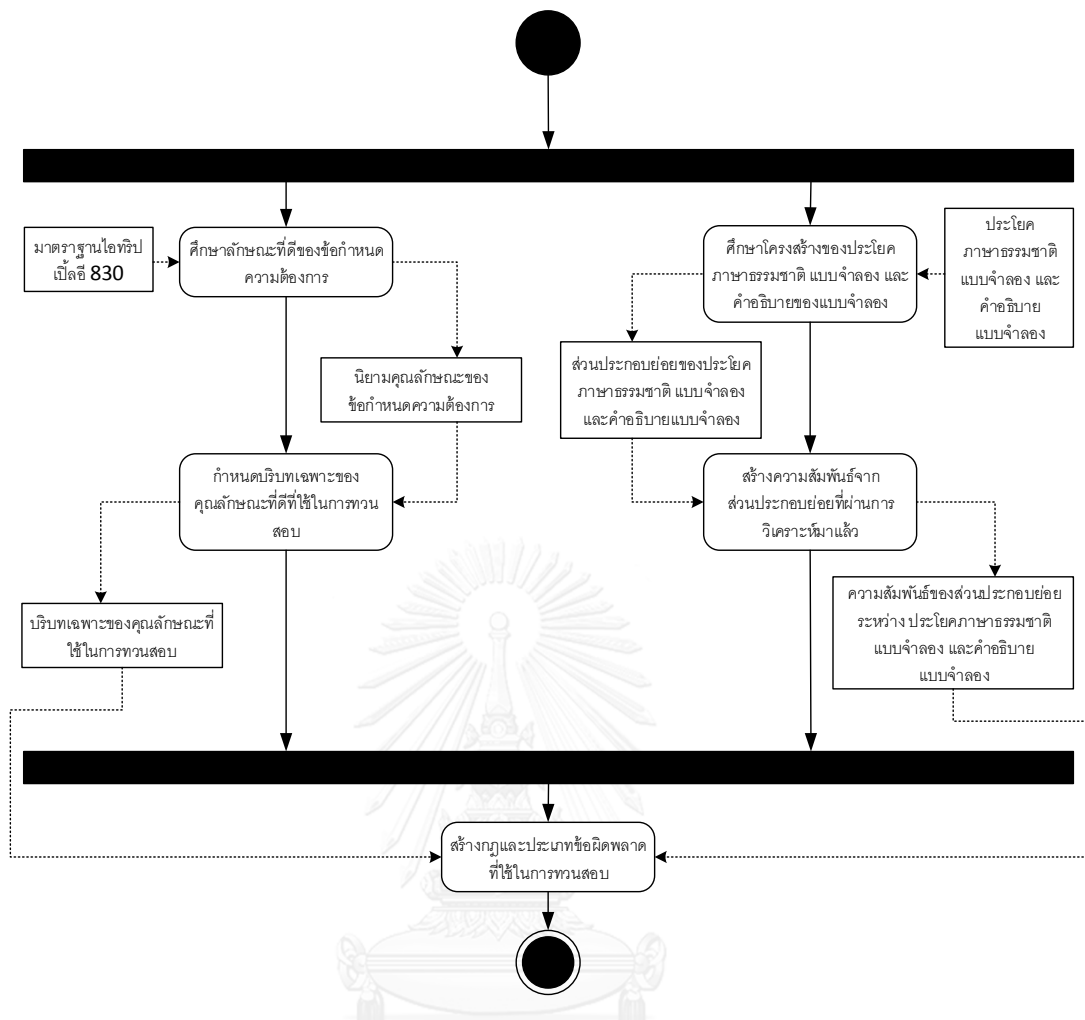


รูปที่ 3.1 ภาพรวมและวิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 การสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะซอฟต์แวร์

ในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์นิยามของคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการ ได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง เพื่อใช้ในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ รวมถึงรายการข้อผิดพลาดสำหรับเครื่องมือสนับสนุนเพื่อระบุข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทวนสอบ และวิเคราะห์ความต้องการสามารถนำข้อผิดพลาดดังกล่าวไปแก้ไขเพื่อให้ความต้องการมีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่ดี ซึ่งรายละเอียดของวิธีการดำเนินการในการศึกษาจะนำเสนอในแผนภาพกิจกรรมดังรูปที่ 3.2





รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะซอฟต์แวร์

### 1) การศึกษาคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ โดยศึกษาความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จากมาตรฐานไอทีเปิดที่ 830 รวมถึงงานวิจัยอื่นๆ เพื่อกำหนดบริบทเฉพาะของคุณลักษณะที่ดีที่ใช้ในการทวนสอบประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลอง โดยงานวิจัยนี้ได้สนใจ 3 คุณลักษณะได้แก่ 1) ความไม่กำกวม เพราะลักษณะเฉพาะของประโยคภาษาธรรมชาติอาจทำให้เกิดความกำกวม 2) ความต้องกัน เพราะการวิเคราะห์ประโยคภาษาธรรมชาติเพื่อสร้างแบบจำลองซอฟต์แวร์มีความซับซ้อน วิศวกรความต้องการอาจจะสร้างแบบจำลองซอฟต์แวร์ได้ไม่ต้องกันกับความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ 3) การตามรอย ส่วนประกอบย่อยในแบบจำลองซอฟต์แวร์จะต้องสามารถตามรอยได้ทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับ เพื่อให้วิศวกรความต้องการสามารถทวนสอบได้ว่ามีส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองมีความครบถ้วนหรือไม่ หรือขาดหายไปในส่วนประกอบใด

## 2) การกำหนดบริบทเฉพาะของคุณลักษณะที่ใช้ในการทวนสอบ

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการนำมากำหนดบริบทเฉพาะที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีที่สนใจ โดยบริบทที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่สนใจถูกกล่าวไว้ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.2 มาตรฐานไอทริบเปิ้ลอี 830 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติเกี่ยวกับข้อกำหนดความต้องการ หัวข้อคุณลักษณะที่ดีของข้อกำหนดความต้องการ หน้าที่ 11

## 3) การศึกษาโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติ และส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาส่วนประกอบย่อยภายในโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเพื่อใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองกับคำอธิบายแบบจำลอง โดยรายละเอียดของส่วนประกอบย่อยภายในโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง มีดังต่อไปนี้

### 1) โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ

ประโยคภาษาธรรมชาติที่ใช้ในการทวนสอบจะประกอบไปด้วยประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันที่อธิบายฟังก์ชันงานภายในระบบ และประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างที่อธิบายถึงโครงสร้างของระบบ และข้อมูลที่ระบบควรจัดเก็บ ซึ่งในแต่ละประโยคจะมีโครงสร้างของการเขียนประโยคภาษาธรรมชาติที่แตกต่างกัน โดยโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติผู้วิจัยได้ศึกษามาจากหนังสือที่มีชื่อว่า Discovering Requirements [10] ภายในหนังสือเล่มนี้ได้แนะนำโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติที่มีคุณภาพไว้ ผู้วิจัยจะนำโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติดังกล่าวมาสร้างความสัมพันธ์กับหลักไวยากรณ์ภาษาอังกฤษตามบริบทของเครื่องมือที่มีชื่อว่าสแตนด์ฟอร์ตพาเซออร์เพื่อใช้ในการสกัดให้ได้คำและหน้าที่ของคำ ซึ่งนำไปสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองต่อไป โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## (1) โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน

- ทัศนความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันเป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงการกระทำของผู้ใช้งานที่สามารถเรียกใช้งานฟังก์ชันของระบบ โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน และตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ			
Subject	shall be able to must be able to can	verb	direct object
ตัวอย่าง			
Customer	can	issue	loan items

จากตารางที่ 3.1 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของยูสเคสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยค (Subject) จะถูกนำมาออกแบบลงเป็นแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคส ในส่วนคำกริยา และกรรมในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส ตัวอย่างประโยคเช่น “Customer can issues loan items.” จากประโยคดังกล่าว Customer ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นแอคเตอร์ และ issues loan items ทำหน้าที่เป็นกริยาที่มีผลโดยตรงกับ loan items จะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

- ทัศนความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันเป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบรับทอดคุณสมบัติระหว่างแอคเตอร์มากกว่า 2 แอคเตอร์ขึ้นไป โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันและตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ				
Subject	can be grouped into can be divided into	direct object	and / ,	indirect object
ตัวอย่าง				
Customer	can be grouped into	a normal customer	and	a VIP customer

จากตารางที่ 3.2 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของยูสเคสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นแอคเตอร์และเป็นแพเร็นท์ (Parent) ในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันในแผนภาพยูสเคส ในส่วนของกรรมในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นแอคเตอร์และเป็นชายด์ (Child) ในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันในแผนภาพยูสเคส ตัวอย่างประโยคเช่น “Customer can be grouped into a normal customer and a VIP customer.” จากประโยคดังกล่าว Customer ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นแอคเตอร์และเป็นแพเร็นท์ ในส่วนของ Normal customer และ VIP customer จะถูกนำมาออกแบบเป็นแอคเตอร์ และเป็นชายด์ในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

- กรณีความสัมพันธ์แบบอินคลูด

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบอินคลูด เป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบส่วนประกอบย่อยระหว่างยูสเคส 2 ยูสเคส โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบอินคลูด มีโครงสร้างดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบอินคลูดและตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ		
Subject + use case	is included in	direct object + use case
ตัวอย่าง		
Login use case	is included in	borrow loan items use case

จากตารางที่ 3.4 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของยูสเคสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นยูสเคสและเป็นขายต์ในความสัมพันธ์แบบส่วนประกอบในแผนภาพยูสเคส ในส่วนของกรรมในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคสและเป็นแพเร็นท์ในความสัมพันธ์แบบอินคลูดในแผนภาพยูสเคส ตัวอย่างประโยคเช่น “Login use case is include in borrow loan items use case.” จากประโยคดังกล่าว Login use case ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคสและเป็นขายต์ ในส่วนของ borrow loan items use case จะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคสและเป็นแพเร็นท์ในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

- กรณีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เท็นด์

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เท็นด์เป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบส่วนประกอบย่อยระหว่างยูสเคส 2 ยูสเคสแบบทางเลือก โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เท็นด์ มีโครงสร้างดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกรณีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เท็นด์และตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ		
Subject + use case	is extended from	direct object + use case
ตัวอย่าง		
Print return report use case	is extended from	Return book use case

จากตารางที่ 3.4 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของยูสเคสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นยูสเคส และเป็น

ชายดีในความสัมพันธ์แบบส่วนประกอบในแผนภาพยูสเคส ในส่วนของกรรมในประโยคจะถูกนำมา ออกแบบเป็นยูสเคส และเป็นแพเร็นท์ในความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เทนดีในแผนภาพยูสเคส ตัวอย่าง ประโยคเช่น “Print report use case is extended from return book use case.” จากประโยค ดังกล่าว Print report use case ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคส และเป็นชายดี ในส่วนของ return book use case จะถูกนำมาออกแบบเป็นยูสเคส และเป็นแพ เร็นท์ในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

## (2) โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง

- กรณีความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันเป็นประโยค ภาษาธรรมชาติที่แสดงให้เห็นถึงคลาสที่มีความสัมพันธ์แบบเกี่ยวข้องกันระหว่าง 2 คลาสขึ้นไป โดย โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน มีโครงสร้างดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันและตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ		
Subject	can	verb
	main verb	direct object
ตัวอย่าง		
Customer	can borrow	loan items

จากตารางที่ 3.5 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของคลาสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยครวมถึงกรรมที่ทำหน้าที่เป็นคำนามในประโยค ภาษาธรรมชาติจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นคลาส ในส่วนของกริยาแท้ในประโยคจะถูกออกแบบลงเป็นโอเปอเรชันของคลาสที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคในแผนภาพคลาส ตัวอย่างประโยคเช่น “Customer can borrow loan items.” จากประโยคดังกล่าว Customer และ Loan items ที่เป็น คำนามในประโยคจะถูกออกแบบเป็นคลาส และ borrow ทำหน้าที่เป็นกริยาแท้ในประโยคจะถูก นำมาออกแบบลงเป็นโอเปอเรชันของคลาส Customer ในแผนภาพคลาส เป็นต้น

- กรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชัน

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันเป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบรับทอดคุณสมบัติระหว่างคลาสมากกว่า 2 คลาสขึ้นไป โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชัน มีโครงสร้างดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชัน และตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ				
Subject	can be grouped into can be divided into	direct object	and / ,	indirect object
ตัวอย่าง				
Loan items	can be grouped into	books	and	language tape

จากตารางที่ 3.6 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นคลาสและเป็นแพเร็นทีในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันในแผนภาพคลาส ในส่วนของกรรมในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นคลาส และเป็นชายด์ในความสัมพันธ์แบบเจเนอร์ลไลเซชันในแผนภาพคลาส ตัวอย่างประโยคเช่น “Loan items can be grouped into books and language tape.” จากประโยคดังกล่าว Loan items ทำหน้าที่เป็นประธานและเป็นคำนามในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นคลาส และเป็นแพเร็นทีในแผนภาพคลาส ส่วนของ books และ Language tape ทำหน้าที่เป็นกรรมที่เป็นคำนามในประโยคจะถูกออกแบบลงเป็นคลาส และเป็นชายด์ของคลาส Loan items ในแผนภาพคลาส เป็นต้น

- กรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชัน

ประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชันเป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงความสัมพันธ์แบบส่วนประกอบระหว่างคลาส 2 คลาส โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติกรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชันมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชัน และตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ		
Subject	is a part of is included in	direct object
ตัวอย่าง		
A VIP member	is included in	a member

จากตารางที่ 3.7 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของคลาสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคจะถูกนำมาออกแบบลงเป็นคลาสและเป็นชาติในความสัมพันธ์กรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชันในแผนภาพคลาส และกรรมในประโยคจะถูกนำมาออกแบบเป็นคลาสและเป็นแพเร็นท์ในความสัมพันธ์กรณีความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชันในแผนภาพคลาส ตัวอย่างประโยคเช่น “A VIP member is included in a member” จากประโยคดังกล่าว A VIP member ทำหน้าที่เป็นประธาน และคำนามในประโยคจะถูกออกแบบลงเป็นคลาส และเป็นชาติในแผนภาพคลาส ส่วน A member ทำหน้าที่เป็นกรรม และเป็นคำนามในประโยคจะถูกออกแบบลงเป็นคลาส และเป็นแพเร็นท์ในแผนภาพคลาส เป็นต้น



- กรณีลักษณะประจำคลาส

ประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงลักษณะประจำคลาส เป็นประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงข้อมูลหรือลักษณะประจำของคลาส โดยโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติที่แสดงถึงลักษณะประจำคลาสมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกรณีลักษณะประจำคลาสและตัวอย่าง

โครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ				
Subject	contain with	direct object	and / ,	indirect object
	have / has			
ตัวอย่าง				
A book	has	a author	and	date

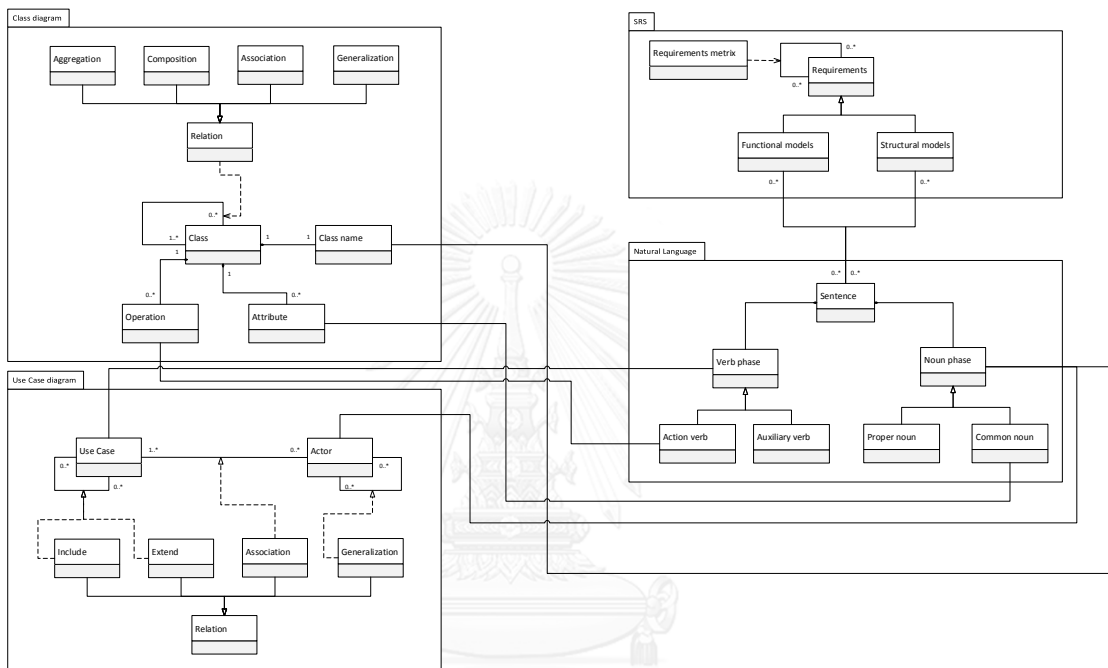
จากตารางที่ 3.8 จะสามารถนำคำและหน้าที่ของคำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของคลาสได้ดังต่อไปนี้ ประธานในประโยคที่ทำหน้าที่เป็นคำนามจะถูกออกแบบลงเป็นคลาส ในส่วนของกรรมในประโยคจะถูกออกแบบลงเป็นลักษณะประจำคลาสที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยค ตัวอย่างประโยคเช่น “A book has a author and date.” จากประโยคดังกล่าว Book ทำหน้าที่เป็นประธาน และเป็นคำนามในประโยคจะถูกออกแบบเป็นคลาสในแผนภาพคลาส ส่วน author และ date ทำหน้าที่เป็นกรรม และเป็นคำนามในประโยคจะถูกออกแบบเป็นลักษณะประจำคลาส Book เป็นต้น

2) ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลอง

ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลองได้ศึกษามาจากหนังสือที่มีชื่อว่า System Analysis and Design with UML Version 4.0 [4] โดยแบบจำลองและคำอธิบายที่สนใจในงานวิจัยนี้ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส คำอธิบายยูสเคส และคำอธิบายคลาส ซึ่งส่วนประกอบย่อยได้ถูกกล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2.1 หัวข้อแบบจำลองยูเอ็มแอล หน้าที 6 ผู้วิจัยจะนำส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลอง มาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยภายในโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติต่อไป

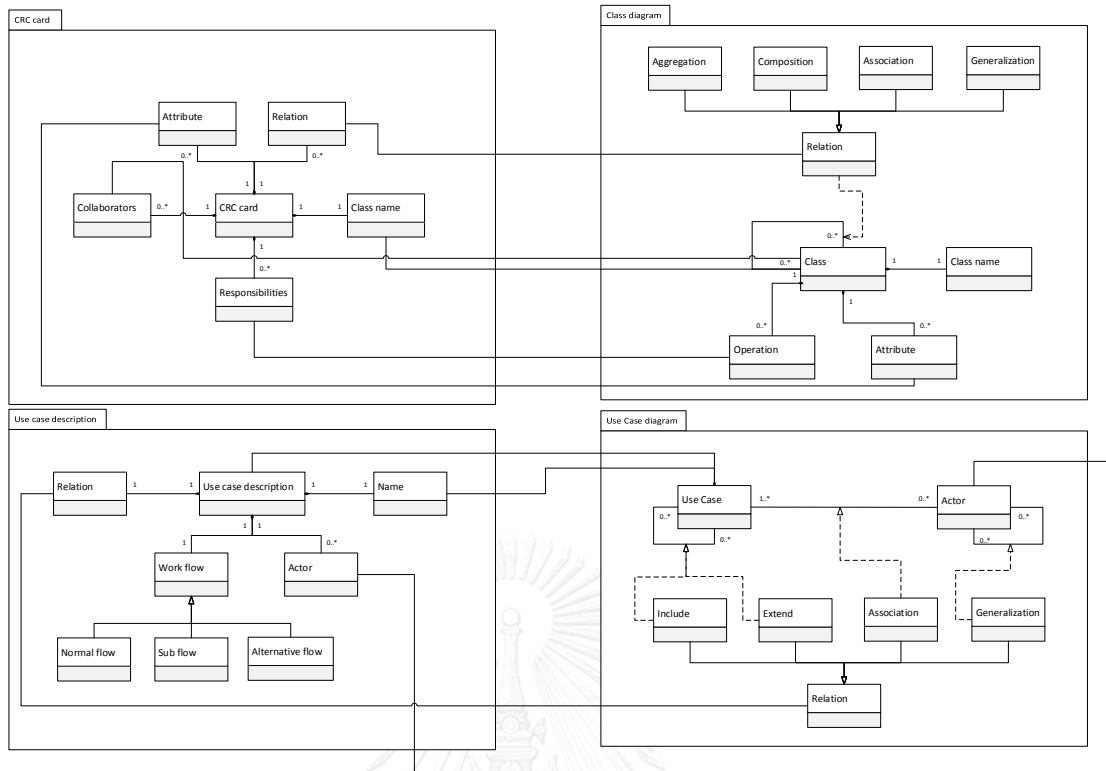
#### 4) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติ และ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง และส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายแบบจำลองที่ได้ศึกษามาใน ขั้นตอนที่ 3.1.3 โดยผู้วิจัยได้นำคำและหน้าที่ของคำในประโยคภาษาธรรมชาติมาสร้างความสัมพันธ์ กับส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง ซึ่งจะแสดงในแผนภาพเชิงโครงสร้างดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลอง

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลองนั้น ผู้วิจัยได้นำ ส่วนประกอบย่อยของแต่ละแบบจำลอง และส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายแบบจำลองมาสร้าง ความสัมพันธ์ ซึ่งจะแสดงโดยแผนภาพเชิงโครงสร้างดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับคำอธิบาย

จากความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของความต้องการระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลองในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ผู้วิจัยจะนำความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยดังกล่าวมาสร้างกฎเพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอยต่อไป

### 5) การสร้างกฎและประเภทข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบ

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยกฎดังกล่าวจะสร้างจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง และส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายจากรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 โดยกฎจะแบ่งออกตามคุณลักษณะที่ใช้ในการทวนสอบได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย ซึ่งกฎที่สร้างขึ้นนั้นมีทั้งหมด 36 ข้อ สามารถแบ่งตามคุณลักษณะได้ดังต่อไปนี้ คุณลักษณะความไม่กำกวม 4 ข้อ คุณลักษณะความต้องกัน 22 ข้อ และคุณลักษณะการตามรอย 10 ข้อ ในแต่ละคุณลักษณะมีกฎและรายละเอียดดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
ความไม่กำกวม	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน	ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติจะมีคุณลักษณะความไม่กำกวมได้ก็ต่อเมื่อประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันไม่ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้
	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง	ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติจะมีคุณลักษณะความไม่กำกวมได้ก็ต่อเมื่อประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างไม่ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้
	คำอธิบายแผนภาพยูสเคส	ความต้องการในรูปแบบคำอธิบายจะมีคุณลักษณะความไม่กำกวมได้ก็ต่อเมื่อคำอธิบายยูสเคสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดไม่ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้
	คำอธิบายแผนภาพคลาส	ความต้องการในรูปแบบคำอธิบายจะมีคุณลักษณะความไม่กำกวมได้ก็ต่อเมื่อคำอธิบายคลาสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดไม่ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้
การตามรอย	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อคำานามที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติต้องปรากฏเป็นแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคสต้องปรากฏเป็นคำานามที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติ
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส

ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ (ต่อ)

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
การตามรอย	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ ยูสเคสในแผนภาพยูสเคสต้องปรากฏเป็นคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติ
	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ คำนามในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างจะต้องปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส
	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ ยูสเคสในแผนภาพยูสเคสจะต้องมีคำอธิบายยูสเคส 1 คำอธิบาย
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ คำอธิบายยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นคำอธิบายของยูสเคส 1 ยูสเคส
	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ คลาสในแผนภาพคลาสจะต้องมีคำอธิบายคลาส 1 คำอธิบาย
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อ คำอธิบายคลาสจะต้องปรากฏเป็นคำอธิบายของคลาส 1 คลาส

ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ (ต่อ)

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
ความต้องการกัน	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างแอคเตอร์
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างยูสเคส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดึระหว่างยูสเคส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างแอคเตอร์และยูสเคส
	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างคลาส

ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ (ต่อ)

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
ความต้องการกัน	ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบเอกกรีเกินหรือคอมโพสิชันระหว่างคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องการกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อคำกริยาในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างจะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันของคลาสในแผนภาพคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันของคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องปรากฏเป็นคำกริยาในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อคำนามที่แสดงถึงการเป็นคุณลักษณะในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างจะต้องปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการกันได้ก็ต่อเมื่อลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องปรากฏเป็นคำนามที่แสดงถึงการเป็นคุณลักษณะในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง

ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ (ต่อ)

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
ความต้องกัน	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์อินคลูดหรือเอ็กซ์เทนด
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อแอคเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับยูสเคสในแผนภาพยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นแอคเตอร์ในส่วนประกอบย่อยแอคเตอร์ของคำอธิบายยูสเคส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อแอคเตอร์ในส่วนประกอบย่อยแอคเตอร์ของคำอธิบายยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นแอคเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับยูสเคสในแผนภาพยูสเคส
ความต้องกัน	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชันและคอมโพสิชันระหว่างคลาส



ตารางที่ 3.9 กฎและรายละเอียดของกฎในแต่ละคุณลักษณะ (ต่อ)

คุณลักษณะ	ความสัมพันธ์ของความต้องการ	รายละเอียดกฎ
ความต้องกัน	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันในแผนภาพคลาส จะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันในส่วนประกอบย่อยหน้าที่รับผิดชอบของคำอธิบายคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันในส่วนประกอบย่อยหน้าที่รับผิดชอบของคำอธิบายคลาสจะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันในแผนภาพคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในส่วนประกอบย่อยลักษณะประจำของคำอธิบายคลาส
		ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องกันได้ก็ต่อเมื่อลักษณะประจำคลาสในส่วนประกอบย่อยลักษณะประจำของคำอธิบายคลาส จะต้องปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาส
	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการต้องกันได้ก็ต่อเมื่อแอกเตอร์ในแผนภาพยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส

จากนั้นนำกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยมาสร้างรายการข้อผิดพลาดเพื่อใช้ในการระบุข้อผิดพลาดสำหรับการทวนสอบเพื่อให้วิศวกรความต้องการทราบถึงข้อผิดพลาด เพื่อทำการแก้ไขให้ความต้องการมีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่ดี โดยรายละเอียดของข้อผิดพลาดรวมถึงตัวอย่างของผลลัพธ์ในการทวนสอบในแต่ละคุณลักษณะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1) ความไม่กำกวม

ความไม่กำกวมจะทวนสอบกับความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติทั้งแบบเชิงฟังก์ชันและแบบเชิงโครงสร้าง รวมถึงส่วนประกอบย่อยรายละเอียดในคำอธิบายแบบจำลองทั้งยูสเคสและคลาส โดยจะทวนสอบจากคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดได้ หากในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏคำเหล่านั้นจะทำให้ประโยคภาษาธรรมชาตินั้นไม่มีคุณลักษณะความไม่กำกวม โดยความไม่กำกวมมีรายการข้อผิดพลาดทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดดังตารางที่ 3.10 ตารางที่ 3.10 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความไม่กำกวม

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
U-NL-01	ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน
U-NL-02	ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง
U-FM-03	ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดในคำอธิบายยูสเคส
U-SM-04	ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดในคำอธิบายคลาส

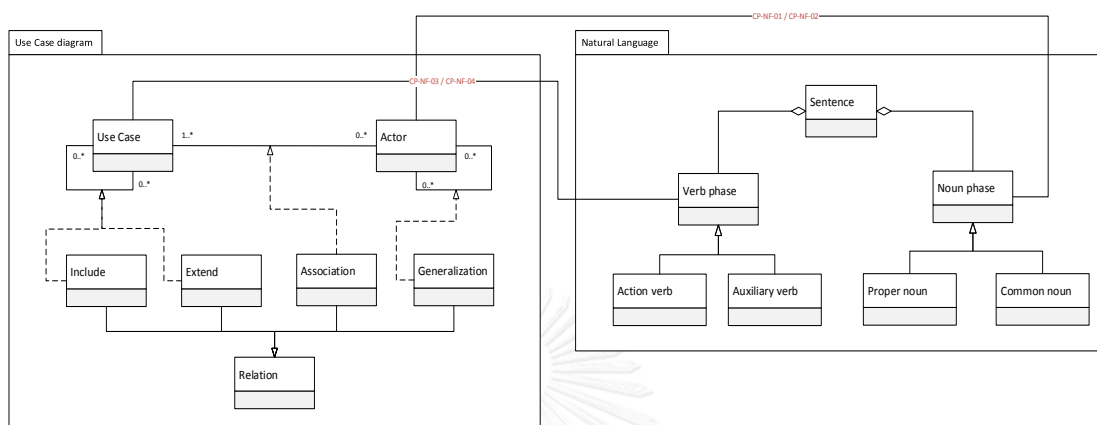
ตัวอย่างเช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏประโยคว่า Customer can borrow many loan items. จากประโยคปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้คือคำว่า many ทำให้เกิดประเภทข้อผิดพลาดที่ U-NL-01 ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน เป็นต้น

### 2) การตามรอย

การตามรอยจะทวนสอบกับส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง และส่วนประกอบย่อยของคำอธิบาย เพื่อตามรอยว่ามีความต้องการใดที่หายไป หรือเพิ่มเติมขึ้นมาจากความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ โดยการตามรอยมีรายการข้อผิดพลาดทั้งหมด 10 ข้อ ซึ่งรายการข้อผิดพลาดดังกล่าวสามารถแบ่งตามความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและแผนภาพยูสเคส

กฎของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและแผนภาพยูสเคส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยยูสเคสดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยยูสเคส และ รายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย

จากรูปที่ 3.5 จะมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.11

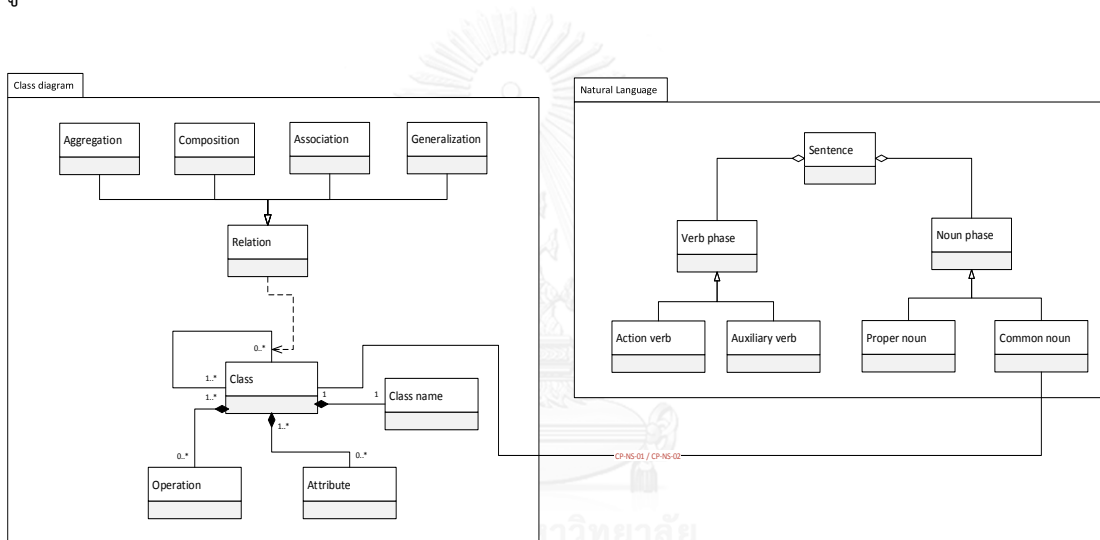
ตารางที่ 3.11 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยยูสเคส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CP-NF-01	ปรากฏค่านามที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคส
CP-NF-02	ปรากฏแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นค่านามที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติ
CP-NF-03	ปรากฏคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส
CP-NF-04	ปรากฏยูสเคสในแผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติ

ตัวอย่างเช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏประโยคว่า “Customer can borrow many loan items.” จากประโยคปรากฏคำว่า Customer ที่ทำหน้าที่เป็นคำนามและประธานในประโยค หากแผนภาพยูสเคสไม่ปรากฏแอกเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer จะเกิดข้อผิดพลาดประเภท CP-NF-01 ปรากฏคำนามที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นแอกเตอร์ในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส

กฎของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างและแผนภาพคลาส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยคลาส ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย

จากรูปที่ 3.6 จะมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.12

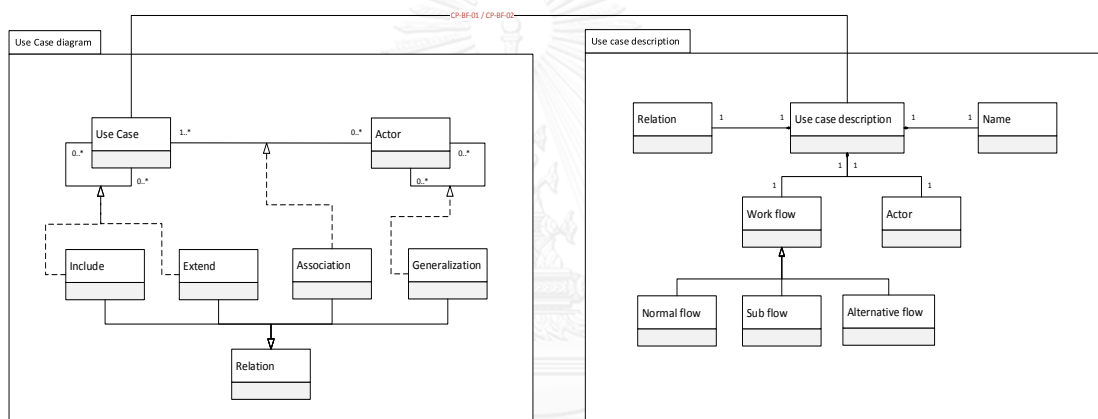
ตารางที่ 3.12 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยคลาส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CP-NS-01	ปรากฏคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส
CP-NS-02	ปรากฏคลาสในแผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติ

ตัวอย่างเช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างปรากฏประโยคว่า “Customer can borrow loan items.” จากประโยคปรากฏคำว่า Customer และ loan items ที่ทำหน้าที่เป็นคำนามในประโยค หากในแผนภาพคลาสไม่ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Customer และ loan items จะเกิดข้อผิดพลาดประเภท CP-NS-01 ปรากฏคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส

กฎของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคสและส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคส ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยยูสเคส และส่วนประกอบย่อยคำอธิบายยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย

จากรูปที่ 3.7 จะมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.13

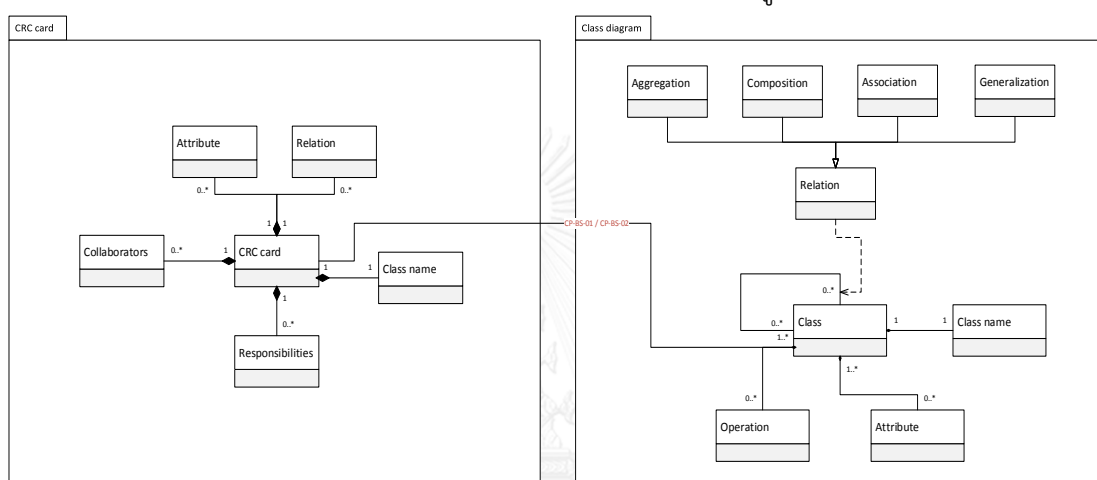
ตารางที่ 3.13 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CP-BF-01	ปรากฏยูสเคสในแผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส
CP-BF-02	ปรากฏคำอธิบายยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส

ตัวอย่างเช่น ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Borrow loan items หากภายในคำอธิบายไม่ปรากฏคำอธิบายของยูสเคส Borrow loan items จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดประเภท CP-BF-01 ปรากฏยูสเคสที่แผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส

กฎของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาสและส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยคลาสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย

จากรูปที่ 3.8 จะมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะการตามรอยของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CP-BS-01	ปรากฏคลาสที่แผนภาพคลาสแต่ไม่พบในคำอธิบายคลาส
CP-BS-02	ปรากฏคำอธิบายคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส

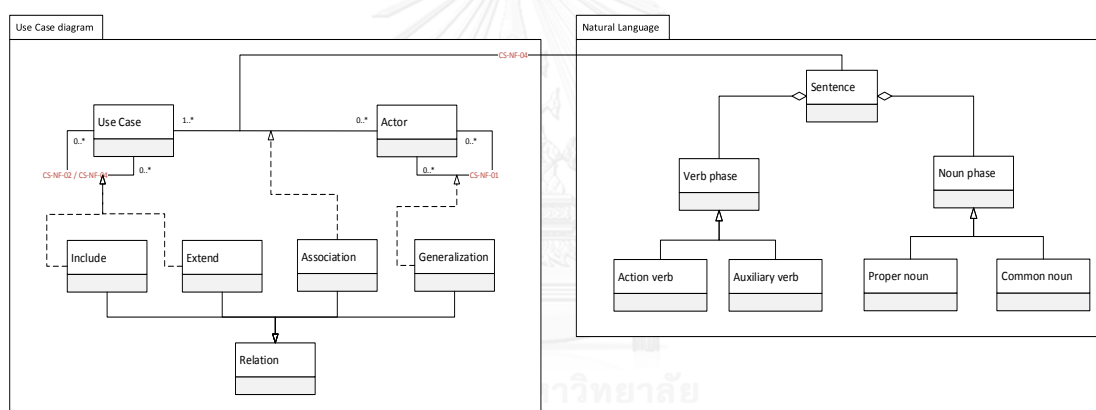
ตัวอย่างเช่น ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Book หากภายในคำอธิบายคลาสไม่ปรากฏคำอธิบายของคลาส Book จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดประเภท CP-BS-01 ปรากฏคลาสที่แผนภาพคลาสแต่ไม่พบในคำอธิบายคลาส เป็นต้น

### 3) ความต้งกัน

ความต้งกันจะทวนสอบจากความสัมพันธ์ภายในส่วนประกอบย่อยและคุณลักษณะเฉพาะภายในของส่วนประกอบย่อยของความต้งกันในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้งกันที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้งกันที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เพื่อให้ความต้งกันมีความต้งกัน โดยความต้งกันมีรายการข้อผิดพลาดทั้งหมด 22 ข้อ ซึ่งรายการข้อผิดพลาดดังกล่าวสามารถแบ่งตามความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและแผนภาพยูสเคส

กฎความต้งกันของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยยูสเคสดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้งกัน

จากรูปที่ 3.9 มีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.15

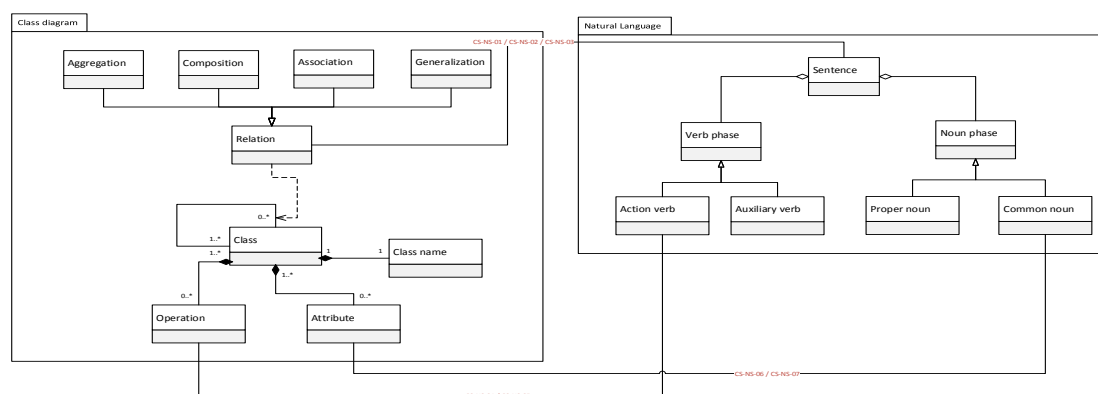
ตารางที่ 3.15 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างแบบประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพยูสเคส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CS-NF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างแอกเตอร์
CS-NF-02	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างยูสเคส
CS-NF-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์เทนดระหว่างยูสเคส
CS-NF-04	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างแอกเตอร์กับยูสเคส

ตัวอย่างเช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏประโยคว่า “Customer should be able to issue loan items.” จากประโยคจะปรากฏความสัมพันธ์ระหว่าง Customer กับ issue loan items แบบความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน หากในแผนภาพยูสเคสไม่ปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างแอกเตอร์ที่ชื่อ Customer กับยูสเคสที่ชื่อ issue loan items จะเกิดประเภทข้อผิดพลาด CS-NF-04 ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างแอกเตอร์กับยูสเคส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส

กฎความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติและส่วนประกอบย่อยคลาสดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติกับส่วนประกอบย่อยแผนภาพคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน



จากรูปที่ 3.10 มีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.16

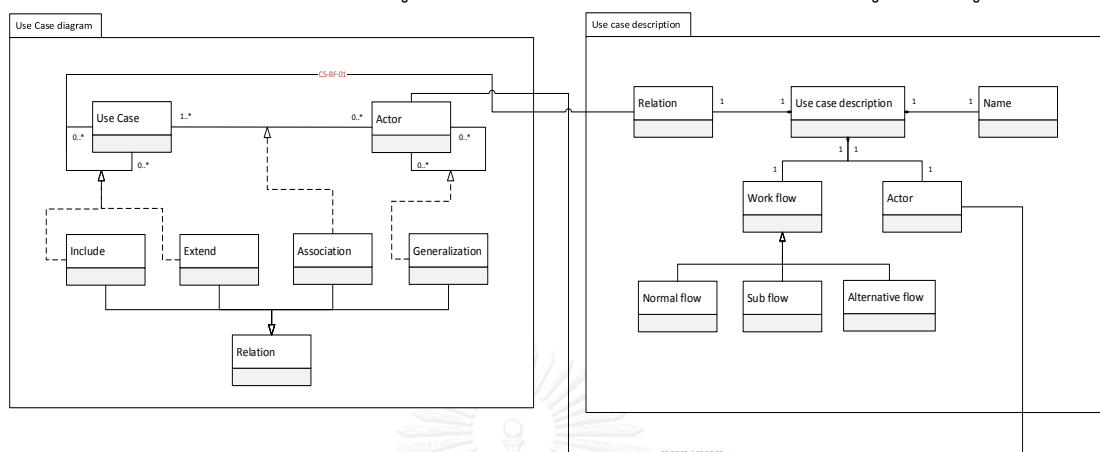
ตารางที่ 3.16 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์  
ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติกับแผนภาพคลาส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CS-NS-01	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาสระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ และแผนภาพคลาส
CS-NS-02	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชันและคอมโพสิชันของคลาสระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ และแผนภาพคลาส
CS-NS-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาสระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ และแผนภาพคลาส
CS-NS-04	ปรากฏคำกริยาในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นโอเปอเรชันในแผนภาพคลาส
CS-NS-05	ปรากฏโอเปอเรชันในแผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นคำกริยาในประโยคภาษาธรรมชาติ
CS-NS-06	ปรากฏคำนามที่แสดงถึงคุณลักษณะของประธานในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาส
CS-NS-07	ปรากฏลักษณะประจำคลาส ในแผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามที่แสดงถึงคุณลักษณะของประธานในประโยคภาษาธรรมชาติ

ตัวอย่างเช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างปรากฏประโยคว่า “A book has title and author.” จากประโยคจะเห็นว่า title และ author เป็นคำนามที่แสดงถึงลักษณะประจำของคลาส book หากในแผนภาพคลาสไม่ปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสที่มีชื่อว่า title และ author ของคลาสของ Book จะเกิดข้อผิดพลาดประเภท CS-NS-06 ปรากฏคำนามที่แสดงถึงคุณลักษณะของประธานในประโยคภาษาธรรมชาติแต่ไม่ปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส

กฎความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคสและส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคสดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายยูสเคส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน

จากรูปที่ 3.11 มีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.17

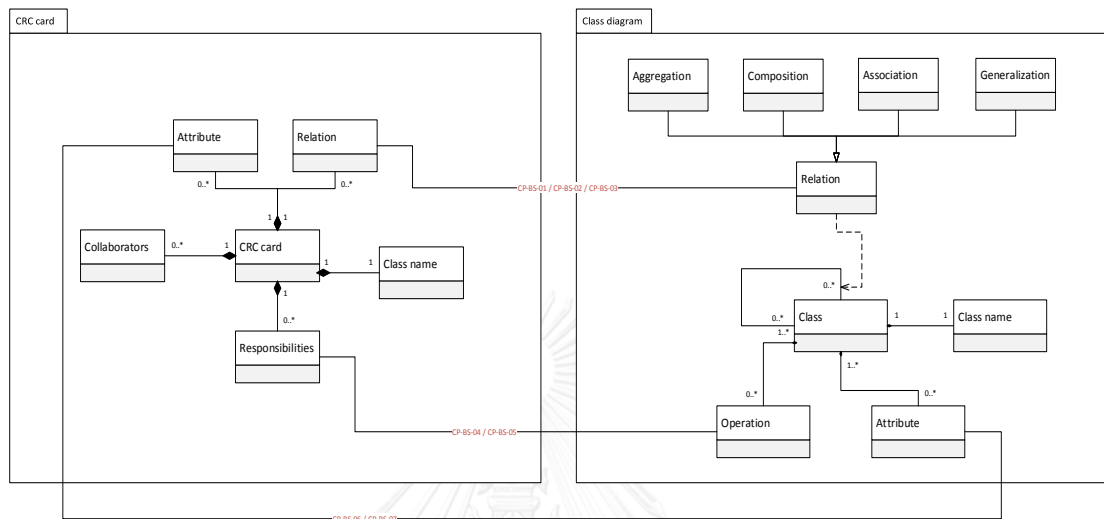
ตารางที่ 3.17 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายยูสเคส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CS-BF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์เทนด์ระหว่างยูสเคสที่ปรากฏในแผนภาพยูสเคส กับความสัมพันธ์ที่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส
CS-BF-02	ปรากฏแอกเตอร์ที่แผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นแอกเตอร์ในคำอธิบายยูสเคส
CS-BF-03	ปรากฏแอกเตอร์ที่คำอธิบายยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นแอกเตอร์ในแผนภาพยูสเคส

ตัวอย่างเช่น ในแผนภาพยูสเคสปรากฏความสัมพันธ์ระหว่าง Customer กับยูสเคส Borrow loan items แบบแอสโซซิเอชันหากในคำอธิบายยูสเคส Borrow loan items ในส่วนประกอบย่อยของแอกเตอร์ไม่ปรากฏ Customer จะเกิดข้อผิดพลาดประเภท CS-BF-02 ปรากฏแอกเตอร์ที่แผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นแอกเตอร์ในคำอธิบายยูสเคส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส

กฎความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาสและส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพคลาสกับส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบความต้องกัน

จากรูปที่ 3.12 มีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.18

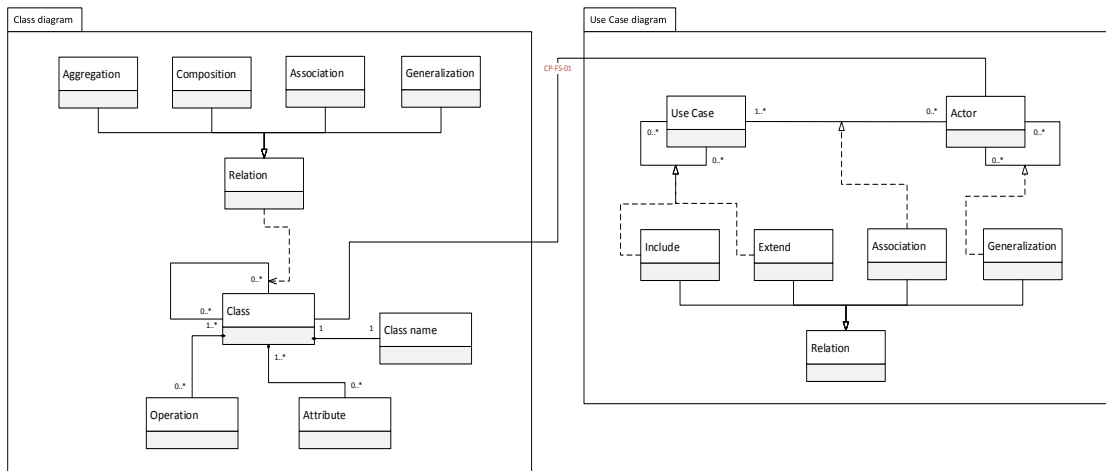
ตารางที่ 3.18 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยคลาสกับส่วนประกอบย่อยคำอธิบายคลาส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CS-BS-01	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส ที่ปรากฏในแผนภาพคลาสกับความสัมพันธ์ที่ปรากฏในคำอธิบายคลาส
CS-BS-02	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่างคลาส ที่ปรากฏในแผนภาพคลาสกับความสัมพันธ์ที่ปรากฏในคำอธิบายคลาส
CS-BS-03	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชันหรือคอมโพสิชันระหว่างคลาสที่ปรากฏในแผนภาพคลาสกับความสัมพันธ์ที่ปรากฏในคำอธิบายคลาส
CS-BS-04	ปรากฏโอเปอเรชันที่แผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นหน้าที่รับผิดชอบในคำอธิบายคลาส
CS-BS-05	ปรากฏหน้าที่รับผิดชอบในคำอธิบายคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นโอเปอเรชันที่แผนภาพคลาส
CS-BS-06	ปรากฏลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในคำอธิบายคลาส
CS-BS-07	ปรากฏลักษณะประจำคลาสในคำอธิบายคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นลักษณะประจำคลาสในแผนภาพคลาส

ตัวอย่างเช่น ในแผนภาพคลาสปรากฏโอเปอเรชัน show item ในคลาสของ Loan items หากในคำอธิบายคลาสของคลาส Loan items ในส่วนประกอบย่อยหน้าที่รับผิดชอบ ไม่ปรากฏโอเปอเรชันที่ชื่อว่า show item จะเกิดข้อผิดพลาดประเภท CP-BS-04 ปรากฏโอเปอเรชันที่แผนภาพคลาสแต่ไม่ปรากฏเป็นหน้าที่รับผิดชอบในคำอธิบายคลาส เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส

กฎของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส จะสร้างมาจากส่วนประกอบย่อยของแผนภาพยูสเคสและส่วนประกอบย่อยของแผนภาพคลาส ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคสกับส่วนประกอบย่อยแผนภาพคลาส และรายการข้อผิดพลาดในการทวนสอบการตามรอย

จากรูปที่ 3.13 จะมีรายละเอียดของรายการข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 รายละเอียดรายการข้อผิดพลาดของคุณลักษณะความต้องกันของความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส

รหัส	รายละเอียดข้อผิดพลาด
CS-FS-01	ปรากฏแอคเตอร์ที่แผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส

ตัวอย่างเช่น ในแผนภาพยูสเคสปรากฏแอคเตอร์ที่มีชื่อว่า Librarian หากภายในแผนภาพคลาสไม่ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Librarian จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดประเภท CS-FS-01 ปรากฏแอคเตอร์ที่แผนภาพยูสเคสแต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส เป็นต้น

### 3.2 การสกัดคำและหน้าที่ของคำจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ

ในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสกัดคำและหน้าที่ของคำจากประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้าง รวมถึงสกัดคำและหน้าที่ของคำจากส่วนประกอบย่อยแผนภาพยูสเคส คำอธิบายยูสเคส แผนภาพคลาส และคำอธิบายคลาส เพื่อนำมาทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความ ต้องการ โดยแบ่งวิธีการสกัดตามประเภทความต้องการดังต่อไปนี้

#### 1) ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ

ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติผู้ใช้นำเข้าข้อมูลในรูปแบบสายอักขระที่อยู่ในไฟล์เอกสาร โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ไฟล์อักขระของประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันที่อธิบายถึงฟังก์ชันงานของระบบ และไฟล์อักขระของประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างที่อธิบายถึงโครงสร้างและข้อมูลภายในระบบ ซึ่งขั้นตอนของการสกัดคำและหน้าที่ของคำมีขั้นตอนโดยละเอียดดังต่อไปนี้

##### - ขั้นตอนในการเตรียมประโยคภาษาธรรมชาติ

ผู้ใช้นำเข้าข้อมูลประโยคภาษาธรรมชาติเป็นสายอักขระติดต่อกัน ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนในการสกัดสายอักขระให้อยู่ในรูปแบบของประโยค และเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสกัดคำและหน้าที่ของคำในประโยคต่อไป

##### - ขั้นตอนในการสกัดคำและหน้าที่ของคำ

ขั้นตอนนี้เป็นการสกัดคำและหน้าที่ของคำในประโยคภาษาธรรมชาติที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า สแตนฟอร์ดพาซเซอร์ [11] เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง "A customer has 2 types as follow: a VIP customer and a normal customer" เมื่อวิเคราะห์ด้วยสแตนฟอร์ดพาซเซอร์แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังนี้ [A/DT customer/NN has/VBZ 2/CD types/NNS as/IN follow/NNP :/: a/DT VIP/NNP customer/NN and/CC a/DT normal/JJ customer/NN] จากผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นหน้าที่ของคำที่อยู่ในประโยค เช่น Customer ทำหน้าที่เป็นคำนามในประโยค หรือ and ทำหน้าที่เป็นคำเชื่อมในประโยค เป็นต้น หลังจากนั้นจะเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในประโยคต่อไป

##### - ขั้นตอนในการสกัดความสัมพันธ์ของคำในประโยค

หลังจากที่ได้หน้าที่ของคำในประโยคแล้ว ขั้นตอนที่ต่อไปจะทำการสกัดความสัมพันธ์ของคำในประโยค ซึ่งมีผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.14

```

(ROOT
  (NP
    (NP
      (NP (DT A) (NN customer))
      (VP (VBZ has)
        (NP
          (NP (CD 2) (NNS types))
          (PP (IN as)
            (NP (NNP follow))))))
      (: :)
      (NP
        (NP (DT a) (NNP VIP) (NN customer))
        (CC and)
        (NP (DT a) (JJ normal) (NN customer))))))

```

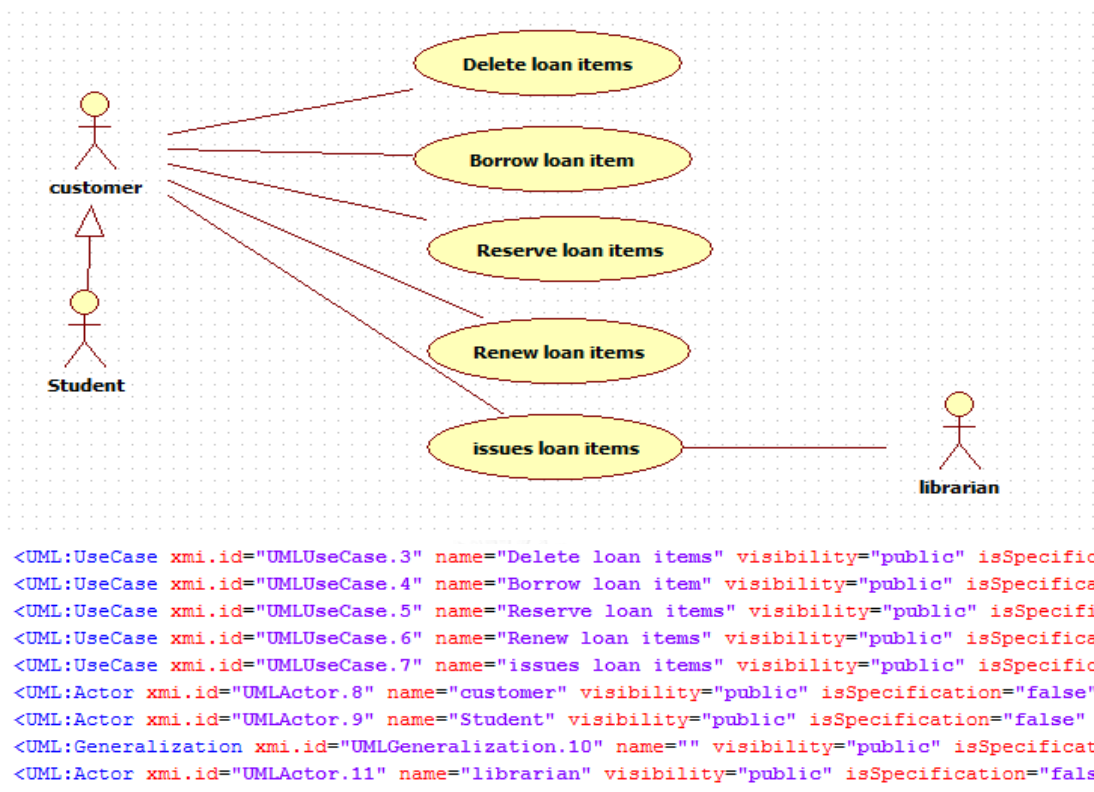
รูปที่ 3.14 คำและความสัมพันธ์ในประโยค

จากรูปที่ 3.14 จะสามารถสกัดได้ความสัมพันธ์ของคำในประโยค เช่น Customer ทำหน้าที่เป็นคำนามในประโยค และมีความสัมพันธ์เป็นประธานในประโยค เป็นต้น

เมื่อได้คำและหน้าที่ของคำจากแผนภาพต้นไม้ดังกล่าว นำมาสร้างความสัมพันธ์กับส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง ซึ่งในกรณีตัวอย่างเป็นประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง และแผนภาพคลาสจะสามารถบอกได้ว่าคำนามในประโยคจะถูกสร้างเป็นคลาสในแผนภาพคลาส จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า customer, VIP customer และ normal customer จะถูกสร้างเป็นคลาสในแผนภาพคลาส เป็นต้น

## 2) ความต้องการในรูปแบบแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลอง

ความต้องการในรูปแบบแบบจำลองผู้ใช้จะทำการนำเข้าข้อมูลเป็นไฟล์เอ็กเซล โดยใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า สตาร์ยูเอ็มแอล [12] ในการสร้างแบบจำลอง และนำข้อมูลออกในรูปแบบเอ็กเซล ซึ่งตัวอย่างของไฟล์เอ็กเซลที่ผ่านการสร้างจากสตาร์ยูเอ็มแอล จะมีตัวอย่างดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ไฟล์เอ็กซ์เอ็มแอลที่ได้จากเครื่องมือสตาร์ยูเอ็มแอล

จากรูปที่ 3.15 จะสามารถสกัดค่าและหน้าที่ของคำได้ โดยคำจะได้จากลักษณะประจำที่ชื่อว่า name และหน้าที่ของคำนั้นจะสกัดได้จาก UML: เช่น UML: Actor จะมีหน้าที่เป็นแอกเตอร์ในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

ความต้องการในรูปแบบคำอธิบายผู้ใช้จะนำเข้าสู่ข้อมูลผ่านส่วนต่อประสานที่ได้กำหนด ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายทั้งยูสเคสและคำอธิบายคลาสไว้แล้ว ซึ่งระบบจะสกัดคำจากข้อมูลที่ผู้ใช้นำเข้าและหน้าที่ของคำตามส่วนประกอบย่อยที่กำหนดไว้เก็บลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการทวนสอบต่อไป

### 3.3 การทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการซอฟต์แวร์

ในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการที่สนใจโดยใช้กฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองดังที่กล่าวไว้ในขั้นที่ 3.1 โดยจะนำมาทวนสอบกับคำและหน้าที่ของคำในส่วนประกอบย่อยที่สกัดได้จากประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง ซึ่งส่วนวิธีการสกัดให้ได้คำและหน้าที่ของคำได้กล่าวไว้ในรายละเอียดที่ 3.2 โดยวิธีการทวนสอบจะแบ่งตามคุณลักษณะที่สนใจและมีรายละเอียดและวิธีการทวนสอบดังต่อไปนี้



### 1) วิธีการทดสอบความไม่กำกวม

การทดสอบความไม่กำกวมจะทดสอบกับประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง คำอธิบายยูสเคสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียด และคำอธิบายคลาสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียด ระบบจะทำการดึงข้อมูลดังกล่าวมาค้นหาคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ โดยคำกำกวมที่ใช้ในการทดสอบและที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 300 คำ หลังจากการทดสอบนั้นระบบจะทำการระบุข้อผิดพลาดในหัวข้อของความไม่กำกวมและแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าเป็นประโยคดังกล่าวปรากฏคำกำกวมคำใด ยกตัวอย่างผลลัพธ์เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติ “Customer can check out many items in store.” เครื่องมือจะระบุข้อผิดพลาดได้ดังนี้ ในประโยค “Customer can check out many items in store.” ปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า many เป็นต้น

### 2) วิธีการทดสอบการตามรอย

การทดสอบการตามรอยจะทดสอบกับคำและหน้าที่ของคำตามความสัมพันธ์ทั้งหมด 4 ความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส และความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส โดยระบบจะทำการดึงคำและหน้าที่ของคำในฐานข้อมูลมาเปรียบเทียบตามความสัมพันธ์ที่กล่าวในข้างต้น และเมื่อทำการทดสอบแล้วพบวัตถุที่หายไป เพิ่มเติมขึ้นมา หรือไม่สามารถตามรอยได้ ระบบจะทำการระบุข้อผิดพลาดรวมถึงวัตถุดังกล่าวว่าปรากฏที่ไหน หรือขาดหายไปในส่วนใด ยกตัวอย่างผลลัพธ์เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างปรากฏคลาสชื่อ loan items แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส เป็นต้น

### 3) วิธีการทวนสอบความต้องกัน

การทวนสอบความต้องกันจะทวนสอบกับความสัมพันธ์ภายในของคำและหน้าที่ของคำตามความสัมพันธ์ทั้งหมด 5 ความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส และความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส โดยระบบจะทำการดึงความสัมพันธ์ของคำและหน้าที่ของคำ รวมถึงคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุในฐานข้อมูลมาเปรียบเทียบตามความสัมพันธ์ที่กล่าวไว้ในข้างต้น และเมื่อทำการทวนสอบแล้วพบความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือคุณลักษณะใดที่หายไป หรือไม่มีความต้องกัน ระบบจะทำการระบุข้อผิดพลาดว่าความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดังกล่าวหายไปหรือไม่ต้องกันในส่วนใด ยกตัวอย่างผลลัพธ์เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่าง librarian และยูสเคส search items แต่ไม่ปรากฏในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น

## บทที่ 4

### การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดวิธีการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยใช้กฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ ซึ่งกฎจะสามารถทวนสอบกับความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลองตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่ออธิบายรายละเอียดรวมถึงวิธีการนำกฎไปประยุกต์ใช้ จึงขอเสนอตัวอย่างทดสอบมาใช้ประกอบการอธิบายการทวนสอบในบางส่วน ซึ่งตัวอย่างทดสอบที่นำมาใช้มีทั้งหมด 2 ระบบคือระบบห้องสมุด (Library System ใช้คำย่อว่า LB) และระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต (CD selections Internet Sales System) โดยในแต่ละระบบมีรายละเอียดในการประยุกต์ใช้กฎดังต่อไปนี้

#### 4.1 ข้อมูลในการทวนสอบของระบบห้องสมุด

ระบบห้องสมุดของห้องสมุดแห่งหนึ่งมีจุดประสงค์ของการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้เพื่อลดภาระหน้าที่ของบรรณารักษ์และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ยืมหนังสือ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการสร้างประเด็นในการทวนสอบจากการแก้ไขแบบจำลองและคำอธิบายที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นวิธีการประยุกต์ใช้กฎได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

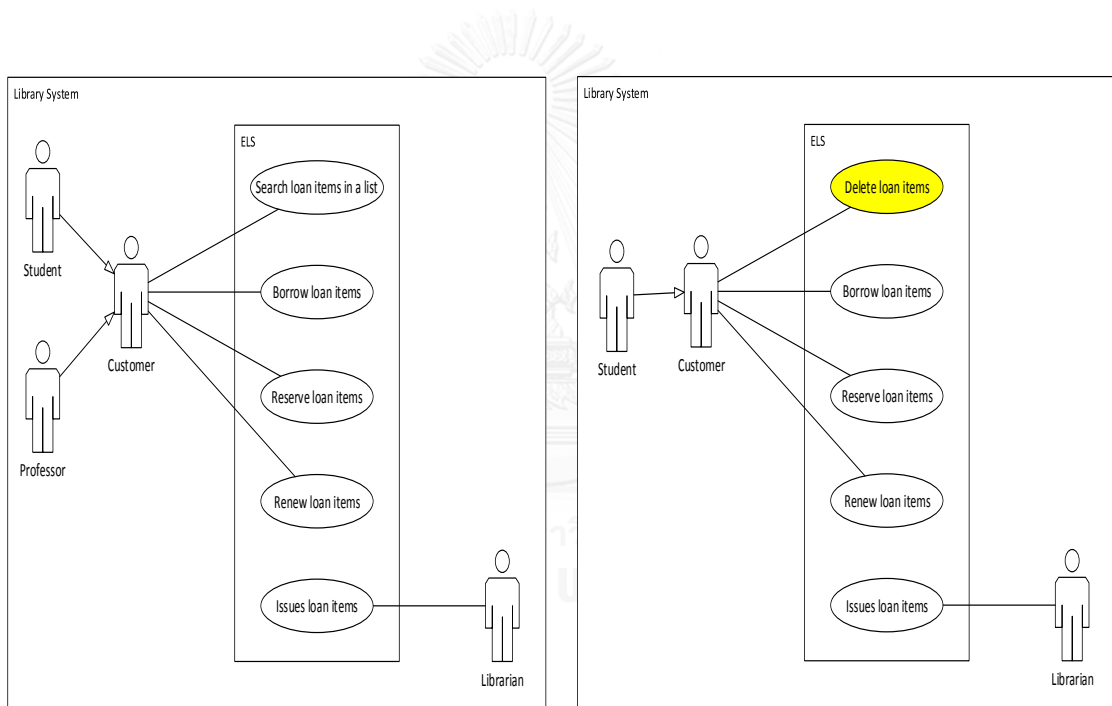
##### 1) ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันของระบบห้องสมุด

Customer should be able to borrow loan items. Customer should be able to reserve loan items. Customer should be able to renew loan items. Librarian can issue loan item. Customer can search loan items in a list. Customer can be grouped into student and professor.

จากตัวอย่างจะนำประโยคภาษาธรรมชาติดังกล่าวมาสกัดให้ได้คำและหน้าที่ของคำเพื่อนำมาใช้ทวนสอบกับแผนภาพยูสเคส โดยสีเขียวแสดงให้เห็นถึงคำที่จะถูกออกแบบเป็นแอคเตอร์ และสีแดงคือคำที่จะถูกออกแบบเป็นยูสเคส

## 2) แผนภาพยูสเคสของระบบห้องสมุด

แผนภาพยูสเคสจะได้อาจการนำคำและหน้าที่ของคำจากประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน มาวิเคราะห์และออกแบบ โดยผู้วิจัยได้สร้างประเด็นในการทวนสอบเปรียบเทียบเพื่อให้เห็น ข้อผิดพลาดจากการออกแบบ และเมื่อนำกฎมาใช้กฎจะต้องสามารถทวนสอบข้อผิดพลาดดังกล่าวได้ โดยแบบจำลองทางซ้ายของภาพคือ แบบจำลองที่ออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญและแบบจำลองทางขวา ของภาพคือ แบบจำลองที่ถูกแก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ ในกรณีนี้ได้ทำการลบยูสเคสที่มี ชื่อว่า Search loan items in a list และแอดเดอ์ที่มีชื่อว่า Professor จากนั้นเพิ่มยูสเคสใหม่ที่มีชื่อ ว่า Delete loan items



แบบจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญ (ก)

แบบจำลองที่แก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ (ข)

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบแผนภาพยูสเคส (ก) ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ และแผนภาพยูสเคส (ข) ที่แก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ

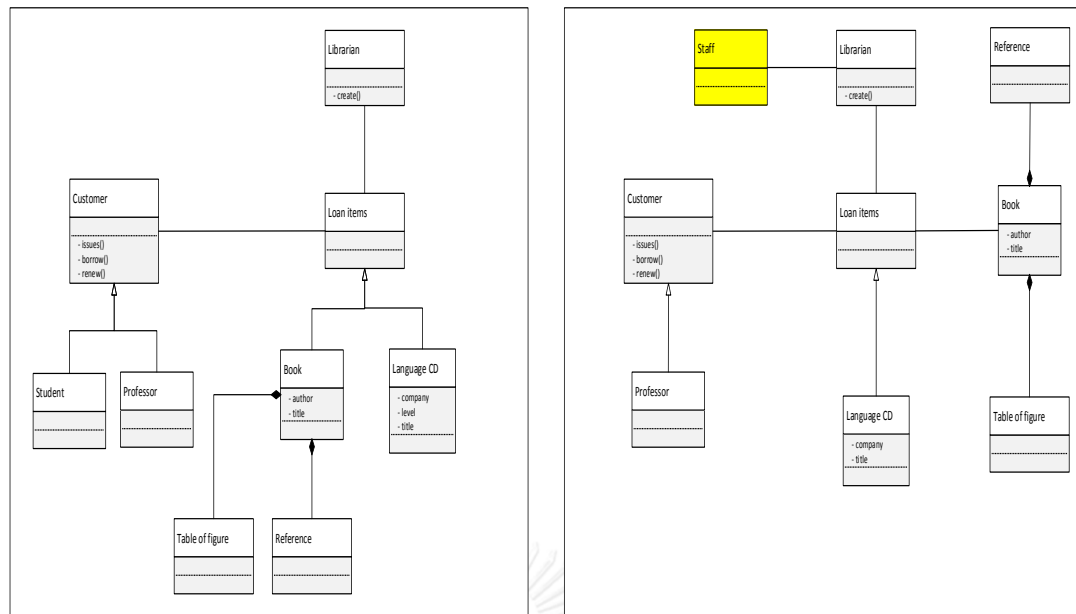
### 3) ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างของระบบห้องสมุด

Customer can issue loan items. Customer can be grouped into student and professor. Librarian can create loan items. Loan items can be divided into language CD and book. Book has author and title. Language CD has title, company and level. Customer can borrow loan items. Customer can renew loan items. Reference is included in a book. Table of figure is included in a book.

จากตัวอย่างจะนำประโยคภาษาธรรมชาติดังกล่าวมาสกัดให้ได้คำและหน้าที่ของคำเพื่อนำมาใช้ทวนสอบกับแผนภาพคลาส โดยสีเขียวแสดงให้เห็นถึงคำที่จะถูกออกแบบเป็นคลาส สีม่วงแสดงให้เห็นคำที่ถูกออกแบบเป็นลักษณะประจำคลาส และสีแดงจะถูกออกแบบเป็นโอเปอเรชันของคลาส

### 4) แผนภาพคลาสของระบบห้องสมุด

แผนภาพคลาสจะได้อาจการนำคำและหน้าที่ของคำจากประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างมาวิเคราะห์และออกแบบ โดยผู้วิจัยได้สร้างประเด็นการทวนสอบเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นข้อผิดพลาดจากการออกแบบ และเมื่อนำกฎมาใช้กฎจะต้องสามารถทวนสอบข้อผิดพลาดดังกล่าวได้แบบจำลองทางซ้ายของภาพคือ แบบจำลองที่ออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบจำลองทางขวาของภาพคือ แบบจำลองที่ถูกแก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ ในกรณีนี้ได้ทำการลบคลาสที่มีชื่อว่า Student และเพิ่มคลาสใหม่ที่มีชื่อว่า Staff ให้มีความสัมพันธ์กับคลาส Librarian ในส่วนของความสัมพันธ์ทำการแก้ไขความสัมพันธ์ระหว่างคลาส Book และ Loan items จากความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันเป็นความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันนอกจากนี้ทำการลบลักษณะประจำคลาสของคลาส Language CD ที่มีชื่อว่า Level



แบบจำลองที่ออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (ก)

แบบจำลองที่แก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ (ข)

รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบแผนภาพคลาส (ก) ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ และแผนภาพคลาส (ข) ที่แก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบ

#### 5) คำอธิบายยูสเคสของระบบห้องสมุด

คำอธิบายยูสเคสถูกสร้างมาเพื่ออธิบายรายละเอียดในแต่ละยูสเคส โดยความสัมพันธ์ของคำอธิบายยูสเคสและยูสเคสต้องมีความสัมพันธ์ในรูปแบบ 1 ต่อ 1 เท่านั้น โดยข้อมูลคำอธิบายยูสเคสของระบบห้องสมุดจะถูกออกแบบตามแผนภาพยูสเคสในรูปที่ 4.1 แผนภาพยูสเคส (ก) เป็นหลัก ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Search loan items in a list

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส (Name)	Search loan item in a list
แอกเตอร์ (Actor)	Customer
รายละเอียดยูสเคส (Description)	Customer can search loan item in a search list. The system will show information about loan item such as title.
ความสัมพันธ์ (Relation)	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์ (Normal flow of event)	1. User logins. 2. User selects menu search loan items. 3. User enter keyword.
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์ (Sub flow of event)	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์ (Alternative flow of event)	2(a) If loan items < 1 the system will alert “Loan items = 0” in alert box.

ตารางที่ 4.2 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Borrow loan items

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Borrow loan items
แอกเตอร์	Customer
รายละเอียดยูสเคส	Customer can borrow loan items such as book and CD in a loan items list. The system will record loan items that are dropped in a shopping cart and prepared for check out by customer.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User logins.</li> <li>2. User selects menu borrow loan items and enter keyword.</li> <li>3. User selects loan items in a loan items list by checking a checkbox.</li> <li>4. User clicks submit button.</li> <li>5. User confirms loan items by clicking confirm in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	4(a) If loan items list in cart < 1 the system will alert "Please select loan items before submit" in an alert box.



ตารางที่ 4.3 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Reserve loan items

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Reserve loan items
แอกเตอร์	Customer
รายละเอียดยูสเคส	If loan items are out of shelf, a customer can reserve loan items. This request will record in a reservation queue. When loan items returned to the library, the system will send an e-mail to alert a customer.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User logins.</li> <li>2. User selects menu borrow loan items and enter keyword.</li> <li>3. User selects loan items that out of shelf in loan items list by checking in a checkbox.</li> <li>4. User clicks reserve button.</li> <li>5. User confirms to reserve loan items by clicking confirm button in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	-

ตารางที่ 4.4 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส Renew loan items

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Renew loan items
แอกเตอร์	Customer
รายละเอียดยูสเคส	Customer can renew loan items when it is nearly to the returned date of loan items.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User logs in.</li> <li>2. User selects menu search loan items and enter keyword.</li> <li>3. User selects loan items form a loan items list.</li> <li>4. User selects renew button.</li> <li>5. User confirms to renew loan items by clicking confirm button in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	3(a) If the remaining day is greater than or equal to 10, the system will alert “You cannot renew since the remaining borrowing day is less than 10 days”.

ตารางที่ 4.5 คำอธิบายยูสเคสของยูสเคส issues loan items

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Issues loan items
แอกเตอร์	Librarian
รายละเอียดยูสเคส	Librarian can issue loan items when customer sends a request for borrowing renewed or reserved loan items.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User logins.</li> <li>2. User selects menu issues loan items.</li> <li>3. User selects request in a request list. The system will show description of request.</li> <li>4. User confirms to issues loan items.</li> <li>5. User confirms request in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>4(a) User select denied loan items.</li> <li>4(b) User confirms request in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>4(a) If a user does not approve this request. The system will send an e-mail to a customer.</li> </ol>

## 6) คำอธิบายคลาสของระบบห้องสมุด

คำอธิบายคลาสถูกสร้างมาเพื่ออธิบายรายละเอียดในแต่ละคลาส โดยความสัมพันธ์ของคำอธิบายคลาส และคลาสต้องมีความสัมพันธ์ในรูปแบบ 1 ต่อ 1 เท่านั้น โดยข้อมูลคำอธิบายคลาสของระบบห้องสมุดจะถูกออกแบบตามแผนภาพคลาสในรูปที่ 4.2 แผนภาพคลาส (ก) เป็นหลัก ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 คำอธิบายคลาสของคลาส Customer

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า (Front)	ชื่อคลาส (Class name)	Customer
	คำอธิบาย (Description)	Customer interacts with loan items and send request to librarian.
	หน้าที่คลาส (Responsibilities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Borrow loan items</li> <li>- Issues loan items</li> <li>- Renew loan items</li> </ul>
ด้านหลัง (Back)	ลักษณะประจำคลาส (Attribute)	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส (Relation)	- Association with loan items

ตารางที่ 4.7 คำอธิบายคลาสของคลาส Student

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Student
	คำอธิบาย	Student is a kind of customer.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with customer

ตารางที่ 4.8 คำอธิบายคลาสของคลาส Professor

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Professor
	คำอธิบาย	Professor is a kind of customer.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with customer

ตารางที่ 4.9 คำอธิบายคลาสของคลาส Librarian

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Librarian
	คำอธิบาย	Librarian can approve any request from a customer.
	หน้าที่คลาส	- Create loan items
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with loan items

ตารางที่ 4.10 คำอธิบายคลาสของคลาส Loan items

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Loan items
	คำอธิบาย	Loan items is an item that a customer can borrow or renew.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with customer - Association with librarian

ตารางที่ 4.11 คำอธิบายคลาสของคลาส Book

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Book
	คำอธิบาย	Book is a kind of loan items.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	- Author - Title
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with loan items

ตารางที่ 4.12 คำอธิบายคลาสของคลาส Language CD

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Language CD
	คำอธิบาย	Language CD is a kind of loan items.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	- Title - Company - Level
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with loan items

ตารางที่ 4.13 คำอธิบายคลาสของคลาส Table of figure

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Table of figure
	คำอธิบาย	Table of figure describes information about picture in book.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	คุณลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Composition with book

ตารางที่ 4.14 คำอธิบายคลาสของคลาส Reference

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Reference
	คำอธิบาย	Reference is a component of a book that refers to source of information.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Composition with book

เพื่อให้เห็นประเด็นในการทวนสอบของความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองเชิงฟังก์ชันและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองเชิงโครงสร้างผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขคำอธิบายยુสเคสของยુสเคส Borrow loan items โดยการเพิ่มคำว่า many ที่เป็นคำกำกวมลงในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดและทำการลบแอคเตอร์ที่ชื่อว่า Customer ในส่วนประกอบย่อยแอคเตอร์ ส่วนคำอธิบายคลาสของคลาสนั้นผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขคำอธิบายคลาสของคลาส Language CD โดยการลบลักษณะประจำคลาส ที่มีชื่อว่า Level ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของการแก้ไขเพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบของทั้ง 2 คำอธิบายดังตารางที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 คำอธิบายยุสเคสของยุสเคส Borrow loan items ที่ผู้วิจัยได้แก้ไขและมีข้อผิดพลาดอยู่

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยุสเคส	Borrow loan items
แอคเตอร์	-
รายละเอียดยุสเคส	Customer can borrow <b>many</b> loan items such as book and CD in a loan items list. The system will record loan items that are dropped in a shopping cart and prepared for check out by customer.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User logins.</li> <li>2. User selects menu borrow loan items and enter keyword.</li> <li>3. User selects loan items in a loan items list by checking a checkbox.</li> <li>4. User clicks submit button.</li> <li>5. User confirms loan items by clicking confirm in an alert box.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	4(a) If loan items list in cart < 1 the system will alert "Please select loan items before submit" in an alert box.

ตารางที่ 4.16 คำอธิบายคลาสของคลาส Language CD ที่ผู้วิจัยได้แก้ไขและมีข้อผิดพลาดอยู่

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Language CD
	คำอธิบาย	Language CD is type of loan items.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	- Title - Company
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with loan items

จากนั้นนำแบบจำลองและคำอธิบายแบบจำลองที่ถูกแก้ไขเพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบมาทดสอบกับกฎที่สร้างขึ้น โดยการทวนสอบแบ่งตามคุณลักษณะได้แก่ คุณลักษณะความไม่กำกวม คุณลักษณะความต้องกัน และคุณลักษณะการตามรอย ซึ่งสามารถสรุปการทวนสอบได้ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความไม่กำกวม	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน	-
	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง	-
	คำอธิบายยูสเคสในส่วนประกอบย่อย Description	U-FM-03 : ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดในคำอธิบายยูสเคส
	คำอธิบายคลาสในส่วนประกอบย่อย Description	-



ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความ ต้องกัน	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิง ฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	<p><b>CS-NF-01</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ ความสัมพันธ์ระหว่าง Customer และ Professor แบบเจเนอรัลไลเซชัน แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพยูสเคส</p> <p><b>CS-NF-04</b> : ในแผนภาพยูสเคสปรากฏ ความสัมพันธ์ของแอกเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer กับยูสเคสที่มีชื่อว่า Delete loan items แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวใน ประโยคภาษาธรรมชาติ</p> <p><b>CS-NF-03</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ ความสัมพันธ์ระหว่างแอกเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer และยูสเคส Search loan items in a list แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวใน แผนภาพยูสเคส</p>
	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิง โครงสร้างกับแผนภาพคลาส	<p><b>CS-NS-03</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาส ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Staff และ Librarian แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในประโยค ภาษาธรรมชาติ</p> <p><b>CS-NS-01</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ คลาสความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน ระหว่างคลาส Student และคลาส Customer แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพ คลาส</p> <p><b>CS-NS-06</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ ลักษณะประจำคลาส Language CD ชื่อว่า level แต่ไม่ปรากฏลักษณะประจำคลาส ดังกล่าวในแผนภาพคลาส</p>

ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความ ต้องกัน	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิง โครงสร้างกับแผนภาพคลาส	<b>CS-NS-01</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันระหว่าง คลาส Book กับคลาส Loan items แต่ไม่ ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพคลาส <b>CS-NS-03</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏ ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Book กับคลาส loan items แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในประโยค ภาษาธรรมชาติ
	แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบาย ยูสเคส	<b>CS-BF-02</b> : ในแผนภาพยูสเคสปรากฏ ความสัมพันธ์ระหว่างแอกเตอร์ Customer กับ ยูสเคส Borrow loan items แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในคำอธิบายยูสเคสของ Borrow loan items
	แผนภาพคลาสกับคำอธิบาย คลาส	<b>CP-BS-01</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏ ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Staff กับคลาส Librarian แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในคำอธิบายคลาส <b>CP-BS-06</b> : ในแผนภาพคลาสของคลาส Language CD ปรากฏลักษณะประจำคลาสที่ ชื่อว่า Level แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายคลาส ของคลาส Language CD <b>CP-BS-01</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏ ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Book กับคลาส Loan items แต่ในคำอธิบาย ปรากฏความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน

ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความ ต้องกัน	แผนภาพคลาสกับคำอธิบาย คลาส	<b>CP-BS-02</b> : ในคำอธิบายคลาสปรากฏ ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส Student กับคลาส Customer แบบเจเนอรัลไลเซชัน แต่ไม่ปรากฏ ความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพคลาส
	แผนภาพยูสเคสกับแผนภาพ คลาส	<b>CP-FS-01</b> : ในแผนภาพยูสเคสปรากฏแอค เตอร์ที่มีชื่อว่า Student แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาส ในแผนภาพคลาส
การตามรอย	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิง ฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	<b>CP-NF-03</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ คำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมคือ Search loan items in a list แต่ไม่ปรากฏเป็นยูสเคส ในแผนภาพยูสเคส  <b>CP-NF-04</b> : ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคส Delete loan items แต่ไม่ปรากฏเป็นคำกริยา ที่มีผลกับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติ  <b>CP-NF-01</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ คำนามคำว่า Professor แต่ไม่ปรากฏเป็นแอค เตอร์ในแผนภาพยูสเคส
	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิง โครงสร้างกับแผนภาพคลาส	<b>CP-NS-01</b> : ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏ คำนามที่มีชื่อว่า Student แต่ไม่ปรากฏเป็น คลาสในแผนภาพคลาส  <b>CP-NS-02</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสที่มี ชื่อว่า Staff แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยค ภาษาธรรมชาติ

ตารางที่ 4.17 ผลสรุปหลังใช้กฎที่ใช้ในการทวนสอบข้อมูลนำเข้าที่มีประเด็นในการทวนสอบ (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
การตามรอย	แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	<p><b>CP-BF-01</b> : ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Delete loan items แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p> <p><b>CP-BF-02</b> : ในคำอธิบายยูสเคสปรากฏคำอธิบายของ Search loan items แต่ไม่ปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส</p>
	แผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	<p><b>CP-BS-01</b> : ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Staff แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p> <p><b>CP-BS-02</b> : ในคำอธิบายคลาสปรากฏคำอธิบายของคลาส Student แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส</p>

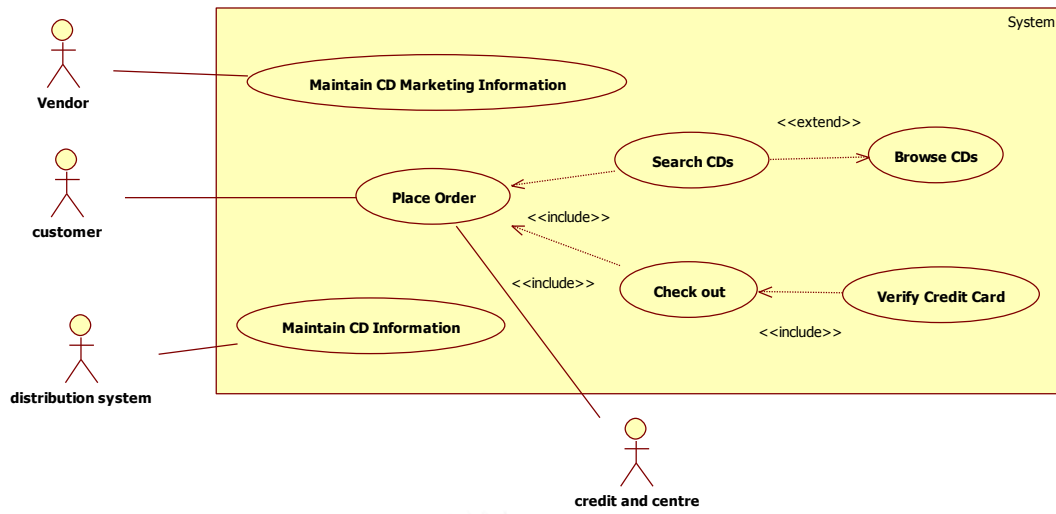
#### 4.2 ข้อมูลในการทวนสอบของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต

กรณีทดสอบที่ 2 จะทำการทดสอบจากตัวอย่างของเอกสารความต้องการ ซึ่งประโยคภาษาธรรมชาติบางส่วนจะไม่เป็นไปตามโครงสร้างของประโยคภาษาธรรมชาติที่งานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ โดยระบบที่จะนำมาทวนสอบได้ประยุกต์ระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต (CD Selections Internet Sales System) โดยกรณีทดสอบดังกล่าวนำมาจากหนังสือ System Analysis and Design with UML [5] เป็นระบบที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกของลูกค้าสำหรับการสั่งซื้อแผ่นซีดีและค้นหาข้อมูลแผ่นซีดี ในส่วนของการใช้งานของผู้ขายจะช่วยในการจัดการข้อมูลของแผ่นซีดีประกอบไปด้วยการเพิ่ม การลบ และการปรับปรุงข้อมูลแผ่นซีดี ซึ่งในระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยหลายฟังก์ชัน แต่งานวิจัยนี้จะนำฟังก์ชันทั้งหมด 3 ฟังก์ชันมาใช้ในการทวนสอบและทดสอบเครื่องมือ ได้แก่ ฟังก์ชันการบำรุงข้อมูลซีดี (Maintain CD Information) ฟังก์ชันการบำรุงข้อมูลการตลาดของซีดี (Maintain CD Marketing Information) และฟังก์ชันการสั่งซื้อ (Place Order) โดยข้อมูลประโยคภาษาธรรมชาติของระบบแสดงดังรูปที่ 4.3 จากนั้นจะนำประโยคภาษาธรรมชาติที่ได้มาออกแบบเป็นแผนภาพยูสเคส และแผนภาพคลาสดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 ตามลำดับ

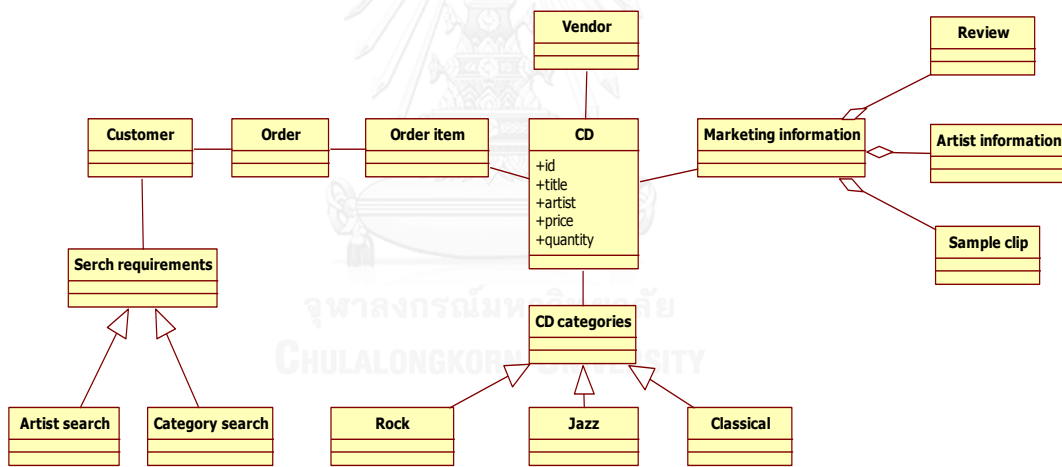
Distribution system can maintain CD information. The internet sales system will need a database of basic information about the CDs that it can sell over the internet, similar to the CD database at each of the retail stores such as title, artist, ID number, price, quantity in inventory. Everyday, the internet sales system will receive an update from the distribution system that will be used to update this CD database. Some new CDs will be added, some will be deleted, and others will be revised. The electronic marketing manager will also have the ability to update information.

Vendor can maintain CD marketing information. The Internet sales system provides an additional opportunity to market CDs to current and new customers. The system will provide a database of marketing materials about selected CDs that will help Web users learn more about them such as music reviews, links to Web sites, artist information, and sample sound clips. When information about a CD that has additional marketing information is displayed, a link will be provided to the additional information. Marketing materials will be supplied primarily by vendors and record labels so that we can better promote their CDs. The EM manager of the marketing department will determine what marketing materials will be placed in the system and will be responsible for adding, changing, and deleting the materials.

Customer can place order. Customers will access the Internet sales system to look for CDs of interest. Some customers will search for specific CDs or CDs by specific artists, whereas other customers will want to browse for interesting CDs in certain categories following rock, jazz and classical. When the customer has found all the CDs he or she wants, the customer will "check out" by providing personal information and information regarding the order. The system will verify the customer's credit card information with an online credit card centre and either accept the order or reject it.



รูปที่ 4.4 แผนภาพยูสเคสของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต

ทั้งนี้ระบบขายผ่านซีดีบนอินเทอร์เน็ตนี้ต้องมีข้อมูลของคำอธิบายยูสเคส Maintain CD Information คำอธิบายยูสเคส Maintain CD Marketing Information และคำอธิบายยูสเคส Place Order ปรากฏดังตารางที่ 4.18 ตารางที่ 4.19 และตารางที่ 4.20 ตามลำดับ ตารางที่ 4.18 คำอธิบายยูสเคส Maintain CD Information

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Maintain CD Information
แอกเตอร์	Distribution system
รายละเอียดยูสเคส	This adds, deletes and modifies the basic information about CDs we have available for sales (e.g. album, name, artist, price, quantity).
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The user executes the login use case.</li> <li>2. The user chooses menu name “maintain CD information”</li> <li>3. The system provides the user with a list of CD.</li> <li>4. The user chooses one of the CDs or enters keyword of CD to maintain information.</li> <li>5. The user inserts/updates/deletes information of CDs.</li> <li>6. The user confirms this action by clicking submit button.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	-

ตารางที่ 4.19 คำอธิบายยูสเคส Maintain CD Marketing Information

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Maintain CD Marketing Information
แอกเตอร์	Vendor
รายละเอียดยูสเคส	This add, deletes, and modifies the additional marketing material.
ความสัมพันธ์	-
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The vendor executes the login use case.</li> <li>2. The vendor chooses menu name “maintain CD marketing information”</li> <li>3. The system provides the user with a list of marketing materials.</li> <li>4. The vendor chooses one of the marketing materials or enters keyword to maintain information.</li> <li>5. The vendor inserts/updates/deletes information of marketing materials.</li> <li>6. The vendor confirms this action by clicking submit button.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	-



ตารางที่ 4.20 คำอธิบายยูสเคส Place order

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส	Place Order
แอกเตอร์	Customer
รายละเอียดยูสเคส	This supports the customer searching and browsing the website, and creating and placing order through the website.
ความสัมพันธ์	Include Search CDs Include Check out
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Customer executes the search/browse CD use case.</li> <li>2. The system provides the customer a list of recommended CDs.</li> <li>3. The customer chooses one of the CDs to find out additional information.</li> <li>4. The system provides the customer with basic information and review on the CD.</li> <li>5. The customer iterate over 3 through 4 until done shopping.</li> <li>6. The customer executes the checkout use case.</li> <li>7. Customer leaves the website.</li> </ol>
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์	-
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์	<p>3a-1. The customer submits a new search request to the system.</p> <p>3a-2. The customer iterate over step 2 through 3 until satisfied with search results or gives up.</p> <p>6a. Customer aborts the order.</p>

ในส่วนของคำอธิบายคลาสของระบบขายผ่านซีดีบนอินเทอร์เน็ตมีคำอธิบายคลาสทั้งหมด 16 คำอธิบาย ซึ่งในแต่ละคำอธิบายคลาสมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 คำอธิบายคลาสของคลาส Customer

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Customer
	คำอธิบาย	An individual that may or has purchased merchandise from the CD selection internet sales system.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with Order - Association with Search requirement

ตารางที่ 4.22 คำอธิบายคลาสของคลาส Order

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Order
	คำอธิบาย	An order that has been placed by a customer which included the individual items purchased by the customer.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with Order item - Association with Customer

ตารางที่ 4.23 คำอธิบายคลาสของคลาส Search requirements

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Search requirements
	คำอธิบาย	Search requirements is a function to search CD by category.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with Customer

ตารางที่ 4.24 คำอธิบายคลาสของคลาส Artist search

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Artist search
	คำอธิบาย	Artist search is a kind of search requirements.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with Search requirements

ตารางที่ 4.25 คำอธิบายคลาสของคลาส Category search

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Category search
	คำอธิบาย	Category search is a kind of search requirements.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with Search requirements

ตารางที่ 4.28 คำอธิบายคลาสของคลาส Order item

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Order item
	คำอธิบาย	Order item is a list of item that a customer selects for purchasing.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with Order - Association with CD

ตารางที่ 4.29 คำอธิบายคลาสของคลาส Vendor

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Vendor
	คำอธิบาย	Vendor can provide CD information.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	-
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with CD

ตารางที่ 4.30 คำอธิบายคลาสของคลาส CD

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	CD
	คำอธิบาย	CD is an entity captures CD information.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- id</li> <li>- title</li> <li>- artist</li> <li>- price</li> <li>- quantity</li> </ul>
	ความสัมพันธ์ของคลาส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Association with Vendor</li> <li>- Association with Order item</li> <li>- Association with Marketing information</li> <li>- Association with CD categories</li> </ul>

ตารางที่ 4.31 คำอธิบายคลาสของคลาส CD categories

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	CD categories
	คำอธิบาย	CD categories identify all types of CD.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Association with CD</li> </ul>

ตารางที่ 4.32 คำอธิบายคลาสของคลาส Rock

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Rock
	คำอธิบาย	Rock is a kind of CD categories.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with CD categories

ตารางที่ 4.33 คำอธิบายคลาสของคลาส Jazz

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Jazz
	คำอธิบาย	Jazz is a kind of CD categories.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with CD categories

ตารางที่ 4.34 คำอธิบายคลาสของคลาส Classical

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Classical
	คำอธิบาย	Classical is a kind of CD categories.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Generalization with CD categories

ตารางที่ 4.35 คำอธิบายคลาสของคลาส Marketing information

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Marketing information
	คำอธิบาย	Marketing information is provided by vendor in order to add an additional opportunity to market CDs to current and new customers.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Association with CD

ตารางที่ 4.36 คำอธิบายคลาสของคลาส Review

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Review
	คำอธิบาย	Review, the information that customers recommend for a particular CD, is one component of marketing information.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Composition with Marketing information

ตารางที่ 4.37 คำอธิบายคลาสของคลาส Artist information

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Artist information
	คำอธิบาย	The information of CD artist.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Composition with Marketing information

ตารางที่ 4.38 คำอธิบายคลาสของคลาส Sample clip

ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า	ชื่อคลาส	Sample clip
	คำอธิบาย	The example of song that customer can listen before he/she buys the CD.
	หน้าที่คลาส	-
ด้านหลัง	ลักษณะประจำคลาส	
	ความสัมพันธ์ของคลาส	- Composition with Marketing information

จากนั้นนำข้อมูลความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง มาทวนสอบโดยใช้กฎที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยความต้องการ และทวนสอบโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นรายการข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎในการทวนสอบปรากฏดังตารางที่ 4.39 ในส่วนของผลลัพธ์ของเครื่องมือจะแสดงอยู่ในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.2 การทดสอบและการทวนสอบ ตารางที่ 6.2 หน้าที่ 116



ตารางที่ 4.39 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความไม่กำกวม	ประโยคภาษาธรรมชาติ	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏคำกำกวมได้แก่ about, some, additional, more, better และ certain แต่ระบบจะสามารถทวนสอบคำกำกวมได้เฉพาะคำกำกวมที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลคำกำกวมได้แก่ more, better และ all
	คำอธิบายยูสเคสในส่วนประกอบย่อย Description	ในคำอธิบายยูสเคสปรากฏคำกำกวมได้แก่ available, additional และ about แต่ระบบจะสามารถทวนสอบคำกำกวมได้เฉพาะคำกำกวมที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลคำกำกวมคือ available
	คำอธิบายคลาสในส่วนประกอบย่อย Description	ในคำอธิบายคลาสปรากฏคำกำกวมได้แก่ available, additional และ about แต่ระบบจะสามารถทวนสอบคำกำกวมได้เฉพาะคำกำกวมที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลคำกำกวมคือ available
การตามรอย	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	-

ตารางที่ 4.39 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
การตามรอย	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส	<p><b>CP-NS-02</b> : ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Order item แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติ</p> <p><b>CP-NS-02</b> : ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Search requirements แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติ</p>
	แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	<p><b>CP-BF-01</b> : ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Check out แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p> <p><b>CP-BF-01</b> : ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Verify Credit Card แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p> <p><b>CP-BF-01</b> : ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Search CDs แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p> <p><b>CP-BF-01</b> : ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Browse CDs แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส</p>
	แผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	-
ความต้องกัน	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	<p><b>CS-NF-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์เทนด์ระหว่างยูสเคส Check out และยูสเคส Place Order</p> <p><b>CS-NF-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์เทนด์ระหว่างยูสเคส Search CDs และยูสเคส Place Order</p>

ตารางที่ 4.40 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความต้องกัน	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส	<p><b>CS-NF-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนค์ระหว่างยูสเคส Browse CDs และยูสเคส Search CDs</p> <p><b>CS-NF-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนค์ระหว่างยูสเคส Verify Credit Card และยูสเคส Check out</p>
	ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส	<p><b>CS-NS-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Order item กับคลาส CD</p> <p><b>CS-NS-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Order item กับคลาส Order</p> <p><b>CS-NS-03</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Search requirements กับคลาส Customer</p>
	แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	<p><b>CS-BF-01</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนค์ระหว่างยูสเคส Place Order กับยูสเคส Search CDs</p> <p><b>CS-BF-01</b> : ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนค์ระหว่างยูสเคส Place Order กับยูสเคส Check out</p>

ตารางที่ 4.40 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ		ผลลัพธ์
ความต้องการ	แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส	<b>CS-BF-01</b> : ปรากฏความไม่ตรงกัน ระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือ เอ็กซ์เทนส์ระหว่างยูสเคส Search CDs กับยูสเคส Browse CDs  <b>CS-BF-01</b> : ปรากฏความไม่ตรงกัน ระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือ เอ็กซ์เทนส์ระหว่างยูสเคส Check out กับยูสเคส Verify Credit Card
	แผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส	-
	แผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส	-

## บทที่ 5

### การพัฒนาเครื่องมือ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนในการทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการโดยใช้กฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ โดยจะกล่าวถึงโครงสร้างของซอฟต์แวร์และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 5.1 ความต้องการเชิงฟังก์ชัน

เครื่องมือถูกพัฒนาขึ้นตามความต้องการเชิงฟังก์ชัน โดยมีรายละเอียดของความต้องการดังต่อไปนี้

- 1) ระบบจะต้องสามารถสร้างข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการทวนสอบได้ โดยผู้ใช้งานต้องระบุชื่อโครงการในการทวนสอบ
- 2) ระบบจะต้องสามารถให้ผู้ดูแลระบบเพิ่มคำจำกัดความเพื่อใช้ในการทวนสอบได้
- 3) ระบบจะต้องสามารถรับข้อมูลนำเข้าจากส่วนต่อประสานประกอบไปด้วย ไฟล์เอกสารของประโยคภาษาธรรมชาติ ไฟล์เอ็กเซลของแบบจำลอง
- 4) ระบบจะต้องสามารถมีแบบฟอร์มสำหรับนำเข้าคำอธิบายยูสเคสและคำอธิบายคลาส ผ่านส่วนต่อประสาน
- 5) ระบบจะต้องสามารถวิเคราะห์คำและหน้าที่ของคำของประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลองและคำอธิบายได้
- 6) ระบบจะต้องสามารถจัดเก็บคำและหน้าที่ของคำที่วิเคราะห์ได้
- 7) ระบบจะต้องสามารถทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการตามกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ โดยมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย
- 8) ระบบจะต้องสามารถแสดงข้อผิดพลาดให้แก่ผู้ใช้งาน ผ่านส่วนต่อประสานได้
- 9) ระบบจะต้องสามารถจัดเก็บข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทวนสอบของแต่ละโครงการได้

#### 5.2 ความต้องการเชิงคุณภาพ

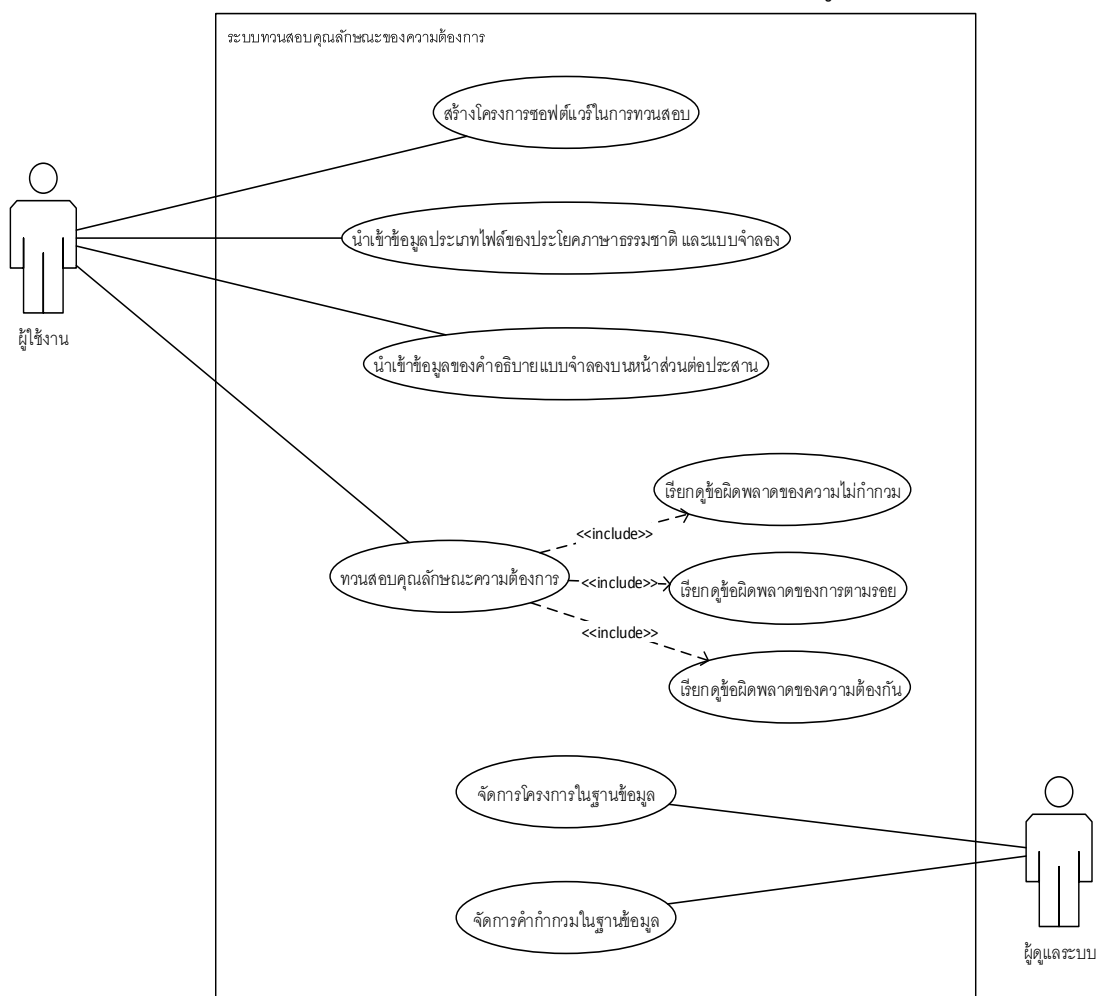
เครื่องมือจะถูกพัฒนาขึ้นตามความต้องการเชิงคุณภาพดังต่อไปนี้

- 1) ระบบจะต้องสามารถให้ผู้ใช้งานเข้าถึงระบบการทวนสอบได้ โดยเข้าถึงไม่เกิน 3 หน้าส่วนต่อประสาน

- 2) ระบบจะต้องสามารถกำหนดสิทธิ์ผู้เข้าใช้สำหรับการแก้ไขโครงการและเพิ่มคำกำกับ

### 5.3 การวิเคราะห์ความต้องการและแผนภาพฟังก์ชันงานของระบบ

จากความต้องการเชิงฟังก์ชันและความต้องการเชิงคุณภาพ เราจะสามารถวิเคราะห์เพื่อ ออกแบบเครื่องมือ ซึ่งหลังจากวิเคราะห์แล้วจะได้แบบจำลองเชิงฟังก์ชันดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภาพเชิงฟังก์ชันของระบบทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการ

จากแผนภาพเชิงฟังก์ชันแสดงให้เห็นงานในการให้บริการของเครื่องมือสนับสนุนที่มีต่อผู้ใช้ในแต่ละประเภท โดยรายละเอียดของแต่ละฟังก์ชันงานมีดังต่อไปนี้

- 1) สร้างโครงการซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทวนสอบ

ผู้ใช้งานจะทำการสร้างโครงการสำหรับการทวนสอบลงในระบบ โดยการระบุชื่อโครงการในส่วนต่อประสาน เพื่อใช้ในการอ้างอิงข้อมูลของประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง ในการทวนสอบต่อไป

2) นำเข้าข้อมูลประเภทไฟล์ของประโยคภาษาธรรมชาติและแบบจำลอง

ผู้ใช้งานจะทำการนำเข้าข้อมูลโดยการอัปโหลด (Upload) ไฟล์ดังต่อไปนี้ ไฟล์ประเภทเอกสารของประโยคภาษาธรรมชาติ และไฟล์ประเภทเอ็กเซลของแบบจำลอง โดยระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวเพื่อใช้ในการสกัดคำและหน้าที่ของคำเพื่อใช้ในการทวนสอบต่อไป

3) ระบุข้อมูลนำเข้าของคำอธิบายแบบจำลองผ่านหน้าส่วนต่อประสาน

ผู้ใช้งานจะทำการระบุข้อมูลของคำอธิบายในแต่ละแบบจำลองผ่านส่วนต่อประสาน ตามแบบฟอร์มที่ระบบกำหนดไว้

4) ทวนสอบคุณลักษณะความต้องการ

ระบบจะทำการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการประกอบไปด้วย ข้อมูลของคำและหน้าที่ของคำจากประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบ่งจำลอง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบ ระบบจะทำการระบุรายการข้อผิดพลาดแบ่งตามคุณลักษณะที่สนใจได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องการ และการตามรอย

5) เรียกดูข้อผิดพลาดของความไม่กำกวม

ผู้ใช้งานสามารถดูข้อผิดพลาดของความไม่กำกวมได้จากผลลัพธ์ของการทวนสอบ โดยผลลัพธ์ของความไม่กำกวมจะประกอบไปด้วย รหัสข้อผิดพลาดและรายละเอียด ซึ่งรายละเอียดจะระบุค่ากำกวมที่ปรากฏในประโยคภาษาธรรมชาติใดๆ ที่ผู้ใช้งานมาทวนสอบ

6) เรียกดูข้อผิดพลาดของความต้องการ

ผู้ใช้งานสามารถดูข้อผิดพลาดของความต้องการได้จากผลลัพธ์ของการทวนสอบ โดยผลลัพธ์ของความต้องการจะประกอบไปด้วย รหัสข้อผิดพลาดและรายละเอียด ซึ่งรายละเอียดจะระบุความสัมพันธ์ที่ไม่ต้องการระหว่างความต้องการสองประเภท รวมถึงคุณลักษณะเฉพาะของความต้องการด้วย

7) เรียกดูข้อผิดพลาดของการตามรอย

ผู้ใช้งานสามารถดูข้อผิดพลาดของการตามรอยได้จากผลลัพธ์ของการทวนสอบ โดยผลลัพธ์ของการตามรอยจะประกอบไปด้วย รหัสข้อผิดพลาดและรายละเอียด ซึ่งรายละเอียดจะระบุค่าและหน้าที่ของคำที่ขาดหายไป หรือเพิ่มเติมขึ้นมา

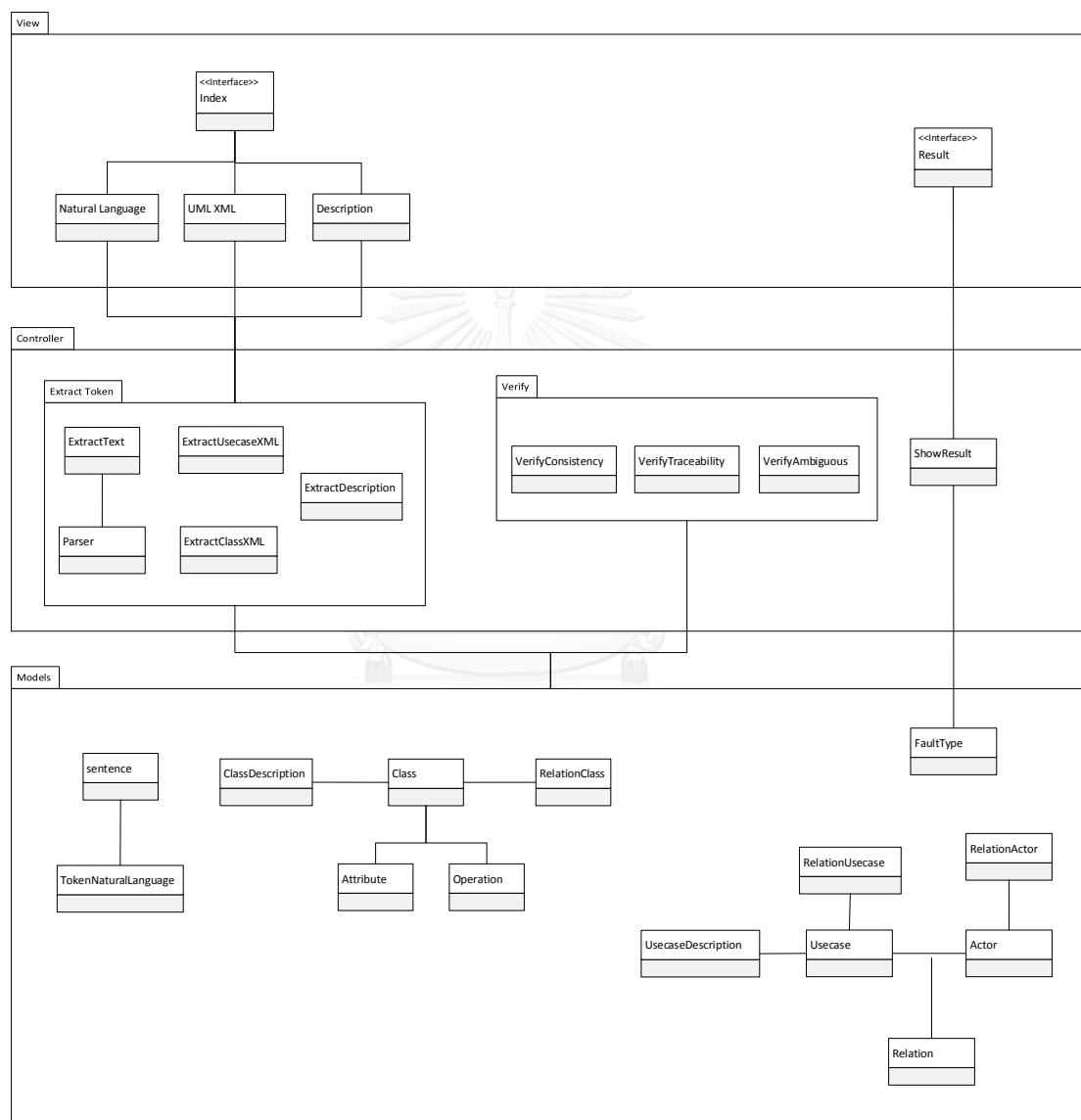
8) จัดการโครงการในฐานข้อมูล

ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการโครงการที่ผู้ใช้งานสร้างไว้ โดยการจัดการประกอบไปด้วย การเพิ่มโครงการ และลบโครงการ ซึ่งผู้ดูแลระบบจะต้องเข้าสู่ระบบก่อนถึงจะจัดการโครงการได้

### 9) จัดการคำกำกวมในฐานข้อมูล

ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการคำกำกวมที่ผู้ใช้สร้างไว้ โดยการจัดการประกอบไปด้วย การเพิ่มคำกำกวม และลบคำกำกวม ซึ่งผู้ดูแลจะต้องเข้าสู่ระบบก่อนถึงจะจัดการคำกำกวมได้

หลังจากสร้างแผนภาพยูสเคสแล้ว นำความต้องการดังกล่าวมาออกแบบโครงสร้างของเครื่องมือสนับสนุน โดยโครงสร้างของเครื่องมือมีภาพดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสนับสนุน

จากแผนภาพคลาสที่ใช้แสดงโครงสร้างแสดงให้เห็นสถาปัตยกรรมแบบโมเดล วิว คอนโทรลเลอร์ (Model View Controller ใช้คำย่อว่า MVC) โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้



### 1) วิว (View)

วิวทำหน้าที่สร้างฟอร์ม หรือส่วนต่อประสานสำหรับโต้ตอบกับการเรียกใช้งานของผู้ใช้งาน โดยส่วนต่อประสานจะทำหน้าที่รับข้อมูลได้แก่ ประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบาย แบบจำลอง รวมถึงแสดงผลลัพธ์ของการทวนสอบด้วย

### 2) คอนโทรลเลอร์ (Controller)

คอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย ฟังก์ชันในการสกัดคำให้ได้ว่าคำและหน้าที่ของคำ และการทวนสอบตามกฎที่ได้สร้างขึ้นแบ่งตามคุณลักษณะของความต้องการ โดยหลังจากการทวนสอบแล้วจะทำการนำข้อมูลส่งไปยังส่วนโมเดลเพื่อทำการจัดเก็บคำและหน้าที่ของคำ รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบต่อไป

### 3) โมเดล (Model)

โมเดลจะทำหน้าที่ติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูล การแก้ไขข้อมูล และการลบข้อมูล โดยส่วนของฐานข้อมูลจะจัดเก็บคำและหน้าที่ของคำของประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบาย รวมถึงเก็บความสัมพันธ์ของคำและหน้าที่ของคำด้วย ในส่วนของผลลัพธ์จะทำการเก็บผลลัพธ์แบ่งตามคุณลักษณะที่ใช้ในการทวนสอบ

## 5.4 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุน

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาระบบจะอ้างอิงมาจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนา โดยประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1) ระบบฮาร์ดแวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบควรมีฮาร์ดแวร์ขั้นต่ำดังต่อไปนี้

- หน่วยการประมวลผลผล (CPU) ซีพียูอินเทลคอร์ไอ 5 ความเร็ว 2.0 กิกะเฮิรตซ์ (intel(R) Core(TM) i5 CPU 2.0 HZ)
- หน่วยความจำสำรอง (Memory) ความเร็ว 4 กิกะไบต์ (Ram 4 GB)
- จานบันทึกแบบแข็ง (Hardisk) ความจุ 250 กิกะไบต์ (Hardisk 250 GB)

### 2) ซอฟต์แวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบมีซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

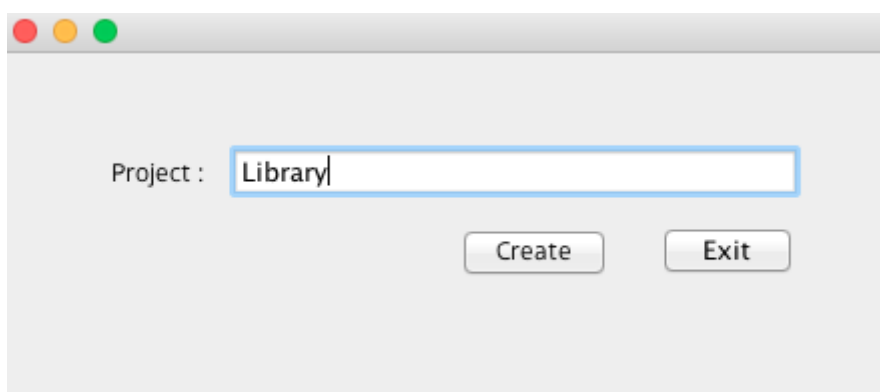
- ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ 8 เอ็นเตอร์ไพรส์ 64 บิต (Microsoft Windows 8 Enterprise 64x bit)

- ระบบบริหารและจัดการข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) เวอร์ชัน 5.6
- เครื่องมือสร้างแบบจำลองสตาร์ยูเอ็มแอล
- โปรแกรมอีคลิบลูน่าเวอร์ชัน 4.1.1 (Eclipse Luna version 4.1.1)

### 5.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือ และภาพส่วนต่อประสาน

เครื่องมือสนับสนุนมีขั้นตอนการทำงาน และภาพส่วนต่อประสานดังต่อไปนี้

- 1) ผู้ใช้ทำการสร้างโครงการเพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยมีหน้าส่วนต่อประสานดังรูปที่ 5.3 ซึ่งข้อมูลที่ผู้ใช้จะต้องนำเข้าคือ ชื่อโครงการ



รูปที่ 5.3 ส่วนต่อประสานในการสร้างโครงการ

- 2) ผู้ใช้ทำการเปิดใช้งานเครื่องมือ โดยหน้าเริ่มต้นจะมีกล่องสำหรับให้ผู้ใช้งานอัปโหลดไฟล์สำหรับการทวนสอบประกอบไปด้วย ไฟล์เอกสารของประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้าง และไฟล์เอ็็กเอ็มแอลของแผนภาพยูสเคสและคลาส รวมทั้งหมด 4 เอกสารด้วยกัน ซึ่งหน้าส่วนต่อประสานของการนำเข้าข้อมูลดังรูปที่ 5.4

รูปที่ 5.4 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับนำเข้าข้อมูล

ในส่วนของการอธิบายผู้ใช้สามารถนำเข้าข้อมูลผ่านส่วนต่อประสานตามแบบฟอร์มที่ระบบกำหนดไว้ โดยคำอธิบายยูสเคสมีส่วนต่อประสานดังรูปที่ 5.5 และคำอธิบายคลาสดังรูปที่ 5.6

รูปที่ 5.5 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับการนำเข้าข้อมูลคำอธิบายยูสเคส

CRC Card

Class Name :

Description :

Responsibilities :

Collaborators :

Attribute :

รูปที่ 5.6 หน้าส่วนต่อประสานสำหรับการนำเข้าสู่ข้อมูลคำอธิบายคลาส  
 เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Submit ในส่วนต่อประสานหน้าแรกระบบจะทำการสกัดคำและหน้าที่ของคำ  
 ที่ได้แสดงผลดังรูปที่ 5.7

File View Admin

Functionnal Natural Language

Structural Natural Language

Use Case Diagram

Class Diagram

Functional-NL | Sturtural-NL | Class diagram | Use case diagram | UCD | CRC

Customer should be able to borrow loan items  
 Customer should be able to reserve loan items  
 Customer should be able to renew loan items  
 Librarian can issues loan item  
 Customer can search loan items in list  
 Customer can grouped into student and professor.

**S.R.C.V.S**  
 Software Requirements Characteristic Verification System

Project name :

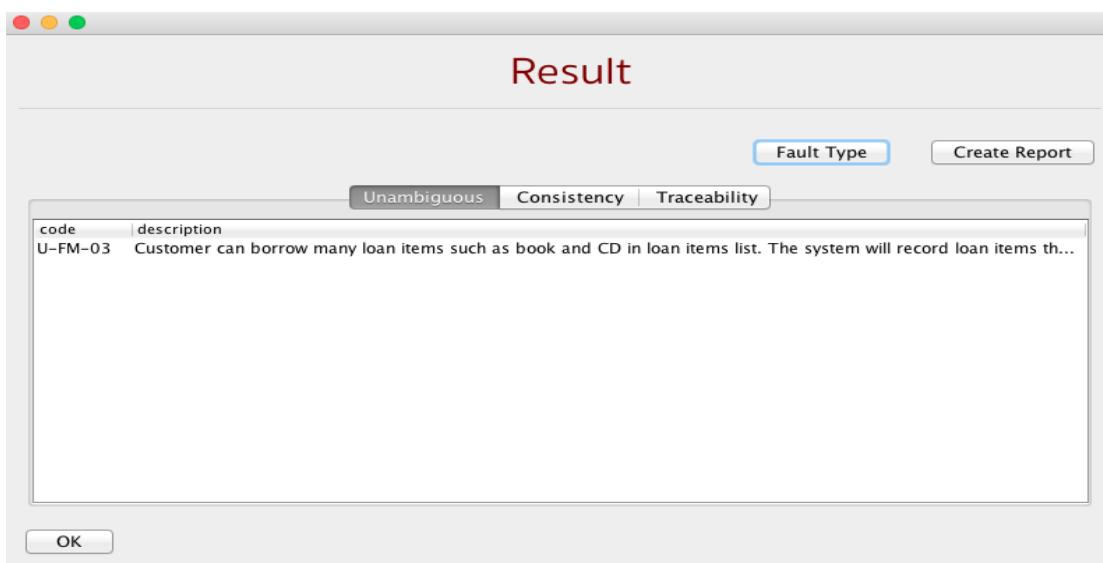
Admin name :

Copyright 2014 Computer Engineering Chulalongkorn University

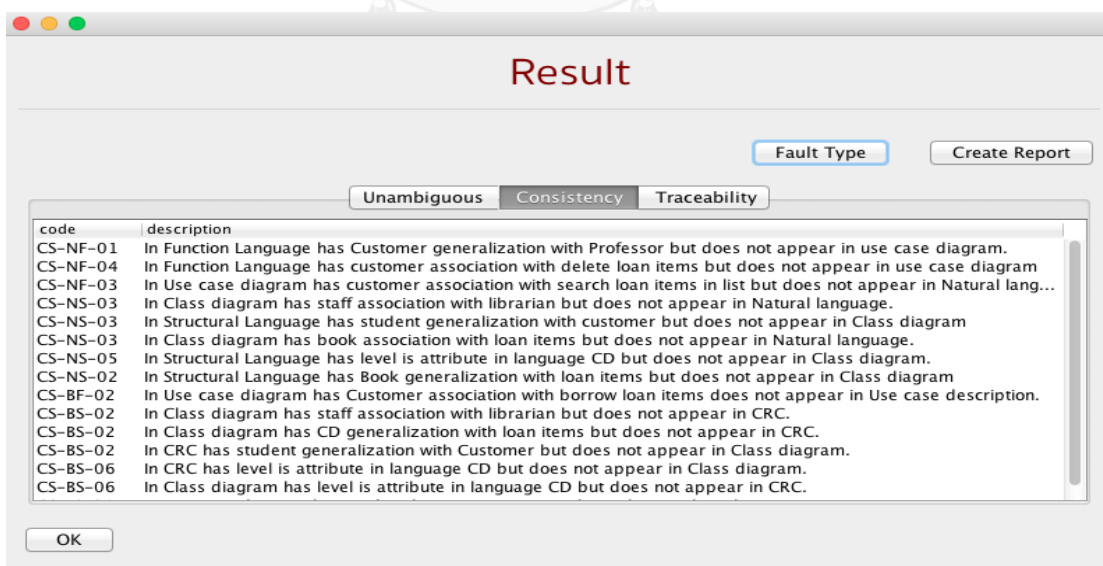
Hello  
 read Functional Natural Language  
 read Sturtural Natural Language

รูปที่ 5.7 ผลลัพธ์หลังจากการสกัดคำและหน้าที่ของคำในระบบ

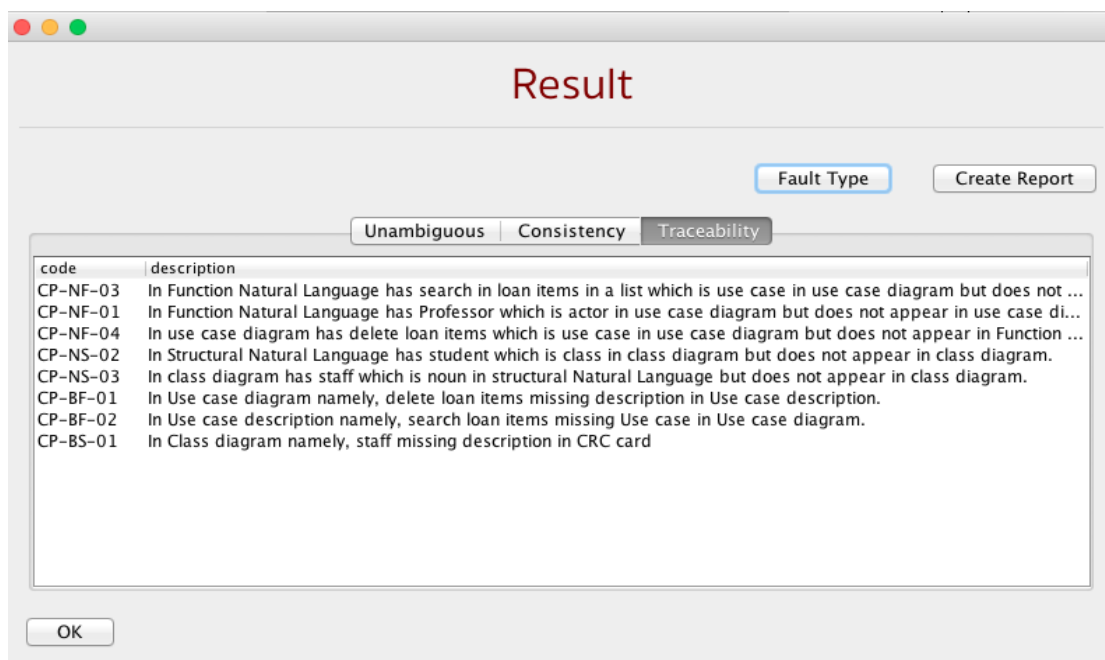
3) เมื่อผู้ใช้ทำการสกัดคำและหน้าที่ของจากประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลองแล้ว ผู้ใช้สามารถทำการทวนสอบได้ทันทีโดยกดปุ่มสีเขียวที่ชื่อ Verify จากนั้นระบบจะทำการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบแบ่งตามคุณลักษณะดังต่อไปนี้ รูปที่ 5.8 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความไม่กำกวม รูปที่ 5.9 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความต้องกัน รูปที่ 5.10 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะการตามรอย



รูปที่ 5.8 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความไม่กำกวม

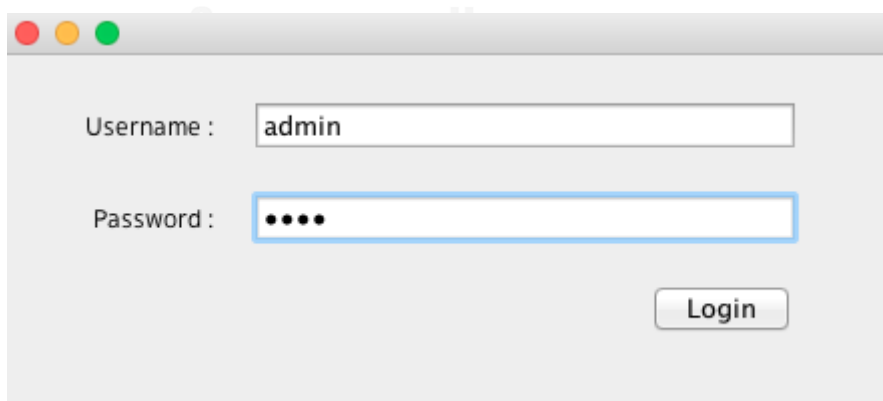


รูปที่ 5.9 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะความต้องกัน



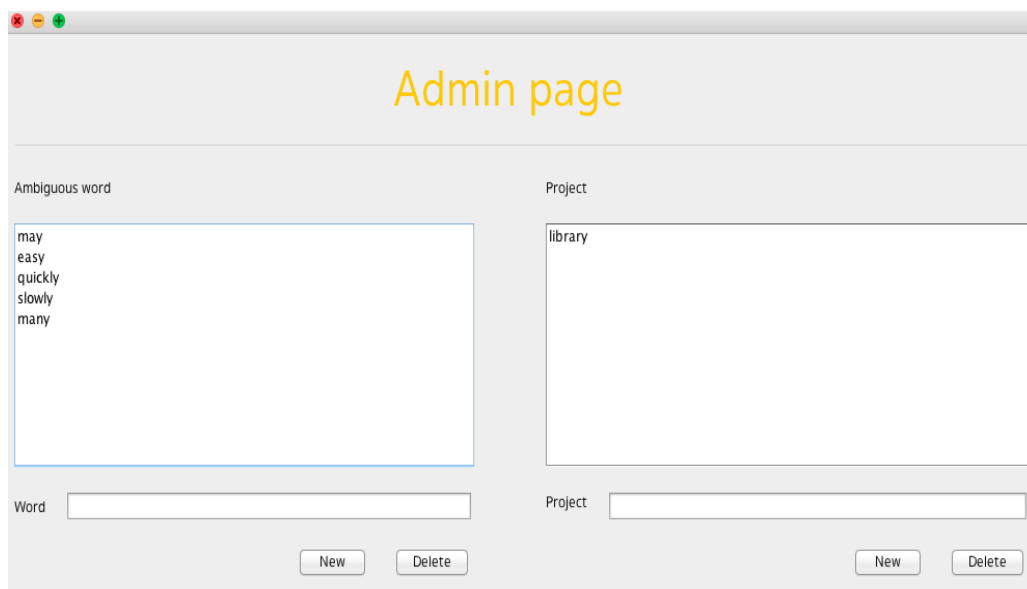
รูปที่ 5.10 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทวนสอบของคุณลักษณะการตามรอย

4) ผู้ดูแลระบบที่จะเข้ามาทำการแก้ไขโครงการและเพิ่มคำมตต้องผ่านการลงทะเบียน และเข้าสู่ระบบ โดยผู้ดูแลระบบสามารถเลือกเมนูด้านบนในตัวเลือกที่ชื่อว่า Login ในหน้า Login ผู้ดูแลระบบจะต้องกรอกทำระบุ ยูสเซอร์เนม (Username) และพาสเวิร์ด (Password) ซึ่งรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นภาพส่วนต่อประสานในการเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 5.11 ส่วนต่อประสานสำหรับการเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ

5) หลังจากผู้ดูแลระบบล็อกอินแล้ว ผู้ดูแลระบบจะสามารถทำการเพิ่มโครงการและลบโครงการ รวมถึงจัดการคำก้ำกวมได้ในตัวเลือกสีเหลืองที่มีชื่อว่า Manage ในหน้าส่วนต่อประสานหน้าแรก โดย หน้าส่วนต่อประสานสำหรับการจัดการแสดงดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 ส่วนต่อประสานในตัวเลือกการจัดการของผู้ดูแลระบบ

ในกลุ่มตัวเลือกด้านซ้ายของภาพจะเป็นการจัดการคำก้ำกวมซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มและลบได้ และในด้านขวาของภาพจะเป็นตัวจัดการโครงการซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มและลบได้เช่นกัน

## บทที่ 6

### การทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงทวนสอบกฎและการทดสอบเครื่องมือสนับสนุนที่พัฒนาโดยการนำกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการมาใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะของความต้องการซึ่งมีรายละเอียดของการทดลองดังต่อไปนี้

#### 6.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

จุดประสงค์การทดลองเพื่อใช้ในการวัดความครบถ้วนและความถูกต้องของกฎ รวมถึงเครื่องมือในการทวนสอบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบาย โดยมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1) เพื่อทวนสอบความครบถ้วนของกฎที่สร้างขึ้น โดยกฎที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องสามารถทวนสอบคุณลักษณะความต้องการได้ครบถ้วนในทุกส่วนประกอบย่อยของความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติทั้งในเชิงฟังก์ชันและเชิงโครงสร้าง ความต้องการในรูปแบบแบบจำลองประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส รวมถึงความต้องการในรูปแบบคำอธิบายแบบจำลองของทั้ง 3 คุณลักษณะได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน และการตามรอย

2) เพื่อทวนสอบความถูกต้องของกฎที่สร้างขึ้น โดยกฎที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องสามารถระบุรายการข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นตรงตามสิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขเพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบ

3) เพื่อวัดประสิทธิผลของเครื่องมือในการใช้กฎทวนสอบคุณลักษณะที่งานวิจัยสนใจ โดยเครื่องมือจะต้องสามารถระบุประเภทข้อผิดพลาดได้เมื่อข้อมูลที่นำเข้ามาในการทวนสอบนั้นมีประเด็นในการทวนสอบเกิดขึ้น

#### 6.2 การทวนสอบและการทดสอบ

การทวนสอบและการทดสอบมีดังต่อไปนี้ 1) ผู้เชี่ยวชาญทวนสอบกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ 2) การทดสอบเครื่องมือสนับสนุนที่ใช้ในการทวนสอบ โดยมีรายละเอียดของการทวนสอบและการทดสอบมีดังต่อไปนี้

##### 1) การทวนสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

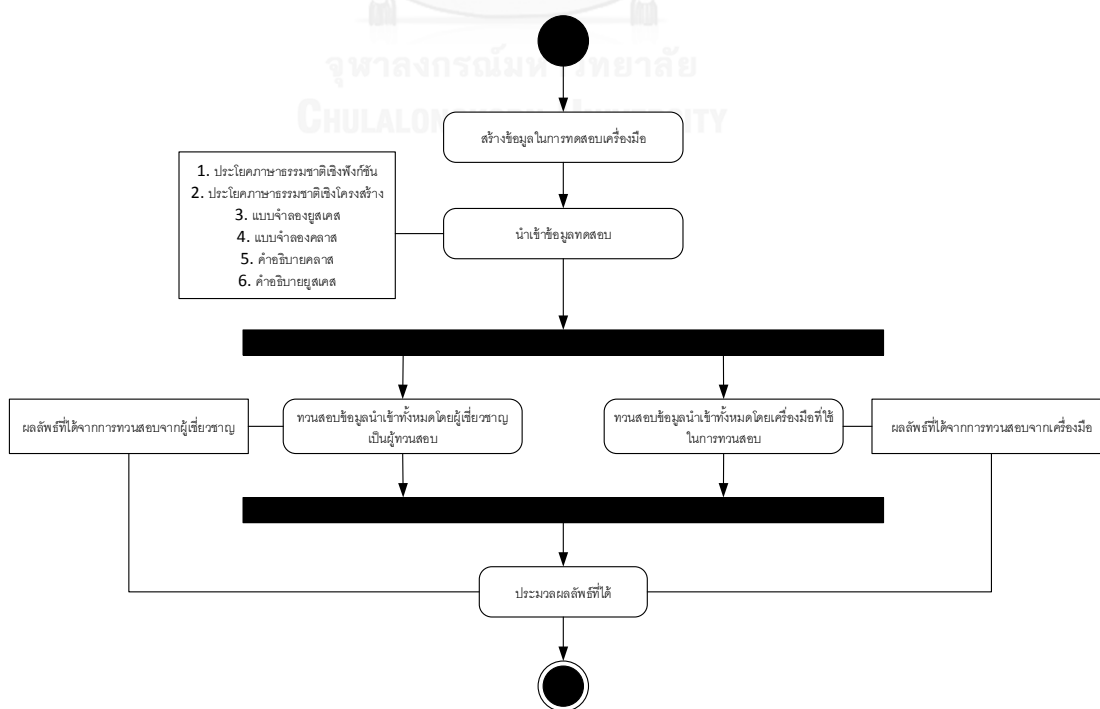
การทวนสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจะทำการทวนสอบกฎที่ได้สร้างขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อได้แก่ ความครบถ้วนกล่าวคือ กฎจะมีความครบถ้วนได้ก็ต่อเมื่อกฎทั้งหมดได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ ส่วนประกอบย่อยแบบจำลอง และ



ส่วนประกอบย่อยของคำอธิบายได้ครบถ้วนไม่มีส่วนประกอบใดที่ไม่ถูกทวนสอบ โดยในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.5 การสร้างกฎและประเภทข้อผิดพลาดในการทวนสอบ หน้าที่ 41 ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างกฎและนำเสนอแผนภาพคลาสที่แสดงถึงส่วนประกอบย่อยและความสัมพันธ์ของความต้องการแต่ละประเภท ซึ่งได้ระบุถึงรหัสข้อผิดพลาดที่ใช้ในการทวนสอบไว้ จากแผนภาพดังกล่าวสามารถระบุได้ว่าทุกส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง ได้ถูกนำมาสร้างเป็นกฎที่ใช้ในการทวนสอบทุกส่วนประกอบย่อยแล้ว หัวข้อถัดมาคือ ความถูกต้อง กล่าวคือ กฎที่สร้างขึ้นจะมีความถูกต้องได้ กฎดังกล่าวจะต้องสามารถระบุข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทวนสอบได้ ซึ่งในบทที่ 4 การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ หน้าที่ 64 ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญออกแบบแบบจำลองจากประโยคภาษาธรรมชาติ และคำอธิบายแบบจำลอง จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขเพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบ ซึ่งกฎดังกล่าวสามารถระบุข้อผิดพลาดได้ตรงตามสิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขเพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบ

## 2) การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทวนสอบ

การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการจะทำการทดสอบกับกรณีศึกษาที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ หน้าที่ 64 ซึ่งหลังจากที่ได้ผลลัพธ์จากเครื่องมือแล้วจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ โดยขั้นตอนของการทดสอบเครื่องมือมีแผนภาพกิจกรรมดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แผนภาพกิจกรรมขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือ

จากแผนภาพกิจกรรมจะมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนในการสร้างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างข้อมูลที่ใช้ในการทวนสอบโดยสร้างจากการนำประโยคภาษาธรรมชาติทั้งเชิงโครงสร้างและเชิงฟังก์ชัน ให้ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบแบบจำลองนำมาวิเคราะห์ และสร้างเป็นแผนภาพคลาสและแผนภาพยูสเคส นอกจากนี้ยังทำการสร้างคำอธิบายของทั้ง 2 แบบจำลองด้วย จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบจำลองและคำอธิบายดังกล่าวมาแก้ไขเพื่อสร้างประเด็นในการทวนสอบเพื่อวัดผลความถูกต้องของเครื่องมือหลังการใช้กฎในการทวนสอบ โดยข้อมูลในการทดสอบเครื่องมือนั้นจะนำระบบห้องสมุดจากกรณีตัวอย่างมาทดสอบกับเครื่องมือ

2) ขั้นตอนในการนำเข้าสู่ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

หลังจากทำการสร้างข้อมูลทดสอบแล้วในขั้นตอนที่ 1 แล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวมาทวนสอบโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีการทวนสอบ คือ (1) ให้ผู้เชี่ยวชาญทวนสอบโดยการใช้กฎที่สร้างขึ้น (2) ให้เครื่องมือทวนสอบโดยการใช้กฎที่สร้างขึ้น จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญนำมาใช้เป็นคำตอบเพื่อทวนสอบความแม่นยำของเครื่องมือสนับสนุน

3) ขั้นตอนในทวนสอบข้อมูลนำเข้าทั้งหมดโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการโดยการใช้กฎกับกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้แก้ไขแบบจำลองและคำอธิบาย เพื่อให้เกิดประเด็นในการทวนสอบโดยบทที่ 4 การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ หน้าที่ 64 คือผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลลัพธ์ที่ได้ใช้เป็นคำตอบในการทวนสอบความถูกต้องของเครื่องมือสนับสนุน

4) ขั้นตอนในทวนสอบข้อมูลนำเข้าทั้งหมดโดยเครื่องมือที่ใช้ในการทวนสอบ

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์ให้เครื่องมือทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ โดยจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อระบุความถูกต้องในการทวนสอบของเครื่องมือ ซึ่งได้ผลลัพธ์ของระบบห้องสมุดดังตารางที่ 6.1 (✓ หมายถึง เครื่องมือสามารถทวนสอบได้ผลลัพธ์หรือระบุข้อผิดพลาดที่ตรงกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ X หมายถึง เครื่องมือไม่สามารถทวนสอบได้ผลลัพธ์ตรงกับผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ)

ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบห้องสมุด

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
U-FM-03	ปรากฏคำกำกวมที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในส่วนประกอบย่อย Description ในคำอธิบายยูสเคส	✓
CS-NF-01	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏความสัมพันธ์ระหว่าง Customer และ Professor แบบเจเนอรัลไลเซชัน แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพยูสเคส	✓
CS-NF-04	ในแผนภาพยูสเคสปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของแอคเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer กับยูสเคสที่มีชื่อว่า Delete loan items แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในประโยคภาษาธรรมชาติ	✓
CS-NF-03	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของแอคเตอร์ที่มีชื่อว่า Customer และยูสเคส Search loan items in list แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพยูสเคส	✓
CS-NS-03	ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Staff และ Librarian แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในประโยคภาษาธรรมชาติ	✓
CS-NS-03	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาส Student และคลาส Customer แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพคลาส	✓
CS-NS-03	ในแผนภาพคลาสปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Book และ loan items แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในประโยคภาษาธรรมชาติ	✓
CS-NS-02	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาส Book และ Loan items แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพคลาส	✓
CS-NS-05	ในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏลักษณะประจำคลาส Language CD ชื่อว่า level แต่ไม่ปรากฏลักษณะประจำคลาสดังกล่าวในแผนภาพคลาส	✓

ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบห้องสมุด (ต่อ)

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
CS-BF-02	ในแผนภาพยูสเคสปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของแอกเตอร์ Customer และยูสเคส Borrow loan items แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในคำอธิบายยูสเคสของ Borrow loan items	✓
CP-BS-02	ในแผนภาพคลาสปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Staff และ Librarian แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในคำอธิบายคลาส	✓
CP-BS-02	ในแผนภาพคลาสปรากฏความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาส CD และคลาส Loan items แต่ในคำอธิบายปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน	✓
CP-BS-02	ในคำอธิบายคลาสปรากฏความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชันของคลาส Student และ Customer แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ดังกล่าวในแผนภาพคลาส	✓
CP-BS-06	ในแผนภาพคลาสคลาส Language CD ปรากฏลักษณะประจำคลาสที่ชื่อว่า Level แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายคลาสของคลาส Language CD	✓
CP-NF-03	ในประโยคภาษารวมชาติปรากฏคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมคือ Search loan items in list แต่ไม่ปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส	✓
CP-NF-01	ในประโยคภาษารวมชาติปรากฏคำนามคำว่า Professor แต่ไม่ปรากฏเป็นแอกเตอร์ในแผนภาพยูสเคส	✓
CP-NF-04	ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคส Delete loan items แต่ไม่ปรากฏเป็นคำกริยาที่มีผลกับกรรมในประโยคภาษารวมชาติ	✓
CP-NS-02	ในประโยคภาษารวมชาติปรากฏคำนามที่มีชื่อว่า Student แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส	✓
CP-NS-03	ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Staff แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษารวมชาติ	✓

ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบห้องสมุด (ต่อ)

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
CP-BF-01	ในแผนภาพยूसเคสปรากฏยूसเคสที่มีชื่อว่า Delete loan items แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยूसเคส	✓
CP-BF-02	ในคำอธิบายยूसเคสปรากฏคำอธิบายของ Search loan items แต่ไม่ปรากฏเป็นยूसเคสในแผนภาพยूसเคส	✓
CP-BS-01	ในแผนภาพคลาสปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Staff แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยूसเคส	✓
CP-BS-02	ในคำอธิบายคลาสปรากฏคำอธิบายของคลาส Student แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส	✓
CP-FS-01	ในแผนภาพยूसเคสปรากฏแอกเตอร์ที่มีชื่อว่า Student แต่ไม่ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส	✓

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องมือกับกรณีศึกษาของระบบซื้อแผนเสียงบนอินเทอร์เน็ต โดยระบบดังกล่าวไม่มีโครงสร้างประโยคภาษาตามที่งานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ในการทวนสอบดังตารางที่ 6.2 (✓ หมายถึง เครื่องมือสามารถทวนสอบได้ผลลัพธ์หรือระบุข้อผิดพลาดที่ตรงกันกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ X หมายถึง เครื่องมือไม่สามารถทวนสอบได้ผลลัพธ์ตรงกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ)

ตารางที่ 6.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของระบบขายแผ่นซีดีบนอินเทอร์เน็ต

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
U-NL-01	ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า more	✓
U-NL-01	ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า better	✓
U-NL-01	ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า all	✓
U-NL-03	ในคำอธิบายยूसเคส Maintain CD Information ปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า available	✓

ตารางที่ 6.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการระบบขายผ่านซีดีบนอินเทอร์เน็ต (ต่อ)

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
U-NL-04	ในคำอธิบายคลาส CD ปรากฏคำกำกวมที่มีชื่อว่า available	✓
CP-NS-02	ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Order item แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติ	✓
CP-NS-02	ปรากฏคลาสที่มีชื่อว่า Search requirements แต่ไม่ปรากฏเป็นคำนามในประโยคภาษาธรรมชาติ	✓
CP-BF-01	ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Check out แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส	✓
CP-BF-01	ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Verify Credit Card แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส	✓
CP-BF-01	ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Search CDs แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส	✓
CP-BF-01	ปรากฏยูสเคสที่มีชื่อว่า Browse CDs แต่ไม่ปรากฏในคำอธิบายยูสเคส	✓
CS-NF-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดระหว่างยูสเคส Check out และยูสเคส Place Order	✓
CS-NF-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดระหว่างยูสเคส Search CDs และยูสเคส Place Order	✓
CS-NF-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดระหว่างยูสเคส Browse CDs และยูสเคส Search CDs	✓
CS-NF-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดระหว่างยูสเคส Verify Credit Card และยูสเคส Check out	✓
CS-NS-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Order item กับคลาส CD	✓
CS-NS-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Order item กับคลาส Order	✓
CS-NS-03	ปรากฏความไม่ต้องกันของความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันของคลาส Search requirements กับคลาส Customer	✓
CS-BF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูดหรือเอ็กซ์ทีนดระหว่างยูสเคส Place order กับยูสเคส Search CDs	✓

ตารางที่ 6.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการระบบขายผ่านซีดีบนอินเทอร์เน็ต (ต่อ)

รหัส	รายละเอียด	ผลลัพธ์
CS-BF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูตหรือเอ็กซ์เห็นต์ระหว่างยูสเคส Place Order กับยูสเคส Check out	✓
CS-BF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูตหรือเอ็กซ์เห็นต์ระหว่างยูสเคส Search CDs กับยูสเคส Browse CDs	✓
CS-BF-01	ปรากฏความไม่ต้องกันกันระหว่างความสัมพันธ์แบบอินคลูตหรือเอ็กซ์เห็นต์ระหว่างยูสเคส Check out กับยูสเคส Verify Credit Card	✓

### 6.3 สรุปผลการทดลอง

ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1) ความครบถ้วนของกฎในการทวนสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการสร้างกฎจากส่วนประกอบย่อย โดยในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.1.5 การสร้างกฎและประเภทข้อผิดพลาดในการทวนสอบ หน้าที่ 41 ได้นำเสนอแผนภาพคลาสที่แสดงถึงส่วนประกอบย่อยของความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง ว่าได้นำส่วนประกอบย่อยทุกส่วนประกอบย่อยมาสร้างเป็นกฎที่ใช้ในการทวนสอบแล้ว

2) ความถูกต้องของกฎที่ใช้ในการทวนสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้กฎโดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบแบบจำลองความต้องการมาทวนสอบจากกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ซึ่งในบทที่ 4 การประยุกต์ใช้กฎในการทวนสอบ หน้าที่ 64 ได้แสดงให้เห็นถึงความถูกต้อง จากการใช้กฎที่นำมาทวนสอบกับกรณีศึกษา โดยกฎสามารถระบุรายการข้อผิดพลาดได้ตรงตามประเด็นในการทวนสอบที่ผู้วิจัยได้แก้ไขไว้

3) ประสิทธิภาพในการทวนสอบคุณลักษณะความต้องการของเครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจากการนำผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากระบบห้องสมุดและระบบขายผ่านซีดีบนอินเทอร์เน็ตมีความต้องกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ แต่การสกัดคำจากเครื่องมือในส่วนของประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส ระบบจะทำการสกัดคำและหน้าที่ของคำที่อยู่รูปแบบของคำกริยาที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับกรรมในประโยค ในบางครั้งคำและหน้าที่ของคำดังกล่าวอาจจะไม่ได้สื่อความหมายสำหรับการออกแบบลงเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส เช่น ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันปรากฏประโยค

“The internet sales system will need a database of basic information about CDs that it can sell over the internet, similar to the CD database at each of the retail stores such as title, artist, ID number, price, quantity in inventory.” ระบบจะทำการสกัดได้ยูสเคสที่มีชื่อว่า “sell over the internet, similar to the CD database at each of the retail stores such as title, artist, ID number, price, quantity in inventory” ซึ่งจะไม่ปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้ใช้งานจะต้องทำการวิเคราะห์ว่าคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมโดยตรงดังกล่าวจะต้องถูกออกแบบเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคสของระบบหรือไม่ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ประโยคภาษาธรรมชาติพบว่ามีรายการของคำกำกวมที่ควรเพิ่มเติมในฐานข้อมูลคำกำกวมได้แก่ about, some, additional และ certain ซึ่งจะทำให้ระบบที่ทวนสอบสามารถค้นพบคำกำกวมที่ปรากฏในความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติได้

อย่างไรก็ตามหากเอกสารนำเข้ามีโครงสร้างประโยคเป็นไปตามโครงสร้างที่งานวิจัยได้กำหนดไว้ เครื่องมือจะสามารถทวนสอบและสามารถระบุรายการข้อผิดพลาดได้ถูกต้อง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทวนสอบไปแก้ไขความต้องการที่เกิดข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและมีคุณภาพ นอกจากนี้ยังลดภาระงานในการทวนสอบความต้องการเมื่อมีปริมาณมาก รวมถึงช่วยในการทวนสอบสำหรับผู้ใช้ที่ยังไม่เข้าใจบริบทคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ



## บทที่ 7

### สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัย งานวิจัยในอนาคต และผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 7 1.สรุปผลการวิจัย

ในขั้นตอนวิศวกรความต้องการมักจะนิยมใช้ประโยคภาษาธรรมชาติในการระบุความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งประโยคภาษาธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันและประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง แต่เนื่องด้วยลักษณะเฉพาะของประโยคภาษาธรรมชาตินั้นอาจจะทำให้เกิดความกำกวม ผู้พัฒนาจึงได้นำเครื่องมือที่มีชื่อว่า ยูเอ็มแอล เข้ามาใช้ในการสื่อสารกับผู้ใช้งาน รวมถึงผู้พัฒนาด้วยตนเอง ซึ่งแบบจำลองยูเอ็มแอลที่นิยมใช้คือ แผนภาพยูสเคสและแผนภาพคลาส และเพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองได้จึงมีการนำคำอธิบายแบบจำลองของทั้ง 2 แบบจำลองมาใช้ในการระบุความต้องการด้วย แต่อย่างไรก็ตามการระบุแบบจำลองยูเอ็มแอลมีความยากและซับซ้อน อาจทำให้วิศวกรความต้องการไม่สามารถระบุแบบจำลองได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หรือในบางครั้งอาจจะระบุความต้องการบางความต้องการขาดหายไปจากความต้องการของผู้ใช้ วิศวกรความต้องการจึงจำเป็นต้องทวนสอบการออกแบบแบบจำลองดังกล่าวให้มีคุณลักษณะที่ดีและมีคุณภาพ จากเหตุการณ์ที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีในการทวนสอบความต้องการให้มีคุณลักษณะที่ดีได้แก่ ความไม่กำกวม ความต้องกัน การตามรอย โดยนำกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการมาใช้ในการทวนสอบ รวมถึงพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนแบบอัตโนมัติ ซึ่งกฎภายในงานวิจัยมีทั้งหมด 36 ข้อ แบ่งตามคุณลักษณะได้ดังต่อไปนี้ ความไม่กำกวม 4 ข้อ ความต้องกัน 22 ข้อ และการตามรอย 10 ข้อ กฎและเครื่องมือดังกล่าวจะช่วยทวนสอบและระบุข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทวนสอบได้ เพื่อให้วิศวกรความต้องการนำข้อผิดพลาดดังกล่าวไปแก้ไขเพื่อให้ความต้องการนั้นมีคุณลักษณะที่ดีและมีคุณภาพ ในส่วนของเครื่องมือสนับสนุนจะลดภาระและเวลาที่ใช้ในการทวนสอบของวิศวกรความต้องการ อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับวิศวกรความต้องการที่ยังไม่เข้าใจบริบทของคุณลักษณะที่ดีของความต้องการอีกด้วย

การทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้จากบทที่ 6 ได้แสดงให้เห็นถึงความครบถ้วนและความถูกต้องของกฎที่ใช้ในการทวนสอบความต้องการ รวมถึงความถูกต้องของเครื่องมือที่ได้นำกฎเข้าไปใช้ในการทวนสอบ ซึ่งกฎและเครื่องมือดังกล่าวได้ระบุข้อผิดพลาดได้อย่างถูกต้อง ทำให้วิศวกรความต้องการสามารถมั่นใจได้ว่าหากนำกฎและเครื่องมือดังกล่าวไปทวนสอบความต้องการแล้วนำไปแก้ไข

ตามรายการข้อผิดพลาดที่ระบุไว้จะทำให้ความต้องการมีคุณลักษณะที่ดีและมีคุณภาพ นอกจากนี้กฎดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทวนสอบแบบจำลองในขั้นตอนอื่น เช่น ขั้นตอนการออกแบบซอฟต์แวร์ เป็นต้น

## 7.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- 1) ระบบจะทวนสอบได้แค่ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน และเชิงโครงสร้าง แผนภาพคลาส แผนภาพยูสเคส คำอธิบายคลาส และคำอธิบายยูสเคสเท่านั้น
- 2) ในส่วนของโครงสร้างประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องมีโครงสร้างตามที่งานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้เท่านั้น เพื่อให้ได้ความถูกต้องของการสกัดคำและหน้าที่ของคำ
- 3) ในส่วนของประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องแบ่งให้ชัดเจนระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับเชิงฟังก์ชัน
- 4) ไฟล์เอ็กเอ็มแอลของแผนภาพคลาสและยูสเคส จะต้องมาจากการสร้างไฟล์เอ็กเอ็มแอลจากโปรแกรมที่มีชื่อว่าสตาร์ยูเอ็มแอลเท่านั้น
- 5) ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างส่วนของความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชันและแอกกรีเกชัน จะรวมการทวนสอบเป็นความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน
- 6) ประเภทความสัมพันธ์จะสามารถทวนสอบได้เฉพาะความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง และความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม เท่านั้น

## 7.3 งานวิจัยในอนาคต

- 1) นำแนวทางในการสร้างกฎจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองในขั้นตอนการออกแบบซอฟต์แวร์เพื่อให้แบบจำลองดังกล่าวมีคุณลักษณะที่ดีตามบริบทของงานวิจัย
- 2) นำกฎที่ได้ไปใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมและรับความคิดเห็นจากการใช้งานของวิศวกรความต้องการในภาคอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนให้มีคุณภาพที่ดีต่อไป

#### 7.4 ผลงานตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

1) ชื่อหัวข้องานวิจัย “การทวนสอบคุณลักษณะซอฟต์แวร์โดยใช้พื้นฐานของกฎที่สร้างส่วนประกอบย่อยของความต้องการ (Verifying Software Characteristics based on Rules Defined from Software Component Relationships)” ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ “International Conference on Knowledge and Software Engineering : ICKSE 2014” ซึ่งจัดขึ้นที่โรงแรม Hotel L’Elysee Val d’Europe ประเทศฝรั่งเศส ในวันที่ 6-7 ธันวาคม 2557

2) ชื่อหัวข้องานวิจัย “วิธีการตรวจสอบคุณลักษณะของความต้องการ และเครื่องมือที่ใช้พื้นฐานของกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ (Requirements Characteristics Verification Method and Tool based on Rule constructed from Software Component Relationships)” ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ “Second International Conference on Trustworthy Systems and Their Applications” ซึ่งจัดขึ้นที่โรงแรม Azure Hotel ประเทศไต้หวัน ในวันที่ 8-9 กรกฎาคม 2558

## รายการอ้างอิง

- [1] I.-S. S. Board, "IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications IEEE Std 830-1998," 1998.
- [2] X. Li, Z. Liu, and J. He, "Consistency checking of UML requirements," in *Engineering of Complex Computer Systems, 2005. ICECCS 2005. Proceedings. 10th IEEE International Conference on*, 2005, pp. 411-420.
- [3] L. Tan, Z. Yang, and J. Xie, "UCVSC: A Formal Approach to UML Class Diagram Online Verification Based on Situation Calculus," in *Computer Sciences and Convergence Information Technology, 2009. ICCIT'09. Fourth International Conference on*, 2009, pp. 375-380.
- [4] F. Mokhati, P. Gagnon, and M. Badri, "Verifying UML diagrams with model checking: A rewriting logic based approach," in *Quality Software, 2007. QSIC'07. Seventh International Conference on*, 2007, pp. 356-362.
- [5] A. Dennis, B. H. Wixom, and R. M. Roth, *Systems analysis and design*: John Wiley & Sons, 2008.
- [6] A. Umber and I. S. Bajwa, "Minimizing ambiguity in natural language software requirements specification," in *Digital Information Management (ICDIM), 2011 Sixth International Conference on*, 2011, pp. 102-107.
- [7] V. S. Sharma, S. Sarkar, K. Verma, A. Panayappan, and A. Kass, "Extracting high-level functional design from software requirements," in *Software Engineering Conference, 2009. APSEC'09. Asia-Pacific, 2009*, pp. 35-42.
- [8] H. Afreena and I. S. Bajwab, "Generating UML class models from SBVR software requirements specifications," in *23rd Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2011)*, 2011, pp. 23-32.
- [9] S. Sengupta, A. Kanjilal, and S. Bhattacharya, "Requirement Traceability in Software Development Process: An Empirical Approach," in *Rapid System Prototyping, 2008. RSP'08. The 19th IEEE/IFIP International Symposium on*, 2008, pp. 105-111.

- [10] I. F. Alexander and L. Beus-Dukic, *Discovering requirements: how to specify products and services*: John Wiley & Sons, 2009.
- [11] *The Stanford Parser*. Available: <http://nlp.stanford.edu/software/lex-parser.shtml>
- [12] *StarUML*. Available: <http://staruml.io/support>





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก ก**  
**รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำกำกวม**

ภาคผนวกส่วนนี้จะแสดงรายการคำศัพท์ของกลุ่มคำกำกวมที่ใช้ในการทวนสอบและปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลของเครื่องมือสนับสนุน ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มคำกำกวมแบบไม่จัดประเภททั้งหมด 300 คำ โดยมีรายละเอียดของกลุ่มคำกำกวมดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำกำกวมที่ใช้ในการทวนสอบ

คำศัพท์				
inviolable	irregular	irrespective	just	justly
meaning	meaningful	mightily	mighty	No matter
normally	ordinarily	passing	peanut	plainly
plausible	potent	potently	powerful	powerfully
precisely	pregnant	right	rightful	rightfully
tightly	ripe	robust	robustly	safe
safely	secret	secure	securely	sequent
sequential	sequentially	serial	short - lived	simple
stably	static	steady	strong	strongly
sturdy	substantial	successive	suitable	suitably
suited	temporarily	temporary	totally	transient
true	truly	unassailable	attackable	unchanging
uncommitted	uncomplicated	unimportant	unproblematic	unremarkably
usable	useable	usual	usually	veracious
viable	weak	weakly	well	advantageously
aesthetic	aesthetical	aesthetically	appealing	apprehensible
artistic	attractive	attractively	badly	beautiful
beautifully	beneficial	best	better	casual
clearly	complex	complicated	comprehensible	considerably
dependable	difficulty	easeful	effortless	effortlessly

ตารางที่ ก.1 รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำที่ใช้ในการทวนสอบ (ต่อ)

คำศัพท์				
erudite	aesthetic	esthetical	aesthetically	friendly
full	functional	graspable	gravely	handily
hard	hardly	inadequate	intelligible	intelligibly
jejune	knowing	learned	lettered	nice
operable	operational	perceivable	poor	poorly
safe	scholarly	thoroughly	tough	useless
many	accurate	accurately	agile	all
apace	aright	behind	completely	altogether
correct	correctly	decent	decently	decreasing
deep	dull	ease	effective	effectively
effectual	efficacious	efficaciously	effectual	efficacious
efficaciously	efficient	Efficiently	entirely	exact
exactly	expeditious	expeditiously	fast	fertile
flop	flying	former	fruitful	fruitfully
generative	good	immediate	In effect	inforce
In short order	incisively	increasingly	just	justifiably
justly	late	lately	latterly	likely
maximal	maximum	meticulous	mightily	mighty
minimal	minimally	minimum	more	more and more
nimble	of late	possible	potent	potential
potentially	potently	powerful	powerfully	precise
precisely	previous	productive	productively	profitably
progressively	prompt	promptly	proper	properly
quick	quickly	rapid	rapidly	ready
recent	recently	right	rightful	slow
slowly	sluggish	speedily	speedy	strongly
tardily	totally	true	veracious	whole
wholly	adequate	available	befittingly	believable



ตารางที่ ก.1 รายการคำศัพท์ของกลุ่มคำที่ใช้ในการทวนสอบ (ต่อ)

คำศัพท์				
believably	careful	carefully	careless	cautiously
coarse	common	commonly	completely	confidential
confidentially	confidently	consecutive	convenient	conveniently
convincing	credibly	decent	decently	elementary
enough	equal	ephemeral	fallible	firm
firmly	fitly	fittingly	fleeting	flop
frail	fugacious	good	handily	imperfect
impermanent	important	impregnable	insignificant	insignificantly



## ภาคผนวก ข

### แบบสอบถามที่ใช้ในการทวนสอบกฎจากผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวกส่วนนี้แสดงแบบสอบถามที่ใช้ในการทวนสอบกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยความต้องการ โดยมีแบบสอบถามดังต่อไปนี้

- 1) แบบสอบถามการทวนสอบความครบถ้วนของกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยความต้องการ



แบบสอบถาม

การทวนสอบความครบถ้วนของกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความ ต้องการ

#### วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

- 1) เพื่อให้หน่วยทดลองได้ทำการทวนสอบกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความ ต้องการ เพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความ ต้องการประกอบไปด้วย คุณลักษณะความไม่กำกวม คุณลักษณะความต้องกัน และคุณลักษณะการตามรอย ว่ามีความครบถ้วนหรือไม่กล่าวคือ กฎจะมีความครบถ้วนได้ก็ต่อเมื่อกฎดังกล่าวถูกสร้างเพื่อทวนสอบทุกส่วนประกอบย่อยของความ ต้องการ

#### คำชี้แจงของแบบสอบถาม

- 1) แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้
  - (1) องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความ ต้องการที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความ ต้องการ
  - (2) รูปภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และ คำอธิบายแบบจำลอง (ทั้งหมด 2 รูปภาพ)
  - (3) คำถามเกี่ยวกับกฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยความ ต้องการ
- 2) แบบสอบถามนี้ใช้เพื่อประกอบการทำวิจัย โดยต้องการทราบความคิดเห็นของท่านที่ตรงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งความคิดเห็นของท่านจะถูกนำไปใช้และพัฒนากฎให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

ส่วนที่ 1 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการที่ใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ

1) คุณลักษณะที่ดีของเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์

คุณลักษณะที่ดีของเอกสารข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงมาจากมาตรฐานไอทีบีเอ็ม 830 (IEEE 830 Recommended Practice for Software Requirements Specifications) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สนใจคุณลักษณะ 3 คุณลักษณะได้แก่ คุณลักษณะความไม่กำกวม คุณลักษณะความต้องกัน และคุณลักษณะการตามรอย โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดบริบทเฉพาะของทั้ง 3 คุณลักษณะเพื่อให้การทวนสอบนั้นมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 นิยามของคุณลักษณะที่สนใจเปรียบเทียบกับระหว่างนิยามตามมาตรฐานไอทีบีเอ็ม 830 และนิยามตามบริบทของงานวิจัย

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทีบีเอ็ม 830	นิยามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
1. ความไม่กำกวม	ในข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ต้องไม่ปรากฏคำในรูปประโยคที่มี ความหมายกำกวม มีหลายนิยามในคำเดียวหรือตีความหมายได้หลายความหมาย	ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติต้องไม่ปรากฏคำขยายที่ไม่สามารถวัดค่าได้ เช่น "Library system will response to user quickly" ภายในประโยคมีคำขยายว่า quickly ซึ่งไม่สามารถวัดได้เป็นเวลาจึงเกิดความกำกวมเกิดขึ้น
2. ความต้องกัน	ข้อระบุความต้องการซอฟต์แวร์จะมีความต้องกันได้ ก็ต่อเมื่อไม่ปรากฏความขัดแย้งภายในเอกสารดังต่อไปนี้  2.1) ความขัดแย้งของคุณลักษณะของวัตถุจริง เช่น ในความต้องการหนึ่งปรากฏสีของไฟเป็นสีเขียว	ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลองซอฟต์แวร์ และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบายจะมีความต้องกันได้ ก็ต่อเมื่อความต้องการดังกล่าวไม่ปรากฏความขัดแย้งเป็นดังต่อไปนี้  2.1) ความขัดแย้งของประเภทของวัตถุที่ปรากฏระหว่างความต้องการรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ใน

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐานไอทีบีเอ็ม 830	นิยามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
	<p>แต่ความต้องการอื่นเป็นสิ่งที่พื้นฐาน</p> <p>2.2) ความชัดเจนของตรรกะหรือตรรกะเชิงเวลา เช่น ในความต้องการหนึ่งปรากฏทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ผลลัพธ์ของตัวแปรจะได้มาจากผลรวมของตัวแปรบีและตัวแปรซี (<math>A = B + C</math>) แต่ในอีกความต้องการหนึ่งปรากฏดังกล่าวเป็นผลลัพธ์ของตัวแปรจะได้มาจากผลคูณของตัวแปรบีและตัวแปรซี (<math>A = B * C</math>) เป็นต้น</p> <p>2.3) ความชัดเจนของคำนิยามของวัตถุในความต้องการ 2 ความต้องการหรือมากกว่า เช่น คำนิยามของข้อมูลนำเข้าของความ ต้องการเอ เรียกว่า พรอมต์ (Prompt) แต่ในความต้องการ บี เรียกว่า คิว (Cue) เป็นต้น</p>	<p>ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง ปรากฏประเภทของคุณลักษณะเฉพาะของเลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือ (ISBN) เป็นสายอักขระ (String) แต่ในแผนภาพคลาสปรากฏประเภทของลักษณะประจำ คลาส ของเลขมาตรฐานสากลประจำ หนังสือเป็นตัวอักขระ (Character) เป็นต้น</p> <p>2.2) ความชัดเจนของความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ระหว่างความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน ปรากฏความสัมพันธ์แบบแอสซีซิเอชันระหว่างแอสซีซิเอชัน Customer กับ ยูสเคสที่มีชื่อว่า Borrow loan Items แต่ในแผนภาพยูสเคสไม่ปรากฏความสัมพันธ์ ดังกล่าว เป็นต้น</p> <p>2.3) ความชัดเจนของคำนิยามของวัตถุระหว่างความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติประโยค ภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยค ภาษาธรรมชาติปรากฏโอเปอเรชันของการลบหนังสือชื่อว่า Remove แต่ในแบบจำลองคลาสปรากฏโอเปอเรชันของ</p>

คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐาน ไอทีพีบีอี 830	นิยามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
		การลบหนังสือว่า Delete เป็นต้น
3. การตามรอยได้	<p>ในข้อกำหนดความต้องการซอฟต์แวร์ ความต้องการทุกความต้องการต้องสามารถหาที่มา และมีการอ้างอิงได้ โดยการตามรอยมี 2 แบบ ดังต่อไปนี้</p> <p>3.1) การตามรอยย้อนกลับ (Backward traceable)</p> <p>3.2) การตามรอยข้างหน้า (Forward traceable)</p>	<p>ในการตามรอยความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย โดยแบ่งการตามรอยได้ดังต่อไปนี้</p> <p>3.1) การตามรอยย้อนกลับ จะทำการตามรอยวัตถุภายในความต้องการจากความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบายไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลองไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ เช่น ในแผนภาพยูสเคสปรากฏยูสเคสที่ชื่อว่า Borrow loan items ยูสเคสดังกล่าวจะต้องปรากฏเป็นคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันด้วย</p> <p>3.2) การตามรอยข้างหน้า จะทำการตามรอยวัตถุภายในความต้องการจากความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบจำลองไปยังความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย เช่น ในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างปรากฏคำนามในประโยคชื่อ Book ซึ่งจะต้องปรากฏเป็น</p>





คุณลักษณะ	นิยามตามมาตรฐาน ไอทีริเบปียี 830	นิยามบริบทของงานวิจัยและตัวอย่าง
		คลาสที่ชื่อว่า Book ในแผนภาพคลาส เป็นต้น

## 2) ขอบเขตของส่วนประกอบย่อยของแบบจำลอง

แผนภาพที่ใช้ในการสร้างกฎประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคส (Use case diagram) แผนภาพคลาส (Class diagram) นอกจากนี้ยังมีการนำคำอธิบายของแบบจำลองมาใช้ในการสร้างกฎได้แก่ คำอธิบายยูสเคส (Use case description) และคำอธิบายคลาสที่อยู่ในรูปแบบบัตรความรับผิดชอบและคลาสที่ทำงานร่วมกัน (Class Responsibilities and Collaborators card: CRC card) โดยส่วนประกอบย่อยที่ใช้ในการสร้างกฎจะอ้างอิงจากหนังสือ System Analysis and Design with UML Version 4.0 ซึ่งในแต่ละแบบจำลองมีส่วนประกอบย่อยดังต่อไปนี้

### (1) แบบจำลองยูสเคส


ตารางที่ 2 ส่วนประกอบย่อยยูสเคสที่ใช้ในการสร้างกฎในการทวนสอบ

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ยูสเคส (A use case)		ใช้นำเสนอส่วนสำคัญของฟังก์ชันหรือการทำงานของระบบ
แอกเตอร์ (An Actor)		คนหรือระบบจากภายนอกที่ได้รับประโยชน์จากระบบ
ขอบเขตของระบบ (A subject boundary)		ใช้ในการนำเสนอขอบเขตของระบบ
ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (An association relationship)		ใช้ในการนำเสนอการเชื่อมต่อกันของแอกเตอร์กับยูสเคสที่มีปฏิกริยาได้ต่อกัน

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ความสัมพันธ์แบบอินคลูด (An include relationship)	-- <<include>> -->	ใช้ในการนำเสนอการผนวกรวมของฟังก์ชันในยูสเคสหนึ่งกับยูสเคสอื่นที่เกี่ยวข้องกันในการเรียกใช้งาน
ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เทนด (An extend relationship)	-- <<extend>> -->	ใช้ในการนำเสนอส่วนขยายของยูสเคสจนถึงการผนวกรวมพฤติกรรมแบบทางเลือกสำหรับยูสเคส
ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัไลเซชัน (A generalization relationship)	→	ใช้นำเสนอยูสเคสเฉพาะที่แยกย่อยมาจากยูสเคสหลัก หรือใช้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างแอสเคอริในการรับทอดคุณสมบัติ

## (2) แบบจำลองคลาส

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบย่อยของแบบจำลองคลาสที่ใช้ในการสร้างกฎในการทวนสอบ

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
คลาส (A class)		ใช้นำเสนอประเภทของ คน สถานที่ หรือสิ่งของ ที่ระบบจำเป็นต้องจัดเก็บลงไปในฐานข้อมูล
คุณลักษณะประจำคลาส (An attribute)	Attribute name /derived attribute name	ใช้นำเสนอคุณสมบัติที่อธิบายถึงสภาพของวัตถุ
โอเปอเรชัน (An operation)	Operation name()	ใช้เสนอการกระทำหรือฟังก์ชันที่ประกอบอยู่ในคลาส
ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน (An association relationship)	_____	ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างคลาสหลายคลาส รวมถึงคลาสตัวเอง

ชื่อ	สัญลักษณ์	รายละเอียด
ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัไลเซชัน (A generalization relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นชนิดของ (a kind of) วัตถุระหว่างคลาสหลายคลาส
ความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชัน (An aggregation relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นส่วนหนึ่งของคลาสในเชิงตรรกะระหว่างคลาสหลายคลาส
ความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชัน (A composition relationship)		ใช้นำเสนอความสัมพันธ์ที่แสดงถึงการเป็นส่วนหนึ่งของคลาสในเชิงกายภาพระหว่างคลาสหลายคลาส

### (3) คำอธิบายยูสเคส

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบย่อยคำอธิบายยูสเคสที่ใช้ในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบ

ชื่อ	รายละเอียด
ชื่อยูสเคส (Name)	ชื่อของยูสเคส
แอกเตอร์ (Actor)	ผู้ที่ได้รับประโยชน์โดยตรงกับยูสเคส
รายละเอียดยูสเคส (Description)	คำอธิบายรายละเอียดของยูสเคส
ความสัมพันธ์ (Relation)	ความสัมพันธ์ของยูสเคส ซึ่งประกอบไปด้วยความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชันกับแอกเตอร์ ความสัมพันธ์แบบอินคลูดี ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์เทนดี และความสัมพันธ์แบบเจเนอรัไลเซชันกับยูสเคสอื่น
กระแสนงานหลักของเหตุการณ์ (Normal flow of event)	ขั้นตอนการทำงานหลักของยูสเคส
กระแสนงานย่อยของเหตุการณ์ (Sub flow of event)	ขั้นตอนการทำงานย่อยของยูสเคส
กระแสนงานทางเลือกของเหตุการณ์ (Alternative flow of event)	ขั้นตอนการทำงานที่เป็นทางเลือกของกระแสนงานหลักของยูสเคส



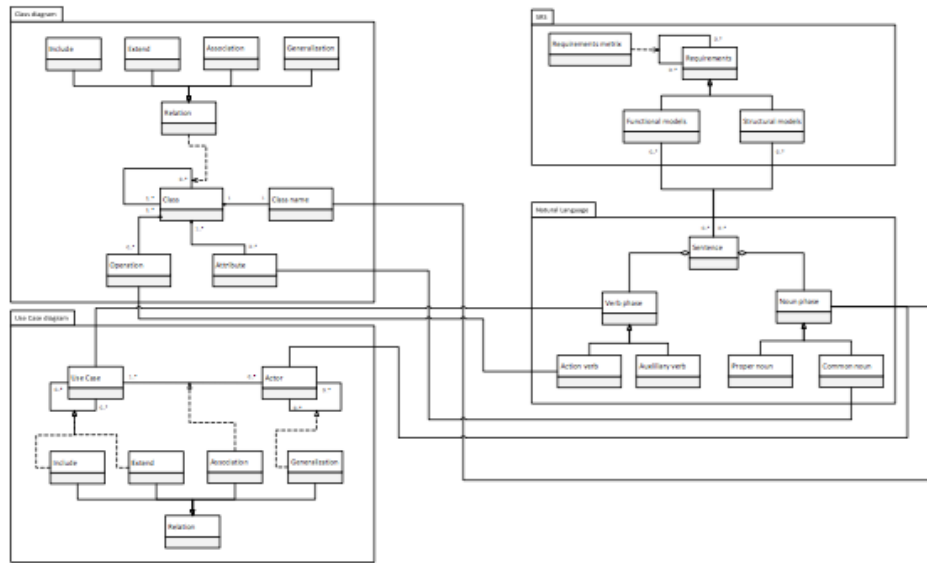
## (4) คำอธิบายคลาส

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบย่อยคำอธิบายคลาสที่ใช้ในการร่างกฎที่ใช้ในการทวนสอบ

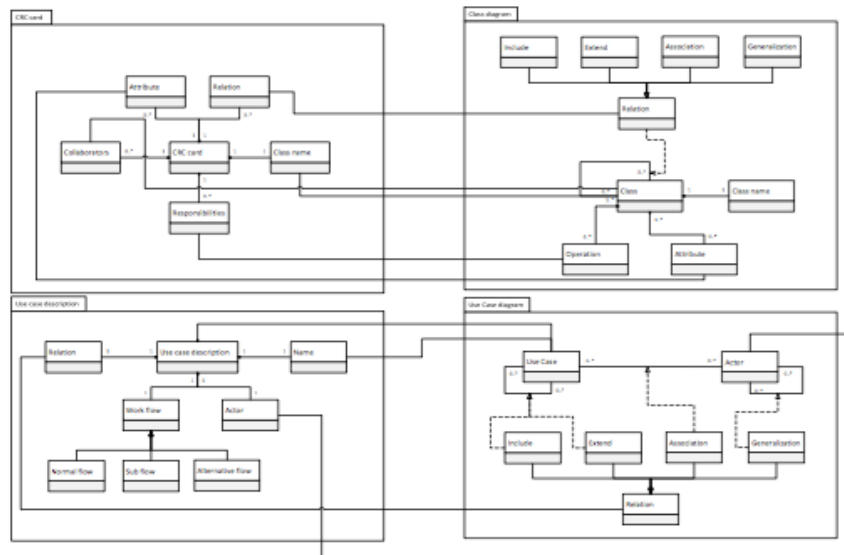
ส่วน	ชื่อ	รายละเอียด
ด้านหน้า (Front)	ชื่อคลาส (Class name)	ชื่อคลาส
	คำอธิบาย (Description)	คำอธิบายรายละเอียดคลาส
	ความรับผิดชอบของคลาส (Responsibilities)	รายละเอียดของหน้าที่หรือการกระทำที่คลาสสามารถทำได้
	คลาสที่ทำงานร่วมกัน (Collaborators)	รายละเอียดของคลาสที่ทำงานร่วมกัน
ด้านหลัง (Back)	คุณลักษณะประจำของคลาส (Attribute)	รายละเอียดของคุณลักษณะประจำของคลาส
	ความสัมพันธ์ของคลาส (Relation)	ความสัมพันธ์ของคลาส ซึ่งประกอบไปด้วย ความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แบบเจเนอรัลไลเซชัน ความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชัน และความสัมพันธ์แบบแอกกรีเกชันระหว่างคลาส

**ส่วนที่ 2 รูปภาพเชิงโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติ แบบจำลอง และคำอธิบายแบบจำลอง**

รูปภาพเชิงโครงสร้างจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของความต้องการที่อยู่ในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการที่อยู่ในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการที่อยู่ในรูปแบบคำอธิบาย โดยรูปภาพเชิงโครงสร้างจะแบ่งออกเป็น 2 ความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของประโยคภาษาธรรมชาติกับแบบจำลองดังรูปที่ 1 และความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองดังรูปที่ 2 ทั้งนี้จะนำความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการดังกล่าวมาใช้สร้างเป็นกฎที่ใช้ในการทวนสอบ



รูปที่ 1 แผนภาพทาสของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบย่อยของประโยคภาษารวมชาติและแบบจำลอง



รูปที่ 2 แผนภาพทาสของความสัมพันธ์ภายในแบบจำลอง

### ส่วนที่ 3 คำถามที่เกี่ยวข้องกับกฎที่ใช้ในการทวนสอบ

กฎที่ใช้ในการทวนสอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 คุณลักษณะได้แก่ คุณลักษณะความไม่กำกวม คุณลักษณะของความตึงกัน และคุณลักษณะการตามรอย โดยหน่วยทดลองจะทำการทวนสอบกฎที่ใช้ในการทวนสอบว่าทุกส่วนประกอบย่อยของความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติ ความต้องการในรูปแบบแบบจำลอง และความต้องการในรูปแบบคำอธิบาย ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างกฎที่ใช้ในการทวนสอบของทั้ง 3 คุณลักษณะอย่างครบถ้วน

**คำชี้แจงส่วนที่ 3** ข้อคำถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามคุณลักษณะที่กฎสามารถทวนสอบได้ดังต่อไปนี้

ส่วนย่อยที่ 1 ความไม่กำกวม

ส่วนย่อยที่ 2 ความตึงกัน

ส่วนย่อยที่ 3 การตามรอย

**ข้อเสนอแนะในการตอบข้อคำถาม** หน่วยทดลองใช้เครื่องหมาย ✓ (เครื่องหมายถูก) ในช่องถูกต้องสำหรับกฎที่สร้างมาอย่างเหมาะสมในการทวนสอบ และหน่วยทดลองใช้เครื่องหมาย ✗ ในช่องไม่ถูกต้องสำหรับกฎที่สร้างมาไม่เหมาะสมสำหรับการทวนสอบ หากหน่วยทดลองต้องการให้คำแนะนำเพิ่มเติมสำหรับกฎ หน่วยทดลองสามารถระบุคำแนะนำลงในช่อง คำแนะนำเพิ่มเติม

### ส่วนย่อยที่ 1 ความไม่คุ้มค่า

มีวัตถุประสงค์เพื่อนิยามกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการเพื่อทวนสอบคุณลักษณะความไม่คุ้มค่า โดยคุณลักษณะความไม่คุ้มค่าจะทวนสอบกับส่วนประกอบย่อยความต้องการที่เป็นประโยคภาษาธรรมชาติ หากในประโยคภาษาธรรมชาติปรากฏคำที่การจะไม่สามารถระบุได้ว่าความต้องการดังกล่าวขาดคุณลักษณะความไม่คุ้มค่า

ตารางที่ 6 กฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการที่ใช้ในการทวนสอบความไม่คุ้มค่า

ความสัมพันธ์	รายละเอียดกฎ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	คำแนะนำเพิ่มเติม
ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชัน	ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติจะมีคุณลักษณะความไม่คุ้มค่าได้ก็ต่อเมื่อประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันไม่ปรากฏคำที่การจะไม่สามารถวัดค่าได้			
ประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง	ความต้องการในรูปแบบประโยคภาษาธรรมชาติจะมีคุณลักษณะความไม่คุ้มค่าได้ก็ต่อเมื่อประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างไม่ปรากฏคำที่การจะไม่สามารถวัดค่าได้			
คำอธิบายแผนภาพยูสเคส	ความต้องการในรูปแบบคำอธิบายจะมีคุณลักษณะความไม่คุ้มค่าได้ก็ต่อเมื่อคำอธิบายยูสเคสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดไม่ปรากฏคำที่การจะไม่สามารถวัดค่าได้			
คำอธิบายแผนภาพคลาส	ความต้องการในรูปแบบคำอธิบายจะมีคุณลักษณะความไม่คุ้มค่าได้ก็ต่อเมื่อคำอธิบายคลาสในส่วนประกอบย่อยรายละเอียดไม่ปรากฏคำที่การจะไม่สามารถวัดค่าได้			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของกฎที่ใช้ในการทวนสอบความไม่คุ้มค่า

.....

.....

.....

## ส่วนย่อยที่ 2 การตามรอย

มีวัตถุประสงค์เพื่อนิยามกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะการตามรอย โดยคุณลักษณะการตามรอยจะทวนสอบกับคำและหน้าที่ของคำที่ปรากฏในความสัมพันธ์ทั้งหมด 4 ความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส และความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส หากทวนสอบแล้วพบคำและหน้าที่ของคำที่หายไป เพิ่มเติมขึ้นมา หรือไม่สามารถตามรอยได้ จะสามารถระบุได้ว่าความต้องการดังกล่าวขาดคุณลักษณะของการตามรอย

ตารางที่ 7 กฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการที่ใช้ในการทวนสอบการตามรอย

ความสัมพันธ์	รายละเอียดกฎ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	คำแนะนำเพิ่มเติม
ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อด้านหน้าที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติต้องปรากฏเป็นแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อแอคเตอร์ในแผนภาพยูสเคสต้องปรากฏเป็นด้านหน้าที่ทำหน้าที่เป็นประธานในประโยคภาษาธรรมชาติ			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อดำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติจะต้องปรากฏเป็นยูสเคสในแผนภาพยูสเคส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อยูสเคสในแผนภาพยูสเคสต้องปรากฏเป็นคำกริยาที่มีความสัมพันธ์กับกรรมในประโยคภาษาธรรมชาติ			
ความสัมพันธ์ระหว่างประโยค	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ก็ต่อเมื่อด้านในประโยคภาษาธรรมชาติเชิง			

ภาษาธรรมชาติ และแผนภาพ	โครงร่างจะต้องปรากฏเป็นคลาสใน แผนภาพคลาส			
คลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ ก็ต่อเมื่อคลาสในแผนภาพคลาสจะต้อง ปรากฏเป็นค่านามในประโยคภาษาธรรมชาติ เชิงโครงร่าง			
ความสัมพันธ์ ระหว่าง แผนภาพยูสเคส และคำอธิบาย ยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ ก็ต่อเมื่อยูสเคสในแผนภาพยูสเคสจะต้องมี คำอธิบายยูสเคส 1 คำอธิบาย			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ ก็ต่อเมื่อคำอธิบายยูสเคสจะต้องปรากฏเป็น คำอธิบายของยูสเคส 1 ยูสเคส			
ความสัมพันธ์ ระหว่าง แผนภาพคลาส และคำอธิบาย คลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ ก็ต่อเมื่อคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องมี คำอธิบายคลาส 1 คำอธิบาย			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการตามรอยได้ ก็ต่อเมื่อคำอธิบายคลาสจะต้องปรากฏเป็น คำอธิบายของคลาส 1 คลาส			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของกฎที่ใช้ในการทดสอบการตามรอย

---



---



---



---

### ส่วนย่อยที่ 3 ความต้องการ

มีวัตถุประสงค์เพื่อนิยามกฎที่สร้างจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะ ความต้องการ โดยความต้องการจะตรวจสอบกับความสัมพันธ์ภายในของคำและหน้าที่ของคำตามความสัมพันธ์ ทั้งหมด 5 ความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงฟังก์ชันกับแผนภาพยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างกับแผนภาพคลาส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพ ยูสเคสกับคำอธิบายยูสเคส ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสกับคำอธิบายคลาส และความสัมพันธ์ระหว่าง แผนภาพยูสเคสกับแผนภาพคลาส หากตรวจสอบแล้วพบความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือคุณลักษณะใดที่หายไป หรือไม่มีความต้องการ จะสามารถระบุได้ว่าความต้องการดังกล่าวขาดคุณลักษณะความต้องการ

ตารางที่ 8 กฎที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการที่ใช้ในการตรวจสอบความต้องการ

ความสัมพันธ์	รายละเอียดกฎ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	คำแนะนำเพิ่มเติม
ความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์แบบเงื่อนไขโลเซชันระหว่างแอคเตอร์			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์แบบเงื่อนไขโลเซชันระหว่างยูสเคส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความต้องการได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยคภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความความสัมพันธ์แบบอินสอูดหรืออีกซ์เทินต์ระหว่างยูสเคส			



	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยค ภาษาธรรมชาติและแผนภาพยูสเคสจะต้องไม่ ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของ ความสัมพันธ์แบบแอสไซซิอ์นระหว่างแอค เทอร์และยูสเคส			
ความสัมพันธ์ ระหว่างประโยค ภาษาธรรมชาติ และแผนภาพ คลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยค ภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้องไม่ ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของ ความสัมพันธ์แบบเจเนอริไลเซชันระหว่าง คลาส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยค ภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้อง ไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของ ความสัมพันธ์แบบเอกวิภาค์นและคอมโพสิ ชันระหว่างคลาส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างประโยค ภาษาธรรมชาติและแผนภาพคลาสจะต้องไม่ ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของ ความสัมพันธ์แบบแอสไซซิอ์นระหว่างคลาส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อคำกริยาในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างจะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันของคลาสในแผนภาพคลาส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีกันได้ ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันของคลาสในแผนภาพ คลาสจะต้องปรากฏเป็นคำกริยาในประโยค ภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง			

	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อกำหนดที่แสดงถึงการเป็นคุณลักษณะในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้างจะต้องปรากฏเป็นคุณลักษณะประจำของคลาสในแผนภาพคลาส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อคุณลักษณะประจำของคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องปรากฏเป็นคำนำที่แสดงถึงการเป็นคุณลักษณะในประโยคภาษาธรรมชาติเชิงโครงสร้าง			
ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพยูสเคสและคำอธิบายยูสเคสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์อินสูลหรือเอ็กซ์เทนส์			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อแอสเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับยูสเคสในแผนภาพยูสเคส จะต้องปรากฏเป็นแอสเตอร์ในส่วนประกอบย่อยแอสเตอร์ของคำอธิบายยูสเคส			
	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อแอสเตอร์ในส่วนประกอบย่อยแอสเตอร์ของคำอธิบายยูสเคสจะต้องปรากฏเป็นแอสเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับยูสเคสในแผนภาพยูสเคส			
ความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีทั้งกันได้ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์แบบแอ็สไซซิเอชันระหว่างคลาส			

ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์แบบ			
ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพคลาสและคำอธิบายคลาสจะต้องไม่ปรากฏความไม่สอดคล้องกันของความสัมพันธ์แบบเอกวิภาค			
ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันในแผนภาพคลาส จะต้องปรากฏเป็นโอเปอเรชันในส่วนประกอบย่อย			
ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อโอเปอเรชันในส่วนประกอบย่อย			
ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อคุณลักษณะประจำของคลาสในแผนภาพคลาสจะต้องปรากฏเป็นคุณลักษณะประจำของคลาสในส่วนประกอบย่อย			
ความต้องการจะมีคุณลักษณะความดีงามกันได้	ก็ต่อเมื่อคุณลักษณะประจำของคลาสในส่วนประกอบย่อยคุณลักษณะประจำของคำอธิบายคลาส จะต้องปรากฏเป็น			
	คุณลักษณะประจำของคลาสในแผนภาพ			
คลาส				

ความสัมพันธ์ ระหว่าง แผนภาพฟูสเคส และแผนภาพ คลาส	ความต้องการจะมีคุณลักษณะการต้องกันได้ก็ ต่อเมื่อแอคเตอ์ในแผนภาพฟูสเคสจะต้อง ปรากฏเป็นคลาสในแผนภาพคลาส			
--	---	--	--	--

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของกฎที่ใช้ในการทวนสอบความต้องกัน

---



---



---



---

2) แบบฟอร์มสำหรับการประเมินความเข้าใจของหน่วยทดลองที่มีผลต่อกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการเพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ



**แบบฟอร์มสำหรับประเมินความเข้าใจของหน่วยทดลอง**

**ที่มีผลต่อกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการเพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ**

**วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม**

- 1) เพื่อสำรวจความเข้าใจของหน่วยทดลองที่มีต่อกฎที่ได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยของความต้องการ เพื่อใช้ในการทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการ

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (เครื่องหมายถูก) ลงในช่องว่างทางขวามือที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด (5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย 3 = เห็นด้วยปานกลาง 2 = ไม่เห็นด้วย 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง)

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ท่านทราบที่มาและปัญหาของงานวิจัยนี้					
2. ท่านทราบว่าจะงานวิจัยนี้ต้องการนำเสนออะไร					
3. ท่านทราบวัตถุประสงค์ของการทำการทดลองนี้					
4. ท่านคิดว่ากฎที่ใช้ในการทวนสอบได้สร้างขึ้นจากส่วนประกอบย่อยความต้องการอย่างครบถ้วน					
5. ท่านคิดว่าจะกฎที่ใช้ในการทวนสอบสามารถทวนสอบคุณลักษณะที่ดีของความต้องการได้อย่างถูกต้อง					
6. ท่านคิดว่ากฎสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทวนสอบความต้องการได้ง่าย					

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

.....

.....

.....



### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐพล ภัณฑานิติเลิศ เกิดเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ศาสตร์คอมพิวเตอร์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2554 และเข้ารับการศึกษาคือต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

