การตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์

นางสาวกฤติกา ทิพย์ยอดศรี

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A FEATURE–
ORIENTED TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE EVOLUTION BY VECTOR SPAC
E MODEL

Miss Krittika Tipyodsree

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	การตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์
โดย	นางสาวกฤติกา ทิพย์ยอดศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มฑุปายาส ทองมาก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฤติกา ทิพย์ยอดศรี : การตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์ (A FEATURE–ORIENTED TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE EVOLUTION BY VECTOR SPACE MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี, 103 หน้า.

การตามรอยเชิงฟีเจอร์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เป็นขั้นตอนที่ช่วยในการตรวจสอบความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์โดยจะมีลิงค์การตามรอยเชื่อมโยงกันระหว่างสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์2สิ่งประดิษฐ์ เมื่อเกิดวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ทำให้ลิงค์การตามรอยเดิมที่ถูกจัดเก็บไว้เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้ต้องมีการหาลิงค์การตามรอยใหม่ที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีเดิมจะทำการหาลิงค์การตามรอยใหม่โดยนักวิเคราะห์ระบบจะเป็นผู้วิเคราะห์และแก้ไขเอง ทำให้ใช้เวลานาน และเมื่อระบบมีขนาดใหญ่จะมีความซับซ้อนมากขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาการขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอย

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์เพื่อหาลิงค์การตามรอยใหม่ที่จะเกิดขึ้นแบบอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้นักวิเคราะห์ระบบและผู้พัฒนาสามารถที่จะดูแลจัดการชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าวิธีการดังกล่าวให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ครบถ้วนและใช้เวลารวดเร็ว ซึ่งทำการประเมินผลโดยใช้ค่าความแม่นยำและค่าความระลึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5470111221 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING
KEYWORDS: VECTOR SPACE MODEL, SOFTWARE PRODUCT LINE, TRACEABILITY

KRITTIKA TIPYODSREE: A FEATURE–ORIENTED TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE EVOLUTION BY VECTOR SPACE MODEL. ADVISOR: ASSOC. PROF. PORNSIRI MUENCHAISRI, Ph.D., 103 pp.

The features-oriented traceability in software product line is a process that helps to ensure consistency and coherence between features and components of the invention.There will be a link to track links between artifacts of two software artifacts. When a software product line evolution.Links to track changes to the originally stored. We need to find a new link to the trace. The old method The old method will find a link to trace by a systems analyst will analyze and fix. It took a long time. When the system is large, it is more complicated. The problem is It causes problems to deal with the lack of a link to the trace.

This research proposes an approach to trace the features in a software product line using the vector space model to find links to the new trace automatically.The approach help systems analysist and developers to manage the software components in the systems effectively.

The results shows that such approach results that are accurate and complete in less time. Evaluated using the precision and the recall.

Department: Computer Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Software Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จและครบถ้วนสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือและความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาทั้งทางด้านวิชาการและความรู้ต่างๆ รวมไปจนกระทั่งด้านคุณธรรมจริยธรรม ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มฑุ ปายาส ทองมาก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับข้อชี้แนะและแนวทางต่างๆ ที่ช่วยเพิ่มพูนให้งานวิจัยมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำสั่งสอนแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยให้ข้อมูล คำปรึกษา และความช่วยเหลือต่างๆ ในระหว่างการสอบวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติๆ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ปัญหาของงานวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย 3

1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย 3

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ 4

1.8 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ 4

1.9 ผลงานที่ตีพิมพ์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1.1 สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software Product Line) 5

2.1.2 การตามรอย (Traceability) 6

2.1.3 การค้นคืนสารสนเทศ (Information Retrieval) [4] 7

2.1.4 เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model) [4] 8

2.1.5 การจัดการความผันแปร (Variability Management) [5] 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.6 วิธีการวิเคราะห์โดเมนเชิงฟีเจอร์ (Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Method) [6] 10

2.1.7 วิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานยูเอ็มแอลหรือพลัส (Product Line UML-Based Software Engineering) [7] 10

2.1.8 ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML : Extensible Markup Language) [8] 11

2.1.9 เอ็กซ์เอ็มไอ (XMI: XML Metadata Interchange) [9] 12

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.2.1 Improving Automated Documentation to Code Traceability by Combining Retrieval Techniques โดย Xiaofan Chen และ John Grundy [10] 13

2.2.2 A feature – oriented traceability for software product line evolution โดย Kamthon Chavanaves [11] 14

2.2.3 Establishment of requirements traceability using term similarity computation โดย Sayphin Taweesri [12] 15

บทที่ 3 การออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 16

3.1 ปัญหา วัตถุประสงค์ และภาพรวมของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 16

3.2 ขั้นตอนของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 21

3.2.1 สร้างข้อมูลการตามรอยของฟีเจอร์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 22

3.2.2 สร้างข้อมูลการตามรอยของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3..2.3 สร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 24

3.2.4 ทำการเพิ่ม ลด แก้ไขฟีเจอร์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 25

3.2.5 ทำการเพิ่ม ลด แก้ไขส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 26

3.2.6 สร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 27

บทที่ 4 การประเมินวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 35

4.1 การประเมินลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้โดยกรณีศึกษาของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ .. 35

4.1.1 บทวิเคราะห์ผลการประเมิน 40

4.2 การประเมินลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้โดยกรณีศึกษาของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 41

4.2.1 บทวิเคราะห์ผลการประเมิน 46

4.3 ผลการประเมินวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 47

บทที่ 5 การพัฒนาเครื่องมือ 48

5.1 แผนภาพยูสเคส (Use case diagram) 48

5.2 แผนภาพคลาส (Use case diagram) 56

5.3 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) 57

5.4 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) 59

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 สรุปผลการวิจัย 60

6.2 ข้อจำกัด 61

6.3 งานวิจัยในอนาคต 61

รายการอ้างอิง 62

ภาคผนวก ก 64

คู่มือการใช้งานเครื่องมือการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 64

ก.1 การทำงานและส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน 64

ก.1.1 ส่วนการทำงานก่อนวิวัฒนาการ 64

ก.1.2 ส่วนของการทำงานหลังวิวัฒนาการ 72

ภาคผนวก ข 79

ตารางการทดลองและการวิเคราะห์ผล บทที่ 4 79

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคพื้นฐานสำหรับการค้นคืนสารสนเทศ 17
ตารางที่ 3.2 ตารางการสร้างข้อมูลการตามรอยของฟีเจอร์ 22
ตารางที่ 3.3 ตารางการสร้างข้อมูลการตามรอยของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ 24
ตารางที่ 3.4 ตารางการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ 24
ตารางที่ 3.5 ตารางการเปรียบเทียบฟีเจอร์ทั้งสองเวอร์ชัน 27
ตารางที่ 3.6 ตารางการหาความถี่และน้ำหนักคำสำคัญ 31
ตารางที่ 3.7 ตารางค่าระดับความคล้ายกัน 32
ตารางที่ 3.8 ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ 33
ตารางที่ 3.9 ตารางการสร้างลิงค์การตามรอยก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ 33
ตารางที่ 4.1 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ช่วงก่อนวิวัฒนาการ 35
ตารางที่ 4.2 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ช่วงหลังวิวัฒนาการ 38
ตารางที่ 4.3 คำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันที่เกิดขึ้นของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 40
ตารางที่ 4.4 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ช่วงก่อนวิวัฒนาการ 41
ตารางที่ 4.5 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ช่วงหลังวิวัฒนาการ 44
ตารางที่ 4.6 คำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 45
ตารางที่ 4.7 สรุปผลการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 47
ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดเบื้องต้นของระบบ 48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.2 คำอธิบายยูสเคส สร้างข้อมูลการตามรอย 50
ตารางที่ 5.3 คำอธิบายยูสเคส สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ 51
ตารางที่ 5.4 คำอธิบายยูสเคส สร้างลิงค์การตามรอย 52
ตารางที่ 5.5 คำอธิบายยูสเคส แก้ไขข้อมูลการตามรอย..... 53
ตารางที่ 5.6 คำอธิบายยูสเคส สอบถามข้อมูลการตามรอย..... 54
ตารางที่ 5.7 คำอธิบายยูสเคส ดูผลลัพธ์ข้อมูลการตามรอย..... 55

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข. 1 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์..... 79
ตารางที่ ข. 2 ความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรก 81
ตารางที่ ข. 3 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์..... 84
ตารางที่ ข. 4 การคำนวณหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดล.... 86
ตารางที่ ข. 5 ผลการประเมินระหว่างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงกับลิงค์การตามรอยโดย
ความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 90
ตารางที่ ข. 6 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์..... 92
ตารางที่ ข. 7 ความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรก 94
ตารางที่ ข. 8 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์..... 97
ตารางที่ ข. 9 การคำนวณหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดล.... 99
ตารางที่ ข. 10 ผลการประเมินระหว่างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงกับลิงค์การตามรอยโดย
ความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 102

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 กิจกรรมของสายผลิตภัณฑ์ [2] 6

รูปที่ 2.2 ภาพรวมกระบวนการค้นคืนสารสนเทศ 7

รูปที่ 2.3 ภาพรวมวิธีการตามรอยระหว่างเอกสารและโค้ด [10] 13

รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 18

รูปที่ 3.2 กระบวนการและข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออกของงานวิจัย 19

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล 21

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของต้นไม้ฟีเจอร์สำหรับรถยนต์ 22

รูปที่ 3.5 แผนภาพคลาสสำหรับรถยนต์ 23

รูปที่ 3.6 แบบจำลองฟีเจอร์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์(ตัวเอียงคือฟีเจอร์ที่ถูกเพิ่มเข้าไปใหม่ เส้นประคือฟีเจอร์ทางเลือก เส้นทึบคือฟีเจอร์จำเป็น) 26

รูปที่ 3.7 แผนภาพคลาสซึ่งแสดงถึงคลาสที่ถูกลด แก้ไข และเพิ่มเข้าไปใหม่ ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์(ตัวเอียง คือ คลาสที่ถูกเพิ่มเข้าไปใหม่ ตัวหนาแสดงคลาสที่ถูกแก้ไข) 27

รูปที่ 3.8 กิจกรรมย่อยสำหรับการสร้างดรรชนีการค้นคืน 29

รูปที่ 4.1 แผนภาพยูสเคสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 36

รูปที่ 4.2 แผนภาพคลาสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 36

รูปที่ 4.3 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 37

รูปที่ 4.4 แผนภาพยูสเคสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 38

รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 39

รูปที่ 4.6 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ 39

รูปที่ 4.7 แผนภาพยูสเคสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 42
รูปที่ 4.8 แผนภาพคลาสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 42
รูปที่ 4.9 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 43
รูปที่ 4.10 แผนภาพยูสเคสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 44
รูปที่ 4.11 แผนภาพคลาสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 44
รูปที่ 4.12 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ 45
รูปที่ 5.1 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสนับสนุน 49
รูปที่ 5.2 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสนับสนุน 57
รูปที่ 5.3 แผนภาพกิจกรรมของระบบก่อนวิวัฒนาการและหลังวิวัฒนาการ 58

ภาคผนวก ก.

รูปที่ ก. 1 การสร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆ 65
รูปที่ ก. 2 โปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ 66
รูปที่ ก. 3 การเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ 66
รูปที่ ก. 4 การเพิ่มฟีเจอร์จะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ 67
รูปที่ ก. 5 การกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(1) 68
รูปที่ ก. 6 การกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(2) 69
รูปที่ ก. 7 การสร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture 70
รูปที่ ก. 8 การเรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 71
รูปที่ ก. 9 การแก้ไขโปรเจคเดิมโดยการใส่ข้อมูลต่างๆ 72
รูปที่ ก. 10 โปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ 73
รูปที่ ก. 11 การเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ 73
รูปที่ ก. 12 การแก้ไขฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ 74
รูปที่ ก. 13 รายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(1) 75
รูปที่ ก. 14 รายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(2) 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ ก. 15 การแสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า 77
รูปที่ ก. 16 การสร้างลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัยเรื่องการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้แบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์หรือเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล (ในที่นี้จะใช้คำว่าเวกเตอร์สเปซโมเดลแทนคำว่าแบบจำลองปริภูมิเวกเตอร์เพื่อง่ายต่อการศึกษางานวิจัย) ซึ่งประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย ปัญหาของงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการกับการขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ วัตถุประสงค์ ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ของงานวิจัย ขั้นตอนและวิธีดำเนินการในงานวิจัย

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เป็นแนวคิดที่เน้นการนำกลับมาใช้งานใหม่ (Reuse)โดยจะต้องสกัดหาส่วนที่มีความเป็นทั่วไปของผลิตภัณฑ์ (Commonality) และความจำเพาะหรือความผันแปรของผลิตภัณฑ์ (Variability) เพื่อหาสินทรัพย์หลัก (Core Asset) ของกลุ่มของผลิตภัณฑ์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ หรืออาจเรียกได้ว่า สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์นั้นถูกออกแบบให้สนับสนุนกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย เพื่อตอบสนองกลุ่มของลูกค้าที่มีความต้องการที่แตกต่างกัน

การพัฒนาระบบสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบใดระบบหนึ่งชิ้นส่วนต่างๆของซอฟต์แวร์ในแต่ละเฟสของการพัฒนาย่อมมีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้คือการตามรอยนั่นเอง และจะมีลิงค์การตามรอยระหว่างชิ้นส่วนต่างๆที่เชื่อมโยงกันอยู่ ยกตัวอย่างในเฟสของการวิเคราะห์และออกแบบ เช่น แผนภาพยูสเคสสามารถนำไปสร้างเป็นแผนภาพกิจกรรมได้ แผนภาพกิจกรรมสามารถนำไปสร้างเป็นแผนภาพคลาสได้ และแผนภาพต่างๆสามารถตรวจสอบกลับไปยังข้อกำหนดของความต้องการหรือฟีเจอร์ของระบบได้ เป็นต้น จะเห็นว่าทุกๆชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ของระบบต้องมีความสอดคล้องและไม่ขัดแย้งกันจึงจะสามารถส่งต่อให้เฟสของการพัฒนาและการทดสอบสามารถพัฒนาระบบออกมาอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานอย่างสูงสุด

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้ภายหลังจากการพัฒนาระบบ หรือภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ย่อมส่งผลให้ลิงค์ระหว่างชิ้นส่วนต่างๆที่ถูกจัดเก็บไว้อย่างถูกต้องและ

สอดคล้องกันมีการเปลี่ยนแปลงด้วย การขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ อันเนื่องมาจากวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในแบบจำลองฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ด้วย งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

1.2 ปัญหาของงานวิจัย

การขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ อันเนื่องมาจากวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในแบบจำลองฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ออกแบบวิธีการหาลิงค์การตามรอยที่อาจเกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

2) พัฒนาเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการออกแบบวิธีการหาลิงค์การตามรอยที่อาจเกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้ครอบคลุมการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้แบบจำลองฟีเจอร์เป็นศูนย์กลางในการตามรอยไปยังสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เท่านั้น

2) ข้อมูลนำเข้าของวิธีการตามรอยนี้ได้แก่

2.1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

2.2) แผนภาพคลาส (Class Diagram)

2.3) แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram)

2.4) ฟีเจอร์(Feature)ในแบบจำลองฟีเจอร์(Feature Model)

3) ข้อมูลส่งออกของวิธีการตามรอยนี้คือ ผลของข้อมูลการตามรอยระหว่างแบบจำลองฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์

4) เครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ถูกพัฒนาขึ้นในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลนำเข้าได้ตามต้องการและเครื่องมือสามารถแสดงข้อมูลส่งออกไปยังผู้ใช้ได้

5) การประเมิน ประเมินโดยการนำกรณีศึกษาที่อยู่ในรูปแบบของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่ได้มีการตามรอยระหว่างแบบจำลองฟีเจอร์กับสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการประเมิน ซึ่งจะทำการประเมินว่าเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลสามารถสร้างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์กับส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ได้มากน้อยเพียงใดโดยเทียบกับลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย

1) ได้วิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยสามารถสร้างลิงค์การตามรอยที่อาจเกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์กับส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องแม่นยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ได้เครื่องมือที่ช่วยให้นักวิเคราะห์ระบบและผู้พัฒนาสามารถที่จะดูแลจัดการชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ในระบบ สามารถประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมความต้องการ

1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยวิธีการวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ การตามรอยเชิงฟีเจอร์ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส แผนภาพลำดับ

2) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตามรอยในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

3) ศึกษาเทคนิคการค้นคืนสารสนเทศโดยพิจารณาที่เทคนิคพื้นฐาน

4) ออกแบบวิธีการตามรอยในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

5) พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตามรอยสำหรับสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

6) ทดสอบการทำงานของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น

7) สรุปผลการวิจัย นำเสนอและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

ลดภาระของนักวิเคราะห์ระบบและผู้พัฒนาในการดูแลจัดการชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ในระบบ สามารถประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมความต้องการ

1.8 โครงสร้างของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บทคือ บทที่ 1 เป็นบทนำ ซึ่งเป็นบทที่กำลังกล่าวถึงอยู่ในขณะนี้ บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 เป็นบทที่อธิบายถึงการแก้ปัญหาการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล บทที่ 4 เป็นบทที่อธิบายการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือตามแนวคิดที่นำเสนอ บทที่ 5 เป็นบทที่อธิบายการทดลองและผลการทดลองของแนวคิดที่นำเสนอ รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลอง และบทที่ 6 เป็นบทสุดท้าย ซึ่งจะเป็นบทสรุปและข้อจำกัดของงานวิจัย รวมทั้งงานวิจัยในอนาคต และบทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.9 ผลงานที่ตีพิมพ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการในหัวข้อเรื่อง “A Feature – Oriented Traceability For Software Product Line Evolution Using Vector Space Model” ในงานประชุมวิชาการ “The 10th National Conference on Computing and Information Technology” ณ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 8-9 พฤษภาคม 2557

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยฉบับนี้ ภายในจะประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง และส่วนที่สองเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะแสดงรายละเอียดของทั้งสองส่วนได้ดังนี้

2.1 ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

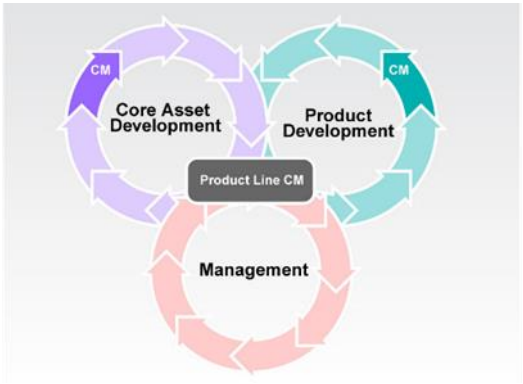
ในส่วนนี้อธิบายเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ทฤษฎี และหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งหมดด้วยกัน 9 ส่วนย่อยๆ คือ สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ การตามรอย การค้นคืนสารสนเทศ เวกเตอร์สเปซโมเดล การจัดการความผันแปร วิธีการวิเคราะห์โดเมนเชิงฟีเจอร์ วิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานยูเอ็มแอลหรือพลัส ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล เอ็กซ์เอ็มไอ โดยจะแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

2.1.1 สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ (Software Product Line)

เป็นการนำแนวคิดการผลิตเชิงอุตสาหกรรมมาใช้กับซอฟต์แวร์ เพื่อให้ Software สามารถ reuse ได้ง่ายโดยนำหลักการที่สำคัญ คือ การจัดการกับสายการผลิต จะเริ่มต้นตั้งแต่การเก็บรวบรวมความต้องการ วิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์ วางแผนสายการผลิต จนถึงเริ่มต้นผลิตสินค้า ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการสายการผลิตที่ดีคือ ช่วยลดต้นทุนและเวลาในการผลิต สนับสนุนให้เกิดกระบวนการการผลิตสินค้าให้มีความหลากหลายโดยจะต้องสร้าง core asset จากการสกัดหาส่วนที่เป็น commonality คือ ความเป็นทั่วไปของผลิตภัณฑ์ และ Variability ความจำเพาะของผลิตภัณฑ์มาแปลงให้เป็น core asset base

Clement และ Northop [1] ได้อธิบายว่าในกระบวนการของการพัฒนาสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 3 ส่วนซึ่งเป็นกิจกรรมหลัก ได้แก่ ส่วนของการพัฒนาสินทรัพย์หลัก ส่วนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และส่วนของการจัดการ โดยเราสามารถสร้างซอฟต์แวร์จากสินทรัพย์หลัก

หรือ ดึงเอาสินทรัพย์หลักมาจากผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นก็ได้ ส่วนการจัดการเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ทั้งสองกิจกรรมสามารถดำเนินไปด้วยความต่อเนื่องและสอดคล้องกัน



รูปที่ 2.1 กิจกรรมของสายผลิตภัณฑ์ [2]

2.1.2 การตามรอย (Traceability)

คือการเชื่อมโยงหรือระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ 2 สิ่งประดิษฐ์ จะช่วยให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่าซอฟต์แวร์ที่เราพัฒนาขึ้นมาได้ถูกพัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริงหรือไม่ การตามรอยนั้นสามารถทำได้ตั้งแต่กระบวนการเก็บรวบรวมความต้องการไปจนถึงการทดสอบระบบ ในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาซอฟต์แวร์จะเชื่อมโยงและสอดคล้องกันตั้งแต่การเก็บความต้องการของผู้ใช้งานไปยังข้อกำหนดความต้องการ การออกแบบซอฟต์แวร์ การพัฒนาซอฟต์แวร์ และการทดสอบซอฟต์แวร์ ซึ่งหากมีส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลต่อส่วนอื่นๆ ด้วย เช่น หากมีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดความต้องการ ก็ย่อมส่งผลต่อการออกแบบ การพัฒนา และการทดสอบ

ข้อมูลการตามรอยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท [3]

1.การตามรอยแบบย้อนกลับจากความต้องการ (Backward-from Traceability) เป็นข้อมูลการตามรอยที่เชื่อมโยงจากความต้องการกลับไปยังแหล่งของความต้องการอยู่ในรูปแบบเอกสารผู้คนที่เกี่ยวข้อง

2.การตามรอยแบบไปข้างหน้าจากความต้องการ (Forward-from Traceability) เป็นข้อมูลการตามรอยที่เชื่อมโยงจากความต้องการไปยังส่วนประกอบของการออกแบบและการพัฒนา

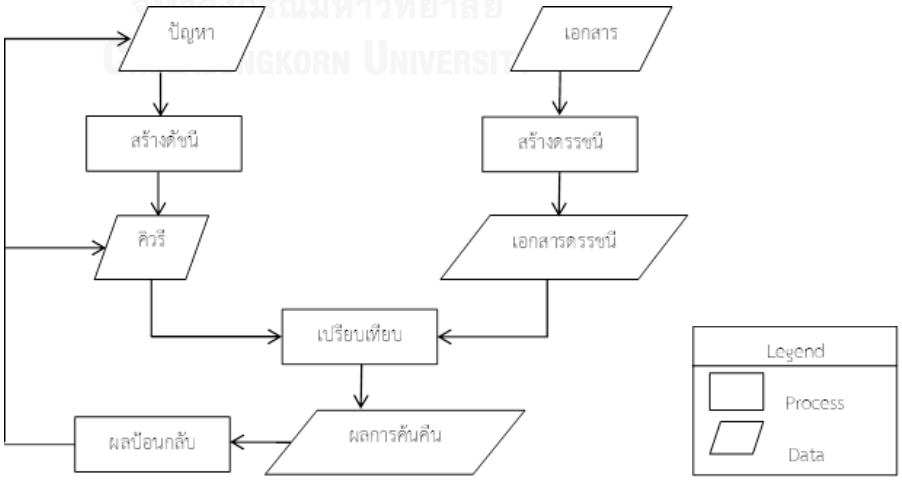
3.การตามรอยแบบย้อนกลับถึงความต้องการ (Backward-to Traceability) เป็นข้อมูลการตามรอยที่เชื่อมโยงจากส่วนประกอบของการออกแบบและการพัฒนากลับไปยังความต้องการ

4.การตามรอยแบบไปข้างหน้าถึงความต้องการ (Forward-to Traceability) เป็นข้อมูลการตามรอยที่เชื่อมโยงจากเอกสารอื่นๆซึ่งมีมาก่อนเอกสารความต้องการไปยังเอกสารความต้องการที่เกี่ยวข้อง

2.1.3 การค้นคืนสารสนเทศ (Information Retrieval) [4]

การค้นคืนสารสนเทศคือการรวบรวม การจัดเก็บ และการเข้าถึงข้อมูลโดยพิจารณาและวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์การขึ้นต่อกัน ผลกระทบหรือความคล้ายกันของเอกสาร เพื่อรวบรวมและจัดเก็บให้ตรงกับความต้องการหรือคิวรี (Queries) มีการสร้างดรรชนี (Indexing) ในการเข้าถึง โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนจะทำการจัดลำดับและเรียงความสำคัญเพื่อให้ตรงกับความต้องการมากที่สุด

ในกระบวนการทำงานของการค้นคืนสารสนเทศจะประกอบด้วยชุดของเอกสาร ชุดของความต้องการหรือคิวรี และกระบวนการพิจารณาความคล้ายกันของเอกสารกับคิวรี สามารถแสดงภาพรวมของกระบวนการค้นคืนสารสนเทศได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพรวมกระบวนการค้นคืนสารสนเทศ

2.1.4 เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model) [4]

เป็นโมเดลในการจัดเก็บเอกสาร โดยจะแทนเอกสารที่ผู้ใช้คิวรีเข้ามาด้วย Vector จากนั้นทำการเปรียบเทียบโดยทำการคำนวณความคล้ายกันเพื่อหาเอกสารที่มี Vector คล้ายกับของผู้ใช้มากที่สุดออกมาเป็นผลลัพธ์ ซึ่งหากปรากฏคำ ณ ตำแหน่งนั้นหรือเอกสารหรือคิวรี จะให้ค่าเป็น “1” หากไม่ปรากฏจะให้ค่าเป็น “0” ในการนับความถี่ของคำที่ปรากฏและการให้ค่าน้ำหนักของคำสำคัญในเอกสาร (Term Weight) ดังสมการที่ 1 [4]

$$wi = tfi * \log\left(\frac{D}{dfi}\right) \quad (1)$$

เมื่อ wi เท่ากับค่าน้ำหนักของคำสำคัญ i ในเอกสาร

tfi เท่ากับความถี่ หรือ จำนวนคำสำคัญที่ปรากฏในเอกสาร

dfi เท่ากับผลรวมค่าความถี่ของคำสำคัญ i ในทุกๆ เอกสารที่อยู่ในฐานข้อมูล

D เท่ากับจำนวนเอกสารที่อยู่ในฐานข้อมูล

ค่าความคล้ายกัน (Similarity) ของเอกสาร คือ การที่จะแสดงว่าเอกสารหนึ่งๆ มีคุณสมบัติคล้ายกับอีกเอกสารหนึ่งหรือตรงกับคิวรีที่ต้องการหานั้น สามารถคำนวณได้จาก ค่าความคล้ายกัน (S) เท่ากับผลคูณระหว่างเวกเตอร์เอกสาร กับเวกเตอร์คิวรี ดังสมการที่ 2

$$S = \left(\frac{dXd'}{|d||d'|}\right) \quad (2)$$

เมื่อ d แทนเวกเตอร์ของเอกสาร

d' แทนเวกเตอร์ของคิวรี

$|d|$ แทนขนาดของเอกสาร

$|d'|$ แทนขนาดของคิวรี

การวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนสารสนเทศวัดได้จากค่าความแม่นยำ (Precision) และความระลึก (Recall)

ค่าความแม่นยำ (P) เป็นอัตราส่วนของการค้นพบเอกสารที่เกี่ยวเนื่องที่ค้นคืนได้กับจำนวนเอกสารทั้งหมดที่ทำการค้นคืนออกมาได้ ดังสมการที่ 3

$$P = \left(\frac{\text{จำนวนเอกสารที่เกี่ยวเนื่องที่ค้นคืนได้}}{\text{จำนวนเอกสารทั้งหมดที่ทำการค้นคืนออกมาได้}} \right) \quad (3)$$

ค่าความระลึก (R) เป็นอัตราส่วนของการค้นพบเอกสารที่เกี่ยวเนื่องที่ค้นคืนได้กับจำนวนเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวเนื่องทั้งหมดในฐานข้อมูล ดังสมการที่ 4

$$R = \left(\frac{\text{จำนวนเอกสารที่เกี่ยวเนื่องที่ค้นคืนได้}}{\text{จำนวนเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวเนื่องทั้งหมดในฐานข้อมูล}} \right) \quad (4)$$

2.1.5 การจัดการความผันแปร (Variability Management) [5]

สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เป็นแนวคิดที่สนับสนุนกลุ่มของผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มของผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะสนับสนุนกลุ่มของลูกค้าที่มีความต้องการที่แตกต่างกันเพื่อรองรับส่วนแบ่งทางการตลาดที่มีความหลากหลาย โดยวิศวกรรมซอฟต์แวร์จะมองสายผลิตภัณฑ์ในภาพรวมซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแปรปรวน (Variation) ระหว่างระบบเดี่ยวความผันแปรต้องมีการระบุ นำเสนอ พัฒนา และปรับปรุง ซึ่งเรียกกระบวนการทั้งหมดเหล่านี้รวมกันว่าการจัดการความผันแปร

เมื่อมีการจัดการความผันแปรในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ จะต้องมีการแบ่งความผันแปรออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. คอมมอลนอลลิตี (Commonality) เป็นลักษณะใดๆ ที่แสดงคุณลักษณะที่มีในทุกผลิตภัณฑ์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ความผันแปรประเภทนี้ถูกสร้างเป็นส่วนหนึ่งของสินทรัพย์หลัก

2. แวริบิลิตี (Variability) เป็นลักษณะใดๆ ที่แสดงคุณลักษณะที่มีในบางผลิตภัณฑ์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์แต่ไม่ทั้งหมด ความผันแปรประเภทนี้จะถูกสร้างเป็นส่วนหนึ่งของสินทรัพย์หลัก

3. โปรดักท์สเปซิฟิก (Product-Specific) เป็นลักษณะใดๆ ที่แสดงคุณลักษณะที่มีเฉพาะในผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ คุณลักษณะเฉพาะเหล่านี้จะไม่เป็นที่ต้องการในทางการตลาดโดยทั่วไปแต่เป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์หนึ่งๆเท่านั้น ความผันแปรประเภทนี้จะไม่ถูกสร้างให้เป็นส่วนหนึ่งของสินทรัพย์หลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.6 วิธีการวิเคราะห์โดเมนเชิงฟีเจอร์ (Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Method) [6]

วิธีการวิเคราะห์โดเมนเชิงฟีเจอร์จะมีการสนับสนุนการนำกลับมาใช้ใหม่ที่ระดับฟังก์ชันและระดับสถาปัตยกรรม ผลิตภัณฑ์โดเมนซึ่งนำเสนอฟังก์ชันและสถาปัตยกรรมทั่วไปของแอพลิเคชันโดเมนจะถูกสร้างจากการวิเคราะห์โดเมน ในขณะที่แต่ละแอปพลิเคชันในโดเมน จะพัฒนาในลักษณะของการเลือกผลิตภัณฑ์โดเมนให้เหมาะสมกับแอปพลิเคชันของตน

ฟีเจอร์คือลักษณะใดๆที่แสดงคุณลักษณะของระบบ วิธีการสร้างแบบจำลองฟีเจอร์สามารถถูกสร้างได้ในรูปแบบของต้นไม้ฟีเจอร์(Feature Tree) ฟีเจอร์ในแบบจำลองฟีเจอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท เพื่อที่จะระบุความผันแปรของฟีเจอร์นั้นว่าเป็นความผันแปรประเภทใด ได้แก่

1.ฟีเจอร์จำเป็น (Common Feature) คือ ฟีเจอร์ที่จำเป็นจะต้องถูกเลือกเสมอ

2.ฟีเจอร์ทางเลือก (Optional Feature) คือ ฟีเจอร์ที่สามารถถูกเลือกหรือไม่ก็ได้

3.ฟีเจอร์เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง (Alternative Feature) คือ ฟีเจอร์ในกลุ่มของฟีเจอร์ซึ่งอนุญาตให้มีการเลือกฟีเจอร์ใดฟีเจอร์หนึ่งจากกลุ่มของฟีเจอร์ได้เพียงฟีเจอร์เดียวเท่านั้น

2.1.7 วิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานยูเอ็มแอลหรือพลัส (Product Line UML-Based Software Engineering) [7]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์บนพื้นฐานยูเอ็มแอลหรือพลัส [7] ได้มีการแบ่งซอฟต์แวร์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนทั่วไป (Commonality) เป็นลักษณะใดๆที่แสดงคุณลักษณะที่มีในทุกผลิตภัณฑ์ในสาย ผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ความผันแปรนี้ถูกสร้างให้เป็นส่วนหนึ่งของสินทรัพย์หลัก และส่วนแปรผัน (Variability) เป็นลักษณะใดๆ ที่แสดงคุณลักษณะที่มีในบางผลิตภัณฑ์ในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ ความผันแปรนี้ถูกสร้างให้เป็นส่วนหนึ่งของสินทรัพย์หลัก

การสร้างแบบจำลองสายผลิตภัณฑ์ด้วยยูเอ็มแอลเกิดจากการนำการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยยูเอ็มแอลมาผนวกรวมกับสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จนกลายเป็นวิศวกรรมสายผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานยูเอ็มแอลหรือพลัสในการสร้างแบบจำลองโดยวิธีพลัสจะคล้ายคลึงกับวิธีการเชิงวัตถุบนพื้นฐานยูเอ็มแอลแต่วิธีพลัสสามารถอธิบายการออกแบบส่วนทั่วไปและส่วนแปรผันของสายผลิตภัณฑ์ได้

ในการสร้างแบบจำลองสายผลิตภัณฑ์ด้วยยูเอ็มแอลจะมีส่วนที่แตกต่างจากยูเอ็มแอลทั่วไปเล็กน้อยได้แก่

1. แผนภาพยูสเคสเป็นแผนภาพที่นำเสนอให้เห็นการปฏิสัมพันธ์หรือการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ รวมไปถึงระบบภายนอกที่มีส่วนปฏิสัมพันธ์กับระบบด้วย โดยยูสเคสของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จะมีความแตกต่างจากยูสเคสทั่วไปเล็กน้อยคือจะมีการกำหนด สเตอริโอไทป์ (Stero Type) เพื่อบอกประเภทของยูสเคสว่าเป็นแบบทั่วไป (Common Use Case) หมายถึง สเตอร์ริโอไทป์ของยูสเคสที่จำเป็นต้องถูกเลือกเสมอ แบบเลือกได้ (Optional Use Case) หมายถึง สเตอร์ริโอไทป์ของยูสเคสที่จะถูกเลือกหรือไม่ก็ได้ แบบทางเลือก (Alternative Use Case) หมายถึง สเตอร์ริโอไทป์ของยูสเคสทางเลือก

2. แผนภาพคลาส เป็นแผนภาพยูเอ็มแอลที่นำเสนอการทำแบบจำลองของระบบเชิงวัตถุที่มีความสำคัญในการแสดงข้อมูลเชิงโครงสร้างที่ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ คุณสมบัติ พฤติกรรม หน้าที่การทำงานที่ควรจะมี โดยคลาสของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์จะมีความแตกต่างจากคลาสทั่วไปเล็กน้อยคือจะมีการกำหนดสเตอริโอไทป์ (Stero Type) เพื่อบอกประเภทของคลาสที่จำแนกโดยสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เช่นกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบ ประกอบด้วย Common Class หมายถึง คลาสที่จำเป็นต้องถูกเลือกเสมอ Optional class หมายถึง คลาสที่จะถูกเลือกหรือไม่ก็ได้ และ Alternative class หมายถึง คลาสที่จะถูกเลือกเพียง 1 คลาสจากกลุ่มของคลาสทั้งหมด

3. แผนภาพลำดับ เป็นแผนภาพที่แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันของวัตถุตามลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างๆ โดยจะแสดงถึงลำดับของการส่งสาร (Message) นิยมใช้เป็นแผนภาพแสดงถึงรายละเอียดของกิจกรรมต่างๆของแต่ละยูสเคส

2.1.8 ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML : Extensible Markup Language) [8]

ภาษาที่เป็นมาตรฐานกำหนดโดย W3C (World wide Web Consortium) เป็นมาตรฐานเปิดสามารถใช้งานได้ดีกับเครื่องมือประเภทเคสทูล (CASE:Computer Aided Software Engineering Tool) ที่มีอยู่หลากหลายในปัจจุบัน การเขียนเอกสารจะกำหนดรูปแบบ (Markup Document) โดยใช้เมตาดาตา หรือ tags เพื่อบอกหน้าที่ประเภทของข้อมูลของส่วนต่างๆของเอกสารนั้น เอกสารเอ็กซ์เอ็มแอลมีโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพสามารถทำให้การประมวลผลเอกสาร

เป็นไปได้โดยง่ายไม่จำเป็นต้องอาศัยมนุษย์ในการตีความเอกสาร ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอลเหมาะกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ขึ้นอยู่กับโปรแกรมประยุกต์หรือระบบปฏิบัติการใดๆ

2.1.9 เอ็กซ์เอ็มไอ (XMI: XML Metadata Interchange) [9]

เอ็กซ์เอ็มไอเป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนเมตาดาตา (Metadata) ระหว่างเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทำโมเดล โดยเอ็กซ์เอ็มไอเป็นการรวมเอามาตรฐาน 3มาตรฐานเข้าไว้ด้วยกัน

1. เอ็กซ์เอ็มแอล (XML : Extensible Markup Language) ภาษาที่เป็นมาตรฐานกำหนดโดย W3C (World wide Web Consortium) เป็นมาตรฐานเปิดสามารถใช้งานได้ดีกับเครื่องมือประเภทเคสทูล

2. ยูเอ็มแอล (UML : Unified Modeling Language) เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดยโอเอ็มจี (OMG : Object Management Group) เพื่อใช้ในการทำโมเดล

3. เอ็มโอเอฟ (MOF : Meta Object Facility)เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดยโอเอ็มจี (OMG : Object Management Group) เพื่อใช้ในการทำเมตาโมเดลและที่เก็บเมตาดาตา

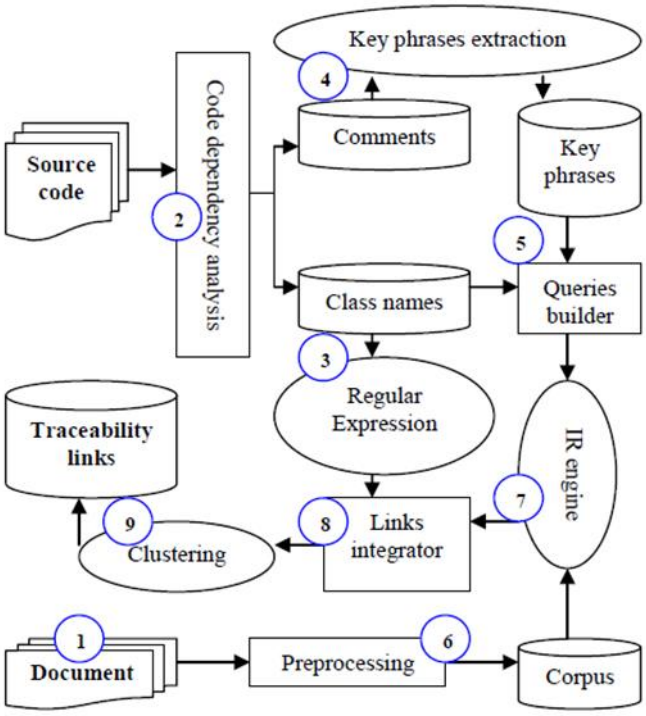
การรวมกันของ 3 มาตรฐานนี้ทำให้นักพัฒนาสามารถทำการแลกเปลี่ยนโมเดลของวัตถุหรือเมตาดาตาชนิดอื่นๆ ได้สะดวก ในงานวิจัยนี้จะใช้แฟ้มข้อมูลตามมาตรฐานเอ็กซ์เอ็มไอ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นกับเครื่องมือสร้างแผนภาพยูเอ็มแอล

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยกันทั้งหมด 3 งานวิจัย จุดประสงค์หลักของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาแนวทางและวิธีคิดต่างๆ ของงานวิจัยก่อนหน้า เพื่อนำมาปรับใช้ในการทำงานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยจะแสดงรายละเอียดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 Improving Automated Documentation to Code Traceability by Combining Retrieval Techniques โดย Xiaofan Chen และ John Grundy [10]

งานวิจัยเสนอวิธีการตามรอยลิงค์การเปลี่ยนแปลงในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยอัตโนมัติระหว่างเอกสารและโค้ดใช้เทคนิคการค้นคืน Vector Space Model ในการตามรอย โดยผลลัพธ์ที่ได้จะได้ลิงค์การตามรอยระหว่างเอกสารและโค้ด โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของ Vector Space Model ให้มีความถูกต้องและความแม่นยำมากขึ้น โดยใช้วิธีการรวมกันของ 3 เทคนิคเข้ามาช่วยแก้ปัญหา คือ Regular Expression Key Phrases และการจัดกลุ่ม Clustering ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการของผู้วิจัยแสดงให้เห็นว่า จุดแข็งของ 3 เทคนิคช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ Vector Space Model ให้ดีขึ้น เพิ่มความแม่นยำของการตามรอยที่มีประสิทธิภาพมากกว่า Vector Space Model เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.3 ภาพรวมวิธีการตามรอยระหว่างเอกสารและโค้ด [10]

2.2.2 A feature – oriented traceability for software product line evolution โดย Kamthon Chavanaves [11]

งานวิจัยเสนอวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เพื่อแก้ปัญหาการขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์กับส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ โดยนำเสนอฟังก์ชันลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้เพื่อใช้ในการสร้างลิงค์การตามรอยที่สามารถเกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์กับส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยฟังก์ชันลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างลิงค์การตามรอยที่สามารถเกิดขึ้นใหม่ โดยใช้เทคนิคกิ่งของผลิตภัณฑ์ และแบบจำลองความผันแปรเชิงตั้งฉากมาใช้โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของฟีเจอร์ในแบบจำลองฟีเจอร์กับกลุ่มของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ในสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ โดยความสัมพันธ์แสดงออกมาในรูปการตามรอยระหว่างกัน

โดยจะทำการวิเคราะห์ว่า ถ้าฟีเจอร์ที่มีคุณลักษณะเป็นจุดที่เกิดความแปรปรวนของกลุ่มของฟีเจอร์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในแบบจำลองฟีเจอร์ มีการตามรอยไปยังส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ที่มีคุณลักษณะเป็นจุดที่เกิดความแปรปรวนของกลุ่มของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ ฟีเจอร์ที่มีคุณลักษณะเป็นตัวแปรของกลุ่มของฟีเจอร์ที่มีการตามรอยอยู่นั้นจะมีการตามรอยไปยังส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ที่มีคุณลักษณะเป็นตัวแปรของกลุ่มของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ที่มีการตามรอยอยู่ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3 Establishment of requirements traceability using term similarity computation โดย Sayphin Taweesri [12]

งานวิจัยเสนอวิธีการสร้างการติดตามความต้องการโดยใช้การคำนวณพจน์ความคล้ายกันซึ่งเป็นการสนับสนุนการติดตามความต้องการหรือการติดตามความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ในระยะของการวิเคราะห์ความต้องการและการออกแบบซอฟต์แวร์โดยอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคการติดตาม 2 แบบคือ การพิจารณาจากเส้นความสัมพันธ์โดยตรง และพิจารณาความสัมพันธ์จากชื่อที่ปรากฏในแต่ละแผนภาพ ซึ่งใช้เทคนิคการค้นคืน vector space model เพื่อคำนวณค่าความคล้ายกันสำหรับการสร้างการติดตามความต้องการ โดยแบ่งพิจารณาการติดตามความสัมพันธ์เป็น 2 ระดับ คือ การติดตามระดับชิ้นส่วน และการติดตามระดับโมเดล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

การออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลวิธีวิจัยของการแก้ปัญหาในการช่วยสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

3.1 ปัญหา วัตถุประสงค์ และภาพรวมของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

การเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้ภายหลังจากการพัฒนาระบบ หรือภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ย่อมส่งผลให้ลิงค์ระหว่างชิ้นส่วนต่างๆที่ถูกจัดเก็บไว้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกันมีการเปลี่ยนแปลงด้วย การขาดการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ อันเนื่องมาจากวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในแบบจำลองฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ด้วย

การออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลนี้จึงได้นำเสนอเทคนิคที่ช่วยสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ เนื่องจากฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ซึ่งในที่นี้คือแผนภาพยูเอ็มแอลจะมีความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันอยู่ คือ ฟีเจอร์แต่ละฟีเจอร์สามารถสร้างเป็นแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาสได้ และในแต่ละแผนภาพ แผนภาพหนึ่งจะส่งผลให้สามารถสร้างเป็นอีกแผนภาพหนึ่งได้ แผนภาพยูสเคสกับคำอธิบายแผนภาพยูสเคสสามารถจะวิเคราะห์ว่ามีคลาส พฤติกรรม หรือชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์เพื่อที่จะนำมาสร้างความสัมพันธ์ภายในคลาสได้

โดยทั่วไปการสร้างการตามรอย [13] สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. พิจารณาจากเส้นความสัมพันธ์โดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยเส้นความสัมพันธ์ที่ปรากฏจริงในแผนภาพ
2. พิจารณาจากชื่อที่ปรากฏ โดยการค้นหาชื่อที่มีความคล้ายกัน
3. พิจารณาจากองค์ความรู้รวมหรือแนวคิดของระบบ โดยวิธีนี้จะต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้และเชี่ยวชาญในระบบนั้นๆ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เทคนิควิธีที่ 2 ในการสร้างลิงค์การตามรอยที่อาจเกิดขึ้นใหม่ระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ โดยจะพิจารณาจากชื่อที่ปรากฏ โดยการค้นหาชื่อที่มีความคล้ายกัน โดยโมเดลที่จะนำมาใช้ในการค้นหาชื่อที่มีความคล้ายกันได้พิจารณาจากข้อดีข้อเสียของโมเดลต่างๆดังนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคพื้นฐานสำหรับการค้นคืนสารสนเทศ

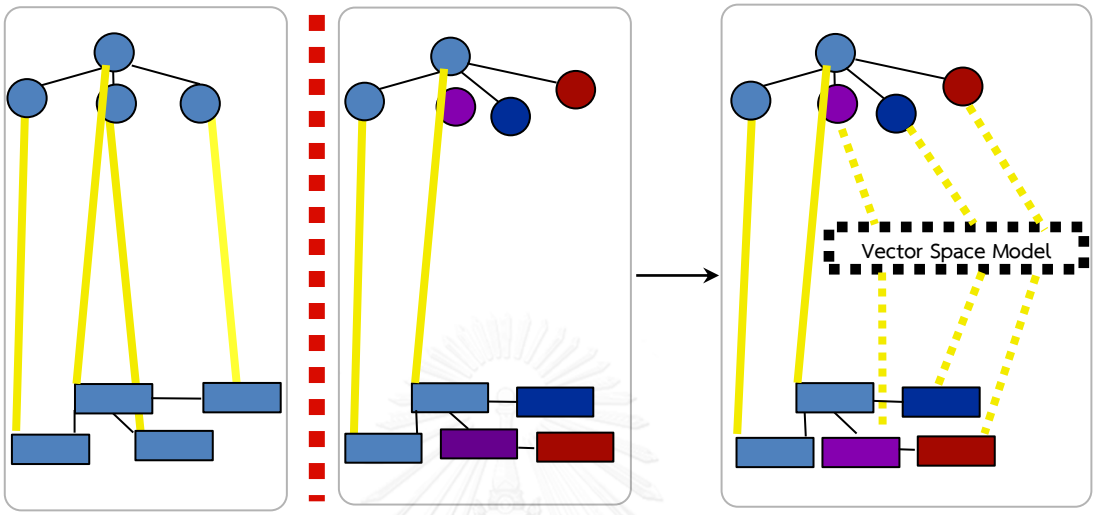
เทคนิคการค้นคืน	ข้อดี	ข้อเสีย
โมเดลบูลีน	กระบวนการทำง่ายไม่ซับซ้อน	ไม่ค่อยมีความแม่นยำ การสลับคำสั่งอาจทำให้ได้ผลลัพธ์ต่างไปด้วย
โมเดลความน่าจะเป็น	มีความแม่นยำสูง เพราะมีการพิจารณาความน่าจะเป็นในการปรากฏคำสำคัญด้วย	กระบวนการมีความซับซ้อน การค้นคืนใช้เวลานาน
เวกเตอร์สเปซโมเดล	ง่าย มีประสิทธิภาพด้านความเร็วในการค้นคืนสูง	ความแม่นยำน้อยกว่าโมเดลความน่าจะเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ในระบบจะมีคุณลักษณะเฉพาะของชิ้นส่วนนั้น เช่น ชื่อคลาส คุณสมบัติของคลาส และขึ้นอยู่กับความต้องการที่สัมพันธ์เฉพาะกับชิ้นส่วนนั้นๆด้วย ซึ่งค่าความถี่หรือจำนวนครั้งในการปรากฏของคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนในแต่ละแผนภาพจะน้อยจึงไม่จำเป็นต้องสนใจความน่าจะเป็นในของการปรากฏคำสำคัญของเทคนิคความน่าจะเป็น เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพ ความเร็วในการค้นคืนแล้วผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลมาใช้ในงานวิจัยนี้

ภาพรวมของของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

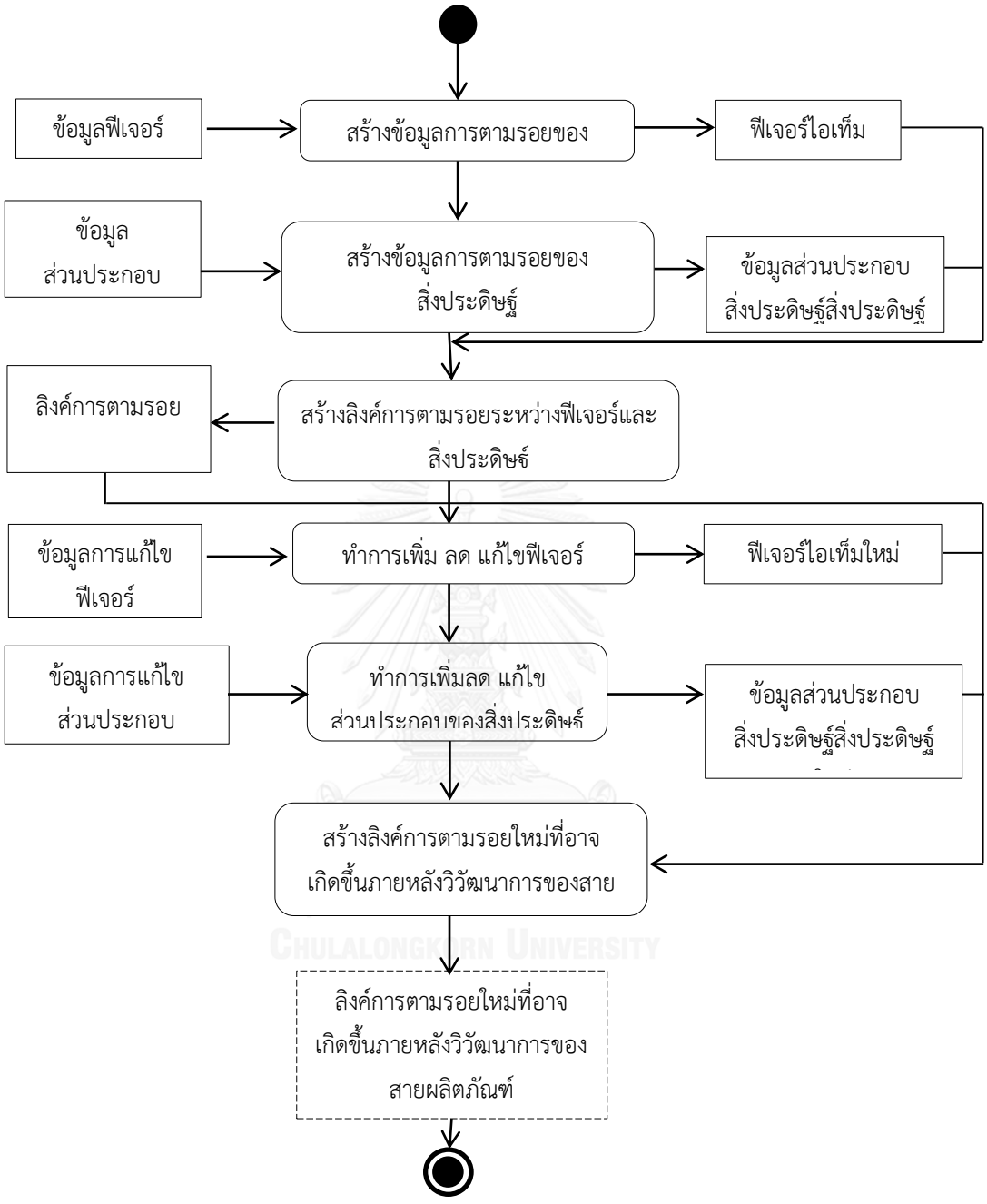
ก่อนวิวัฒนาการ หลังวิวัฒนาการ



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

จากรูปที่ 3.1 จะแสดงภาพรวมของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลทั้งหมด โดยจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วงก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของระบบ และหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของระบบ โดยก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของระบบจะกำหนดให้รูปวงกลมซึ่งแทนฟีเจอร์ต่างๆของระบบได้ถูกสร้างลิงค์ไปยังสิ่งประดิษฐ์ต่างๆของระบบซึ่งแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมอย่างครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จากนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง แก้ไขฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์ของระบบเกิดขึ้นหรือภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของระบบทำให้ลิงค์ต่างๆที่มีการถูกจัดเก็บไว้ในขั้นตอนแรกได้มีการขาดหาย ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลมาใช้ในการสร้างลิงค์ใหม่ที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้ลิงค์การตามรอยใหม่ที่ครบถ้วนสมบูรณ์

กระบวนการและข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออกของงานวิจัย



รูปที่ 3.2 กระบวนการและข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออกของงานวิจัย

จากรูปที่ 3.2 จะแสดงกระบวนการและข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออกของงานวิจัย แบ่งเป็น 2 ช่วงคือก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์และหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

ก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ข้อมูลที่จะนำเข้าคือ ข้อมูลฟีเจอร์ และ ข้อมูลส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์ โดยข้อมูลฟีเจอร์จะนำมาสร้างข้อมูลการตามรอยของฟีเจอร์ และได้ข้อมูลนำออกคือฟีเจอร์ไอเท็ม ข้อมูลส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์จะนำมาสร้างข้อมูลการตามรอยของสิ่งประดิษฐ์ และได้ข้อมูลนำออกคือ ข้อมูลส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ จากนั้นผู้วิเคราะห์หรือผู้พัฒนาระบบจะทำการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์ จะได้ข้อมูลนำออกคือลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์

หลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์มีการเพิ่ม ลด แก้ไขฟีเจอร์ และทำการเพิ่มลด แก้ไขส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ ข้อมูลที่จะนำเข้าคือข้อมูลการแก้ไขฟีเจอร์ และข้อมูลการแก้ไขส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์ และได้ข้อมูลนำออกคือ ฟีเจอร์ไอเท็มใหม่ และข้อมูลส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ จากนั้นระบบจะทำการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยอัตโนมัติ จะได้ลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

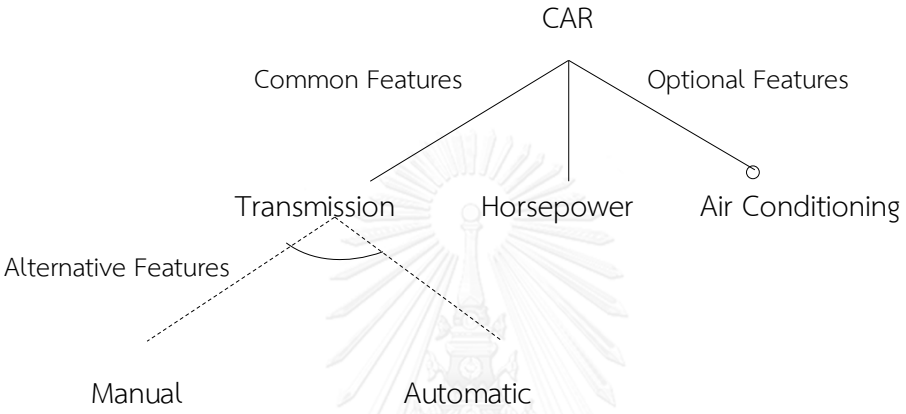
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ขั้นตอนของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

3.2.1 สร้างข้อมูลการตามรอยของฟีเจอร์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ในขั้นตอนนี้จะทำการสกัดคุณลักษณะหรือหน้าที่หลักของระบบซึ่งจะทำโดยผู้วิเคราะห์หรือผู้พัฒนาระบบจะทำการสกัดข้อกำหนดความต้องการที่อธิบายความต้องการเป็นประโยคยาวๆ จึงควรแตกย่อยความต้องการเป็นส่วนๆเพื่อพิจารณาเป็นคุณลักษณะของระบบเป็นข้อๆ



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของต้นไม้ฟีเจอร์สำหรับรถยนต์

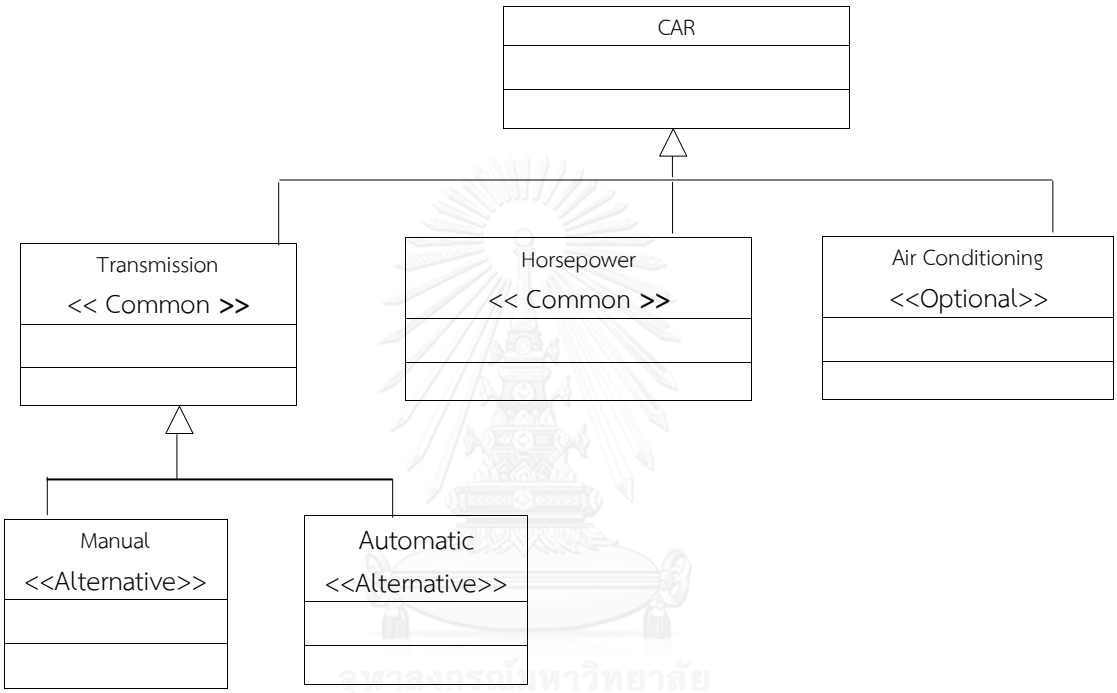
โดยฟีเจอร์ที่จะมาทำการตามรอยจะต้องมีการจัดเก็บอยู่ในตารางพร้อมทั้งมีหมายเลขกำกับเพื่อให้กำหนดสเตอริโอไทป์ (Stereo Type)เพื่อบอกประเภทของฟีเจอร์เพื่อง่ายต่อการสร้างความสัมพันธ์

ตารางที่ 3.2 ตารางการสร้างข้อมูลการตามรอยของฟีเจอร์

Feature ID	Feature Name	Stereo Type
61	Transmission	Common
63	Horsepower	Common
65	Air Conditioning	Optional
66	Manual	Alternative
67	Automatic	Alternative

3.2.2 สร้างข้อมูลการตามรอยของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างข้อมูลของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพซีเควนซ์ และทำการจัดเก็บคุณลักษณะภายในของแต่ละชิ้นส่วน โดยจะยกตัวอย่างเป็นแผนภาพคลาสสำหรับรถยนต์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.5 แผนภาพคลาสสำหรับรถยนต์

สิ่งประดิษฐ์ที่จะมาทำการตามรอยจะต้องมีการจัดเก็บอยู่ในตารางพร้อมทั้งมีหมายเลขกำกับและกำหนดสเตอริโอไทป์ (Stereo Type) เพื่อบอกประเภทของคลาสเพื่อให้ง่ายต่อการสร้างความสัมพันธ์

ตารางที่ 3.3 ตารางการสร้างข้อมูลการตามรอยของส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์

Artifact Component ID	Artifact Component Name	Stereo Type
43	Transmission	Common
45	Horsepower	Common
46	Air Conditioning	Optional
47	Manual	Alternative
48	Automatic	Alternative

การจัดเก็บข้อมูลของชิ้นส่วนต่างๆจะถูกจัดเก็บโดยการแปลงแผนภาพยูเอ็มแอล ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาสและแผนภาพคุณลักษณะ มาแปลงให้อยู่ในรูปของไฟล์เอกซ์เอ็มแอล (XML file) โดยใช้เครื่องมือ โพรไซดอน ซีอี

3..2.3 สร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ในขั้นตอนนี้ผู้วิเคราะห์หรือผู้พัฒนาระบบจะทำการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพซีเควนซ์ โดยจะยกตัวอย่างเป็นการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และแผนภาพคลาส

ตารางที่ 3.4 ตารางการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์

Feature ID	Feature Name	ClassDiagram Component ID	ClassDiagram Component Name
61	Transmission	43	Transmission
63	Horsepower	45	Horsepower
65	Air Conditioning	46	Air Conditioning
66	Manual	47	Manual
67	Automatic	48	Automatic

3.2.4 ทำการเพิ่ม ลด แก้ไขฟีเจอร์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข เพิ่ม ลด ฟีเจอร์เกิดขึ้น เมื่อมีฟีเจอร์ใหม่ถูกเพิ่มเข้ามา มีการแก้ไข หรือลบฟีเจอร์นั้นจะต้องมีการเพิ่ม แก้ไขและลบส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ที่มีลิงค์ความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับฟีเจอร์นั้นด้วย

-การเพิ่มฟีเจอร์ (Add) คือ การเพิ่มฟีเจอร์ใดฟีเจอร์หนึ่งหรือกลุ่มของฟีเจอร์เข้าสู่ระบบ

-การลบฟีเจอร์ (Delete) คือ การลบฟีเจอร์ใดฟีเจอร์หนึ่งหรือกลุ่มของฟีเจอร์ออกจากระบบ

-การแก้ไขฟีเจอร์ (Edit) คือ การแก้ไขฟีเจอร์ใดฟีเจอร์หนึ่งหรือกลุ่มของฟีเจอร์ในระบบ ได้แก่ แก้ไขชื่อฟีเจอร์ แก้ไขรายละเอียดฟีเจอร์ เป็นต้น

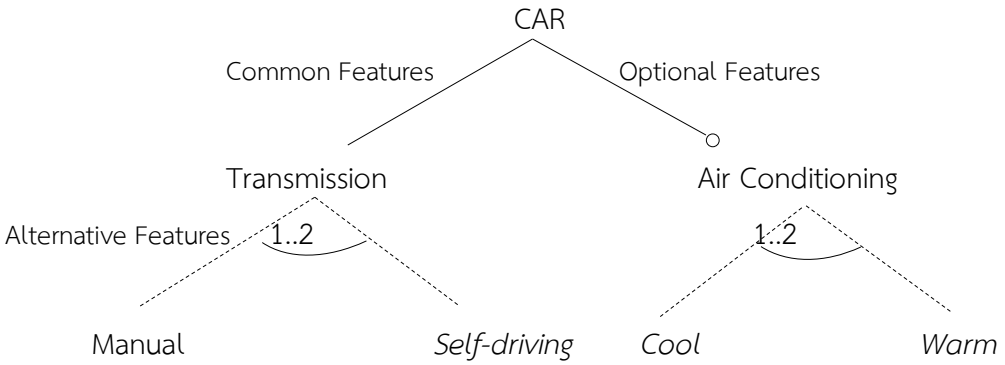
ตัวอย่างสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์ โดยความต้องการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์นี้ระบุว่า สายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์นี้จะต้องมีการพัฒนาสินทรัพย์หลักสำหรับระบบรถยนต์ซึ่งประกอบด้วย ระบบส่งกำลังในรถยนต์ (Transmission) ระบบกำลังม้า (Horsepower) ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning) เริ่มแรกสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์ได้มีการพัฒนาสินทรัพย์หลักสำหรับระบบส่งกำลังในรถยนต์ 2 แบบคือ ระบบเกียร์ใช้มือ (Manual) และระบบเกียร์อัตโนมัติ(Automatic)

เมื่อเวลาผ่านไปเกิดการเปลี่ยนแปลงความต้องการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยมีความต้องการที่จะสร้างและแก้ไขสินทรัพย์หลักเพิ่มเติมจากสินทรัพย์หลักเดิมที่มีอยู่ โดยเป็นการแก้ไขสินทรัพย์หลักสำหรับระบบส่งกำลังในรถยนต์(Transmission)คือ

- แก้ไข (Edit) ระบบเกียร์อัตโนมัติ(Automatic) เป็นระบบเกียร์อัจฉริยะ (Self-driving)

- ลบ (Delete) ระบบกำลังม้า (Horsepower)

- เพิ่ม (Add) สินทรัพย์หลักสำหรับระบบปรับอากาศ (Air Conditioning) เพิ่มอีก 2 แบบคือ ระบบทำความเย็น(Cool) และระบบทำความร้อน(Warm)



รูปที่ 3.6 แบบจำลองฟีเจอร์ของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์(ตัวเอียงคือฟีเจอร์ที่ถูกเพิ่มเข้าไปใหม่ เส้นประคือฟีเจอร์ทางเลือก เส้นทึบคือฟีเจอร์จำเป็น)

3.2.5 ทำการเพิ่ม ลด แก้ไขส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

เมื่อพิจารณาการตามรอยระหว่างแบบจำลองฟีเจอร์และแผนภาพคลาสจะต้องมีการพิจารณาคลาสที่ถูกเพิ่มเข้าไปใหม่ คลาสที่ถูกแก้ไขและคลาสที่ถูกลบออก

-การเพิ่มสิ่งประดิษฐ์ (Add) คือ การเพิ่มสิ่งประดิษฐ์ใดสิ่งประดิษฐ์หนึ่ง หรือหลายสิ่งประดิษฐ์เข้าสู่ระบบ

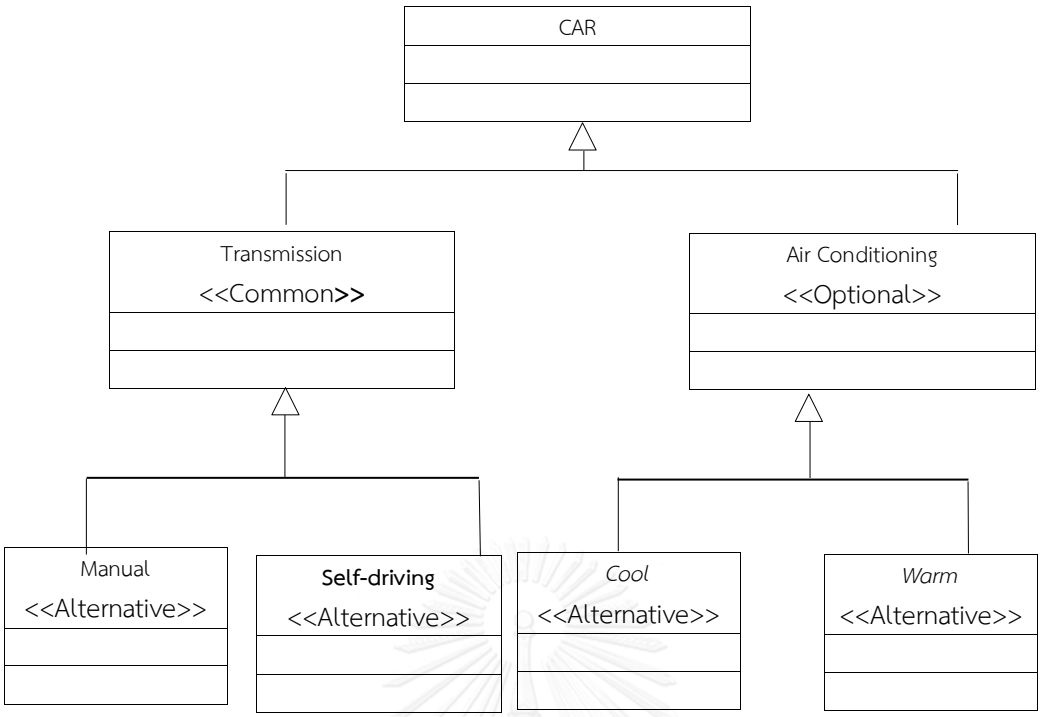
-การลบสิ่งประดิษฐ์ (Delete) คือ การลบสิ่งประดิษฐ์ใดสิ่งประดิษฐ์หนึ่ง หรือหลายสิ่งประดิษฐ์ออกจากระบบ

-การแก้ไขสิ่งประดิษฐ์ (Edit) คือ การแก้ไขสิ่งประดิษฐ์ใดสิ่งประดิษฐ์หนึ่ง หรือหลายสิ่งประดิษฐ์ในระบบ ได้แก่ แก้ไขชื่อสิ่งประดิษฐ์ แก้ไขรายละเอียดสิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น แผนภาพคลาสซึ่งแสดงถึงคลาสใหม่ที่เกิดขึ้นภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบรถยนต์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7 โดยมีการเพิ่ม ลบ แก้ไขสิ่งประดิษฐ์ต่างๆดังนี้

- แก้ไข (Edit) คลาสเกียร์อัตโนมัติ (Automatic) เป็นคลาสเกียร์อัจฉริยะ (Self-driving)

- ลบ (Delete) คลาสกำลังม้า (Horsepower)

- เพิ่ม (Add) สินทรัพย์หลักสำหรับคลาสระบบปรับอากาศ (Air Conditioning) เพิ่มอีก 2 แบบคือ คลาสระบบทำความเย็น(Cool) และคลาสระบบทำความร้อน(Warm)



รูปที่ 3.7 แผนภาพคลาสซึ่งแสดงถึงคลาสที่ถูกลด แก้ไข และเพิ่มเข้าไปใหม่ ภายหลังการเกิดวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์(ตัวเอียง คือ คลาสที่ถูกเพิ่มเข้าไปใหม่ ตัวหนาแสดงคลาสที่ถูกแก้ไข)

3.2.6 สร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ของการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

เมื่อมีการเปรียบเทียบทั้งสองเวอร์ชันของโปรแกรมแล้วพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ทั้งการเพิ่ม ลดและแก้ไข ข้อมูลทั้งหมดนี้จะถูกเก็บไว้ในตารางเพื่อใช้เป็นคำค้นในการสอบถามและสร้างลิงค์โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.5 ตารางการเปรียบเทียบฟีเจอร์ทั้งสองเวอร์ชัน

ฟีเจอร์ V.1	**ฟีเจอร์ที่ถูกแก้ไข**	**ประเภทของการแก้ไข**	**ฟีเจอร์ V.2**
Transmission	Transmission	-	Transmission
Horsepower	Null	Delete	-
Air Conditioning	Air Conditioning	-	Air Conditioning
Manual	Manual	-	Manual

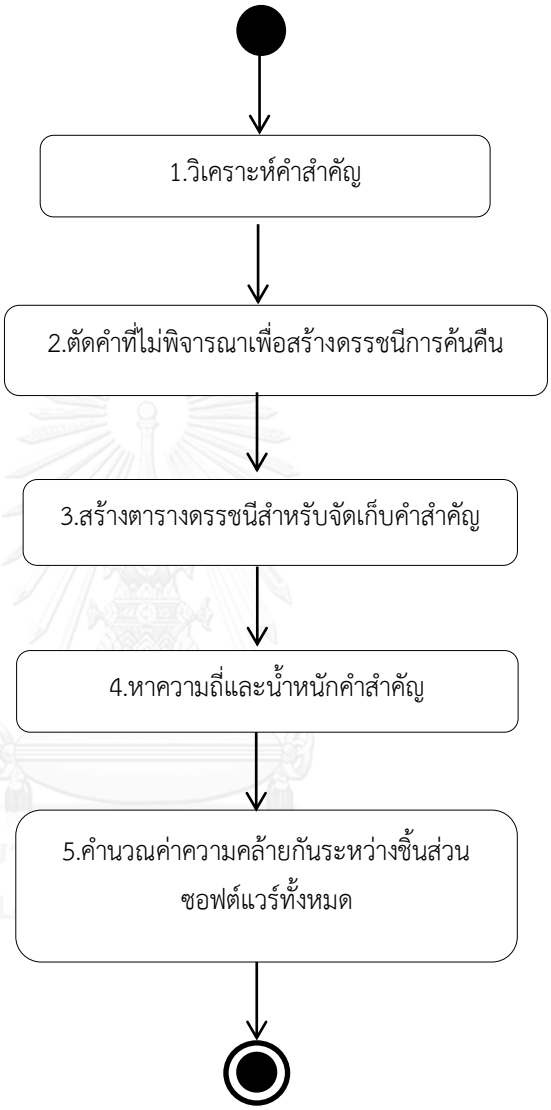
Automatic	**Self-driving**	Edit	Self-driving
Null	*Cool*	Add	Cool
Null	*Warm*	Add	Warm

ในการสร้างลิงค์ใหม่ที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ จะใช้คำที่ถูกจัดเก็บอยู่ในฟีเจอร์ V.2 ที่ได้จากการเปรียบเทียบฟีเจอร์ทั้ง 2 เวอร์ชั่นมาใช้เป็นคำค้นในการสอบถามและสร้างลิงค์โดยอัตโนมัติ

วิธีที่จะนำมาใช้ในการสร้างลิงค์การตามรอยภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยอัตโนมัติคือการพิจารณาจากชื่อที่ปรากฏ โดยจะใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลซึ่งเป็นโมเดลที่ช่วยในการค้นหาชื่อที่มีความคล้ายกันเพื่อใช้ในการสร้างลิงค์ใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อยคือ การวิเคราะห์คำสำคัญ ตัดคำที่ไม่พิจารณาเพื่อสร้างดรรชนีการค้นคืน สร้างตารางดรรชนีสำหรับจัดเก็บคำสำคัญ หาความถี่และน้ำหนักคำสำคัญ และนำมาคำนวณค่าความคล้ายกันระหว่างชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ทั้งหมด ในการสร้างลิงค์ใหม่จะพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันมีค่าสูงที่สุด หลังจากนั้นจะมีการกระทำซ้ำทุกข้อมูลในฟีเจอร์ V.2 จะสามารถสร้างลิงค์ใหม่ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสร้างดรรชนีเพื่อการค้นคืนและการคำนวณหาค่าระดับความคล้ายกันของคำสำคัญมีกิจกรรมย่อยต่างๆดังรูป



รูปที่ 3.8 กิจกรรมย่อยสำหรับการสร้างดรรชนีการค้นคืน

3.2.6.1 วิเคราะห์คำสำคัญ

การพิจารณาว่ามีสัญลักษณ์พิเศษปรากฏหรือมีการเชื่อมคำด้วยสัญลักษณ์พิเศษ เช่น(“,-,.) เนื่องจากสัญลักษณ์พิเศษพวกนี้ไม่มีผลต่อการคำนวณความคล้ายกัน

3.2.6.2 ตัดคำที่ไม่พิจารณาเพื่อสร้างดรรชนีการค้นคืน

คำที่มีลักษณะเป็นคำหยุด (Stop word) เช่น a be does not so to who if เป็นต้น หากสามารถตัดคำพวกนี้ออกได้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนเพิ่มขึ้น

3.2.6.3 สร้างตารางดรรชนีสำหรับจัดเก็บคำสำคัญ

สร้างตารางในการจัดเก็บคำสำคัญทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบโดยเรียงลำดับตามตัวอักษรและไม่มีการเก็บซ้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความถี่ ค่าน้ำหนักคำสำคัญและค่าระดับความคล้ายกัน

3.2.6.4 หาความถี่และน้ำหนักคำสำคัญ

การนับความถี่ของคำสำคัญจะนับคำสำคัญที่ปรากฏรวมกัน จากนั้นนำไปคำนวณค่าความถี่และค่าน้ำหนักคำสำคัญดังสมการ

$$wi = tfi * \log\left(\frac{D}{dfi}\right)$$

ตัวอย่างที่ 1 สมมติให้มีสิ่งประดิษฐ์ที่ทำการจัดเก็บทั้งหมดมี 3 สิ่งประดิษฐ์ (D=3) คือ

D1 : “Transmission fluid is high”

D2 : *“Airconditioning* are the process of altering the properties of air”

D3 : “A *manual transmission*, also known as a manual gearbox”

และฟีเจอร์หรือคิวรีที่ต้องการค้นคือ

Q: “Transmission fluid high”

ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการสร้างดรรชนีการค้นคืนด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดล ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตารางการหาความถี่และน้ำหนักคำสำคัญ

Term Vector Model Based on $wi = tfi*IDFi$

Query,Q: “Transmission fluid high”

D1 : Transmission fluid is high

D2 : *Airconditioning* are the process of altering the properties of air

D3 : A *manual transmission*, also known as a gearbox

D = 3 , ***IDF*** = $\log\left(\frac{D}{dfi}\right)$

		Counts, tfi						Weights,$wi = tfi*IDFi$			
Term	Q	D 1	D 2	D 3	df	$\frac{D}{df}$	*IDFi*	Q	D1	D2	D3
Air	0	0	1	0	1	3	0.4771	0	0	0.4771	0
AirConditioning	0	0	1	0	1	3	0.4771	0	0	0.4771	0
Altering	0	0	1	0	1	3	0.4771	0	0	0.4771	0
fluid	1	1	0	0	1	3	0.4771	0.4771	0.4771	0	0
high	1	1	0	0	1	3	0.4771	0.4771	0.4771	0	0
Gearbox	0	0	0	1	1	3	0.4771	0	0	0	0.4771
known	0	0	0	1	1	3	0.4771	0	0	0	0.4771
manual	0	0	0	1	1	3	0.4771	0	0	0	0.4771
process	0	0	1	0	1	3	0.4771	0	0	0.4771	0
properties	0	0	1	0	1	3	0.4771	0	0	0.4771	0
Transmission	1	1	0	1	2	1.5	0.1761	0.1761	0.1761	0	0.1761

3.2.6.5 คำนวณค่าระดับความคล้ายกันระหว่างชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ทั้งหมด

$$\boldsymbol{S} = \left(\frac{dXd'}{|d||d'|}\right)$$

ตารางที่ 3.7 ตารางค่าระดับความคล้ายกัน

ชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ (D)	ชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ (D')	ค่าระดับความคล้ายกัน	เปอร์เซ็นต์ค่าระดับความคล้ายกัน
Q	D1	1	100%
Q	D2	0	0%
Q	D3	0.2887	28.87%

ผลที่ได้จากการคำนวณความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคล้ายกัน ถ้าค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ไม่มีความคล้ายกันหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย และถ้าค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ทั้ง 2 มีความคล้ายกันสูงและอาจเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน ดังนั้นยิ่งค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันมีค่าสูงแสดงว่าชิ้นส่วนของซอฟต์แวร์ทั้งคู่มีความคล้ายกันและมีความสัมพันธ์กันสูงด้วย

จากตัวอย่างที่ 1 ผลการคำนวณค่าระดับความคล้ายกัน ในตารางที่ 3.7 การค้นคืนของคิวรีหรือฟีเจอร์ “Transmission fluid high” กับสิ่งประดิษฐ์ทั้ง 3 เอกสารสามารถสรุปได้ว่าคิวรีหรือฟีเจอร์ที่ค้นคืนมีความคล้ายกันกับสิ่งประดิษฐ์ที่ 1 มากที่สุด ซึ่งมีค่าระดับความคล้ายกันเท่ากับ 100 % รองลงมาคือสิ่งประดิษฐ์ที่ 3 ค่าระดับความคล้ายกันเท่ากับ 28.87 % และสิ่งประดิษฐ์ที่ 2 มีความคล้ายกับคิวรีน้อยที่สุดคือ 0 %

ในการสร้างลิงค์ใหม่จะพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความคล้ายกันของชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ที่จับคู่กันมีค่าสูงที่สุด หลังจากนั้นจะมีการกระทำซ้ำทุกข้อมูลที่มีการจัดเก็บไว้ในตารางหัวข้อที่ 5 จนได้ลิงค์ใหม่ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์โมเดลและสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

Feature ID	**Feature Name**	**Class Diagram Component ID**	**Class Diagram Component Name**
61	*Transmission*	*43*	*Transmission*
65	*Air Conditioning*	*46*	*Air Conditioning*
66	*Manual*	*47*	*Manual*
69	Self-driving	49	Self-driving
70	Cool	51	Cool
71	Warm	52	Warm

ตารางที่ 3.9 ตารางการสร้างลิงค์การตามรอยก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

Feature ID	**Feature Name**	**ClassDiagram Component ID**	**ClassDiagram Component Name**
61	Transmission	43	Transmission
63	Horsepower	45	Horsepower
65	Air Conditioning	46	Air Conditioning
66	Manual	47	Manual
67	Automatic	48	Automatic

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อทำการเปรียบเทียบการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่เกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์และการสร้างลิงค์การตามรอยก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยผู้วิเคราะห์หรือผู้พัฒนาระบบจากตารางที่ 3.8 และตารางที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเพิ่ม ลดหรือแก้ไขฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์ ระบบจะทำการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง ครบถ้วนเมื่อเทียบกับลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริง หากมีฟีเจอร์หรือคลาสที่ไม่ได้ถูกเพิ่ม ลดหรือแก้ไข (ตัวเอียงในตารางที่ 3.8) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจะใช้ลิงค์การตามรอยเดิมที่ผู้ใช้สร้างไว้ในขั้นตอนก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ ส่วนของฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์ที่มีการเพิ่ม ลด แก้ไขจะถูกนำมาสร้างลิงค์ใหม่โดยอัตโนมัติ โดยระบบจะแสดงลิงค์การตามรอยเดิมที่ถูกสร้างไว้โดยผู้ใช้ก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์และลิงค์การตามรอยใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดลแก่ผู้ใช้ ดังนั้นวิธีการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่

ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดลสามารถสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การประเมินวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ในบทนี้จะเป็นการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงว่าเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถทำการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่จะเกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ได้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตของการวิจัย

การทดลองทำโดยนำผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์มาทำการประเมินผลโดยจะจัดเก็บข้อมูลการตามรอย หลังจากนั้นทำการเพิ่ม ลด แก้ไขฟีเจอร์ ระบบจะทำการสร้างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นใหม่โดยอัตโนมัติโดยเปรียบเทียบระหว่างผลการตามรอยทั้งที่เกิดขึ้นจริงกับเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล และทำการประเมินด้วย ค่าความระลึกและค่าความแม่นยำ

4.1 การประเมินลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้โดยกรณีศึกษาของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์

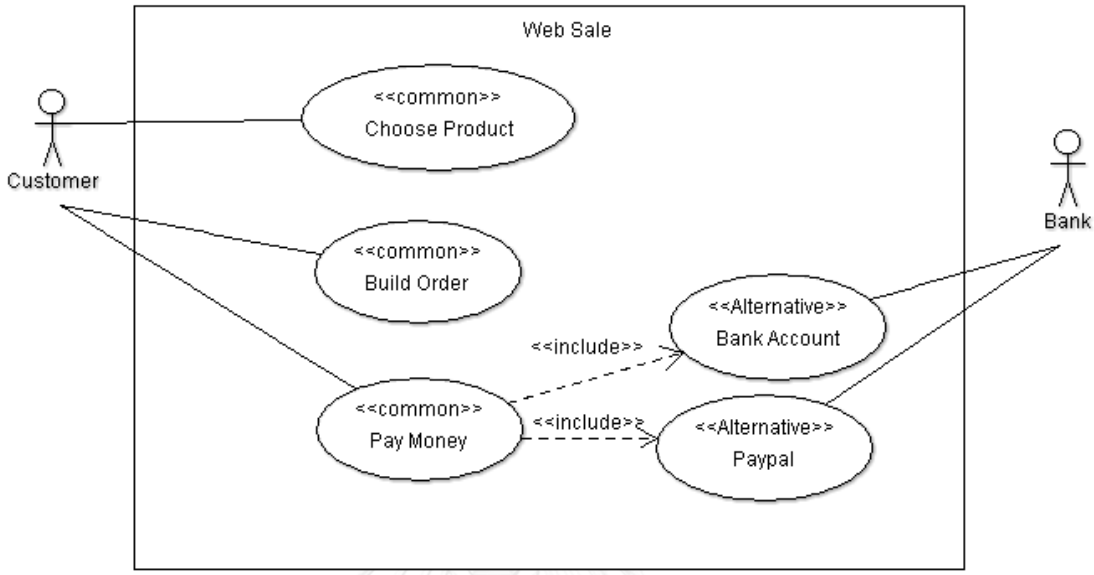
ในที่นี้ได้ใช้โปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 เวอร์ชันโดยเวอร์ชันแรกจะเป็นการทำงานในส่วนก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยจะเป็นระบบเริ่มต้น ส่วนเวอร์ชันที่ 2 จะมีการเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ ซึ่งจะเป็นการทำงานหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

ก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ ระบบจะมีการสร้างฟีเจอร์ที่ต้องการของระบบซึ่งจะประกอบด้วยฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ ซึ่งประกอบไปด้วย Choose Product, Bill Order, Pay Money, Bank, Paypal ดังตารางที่ 4.1

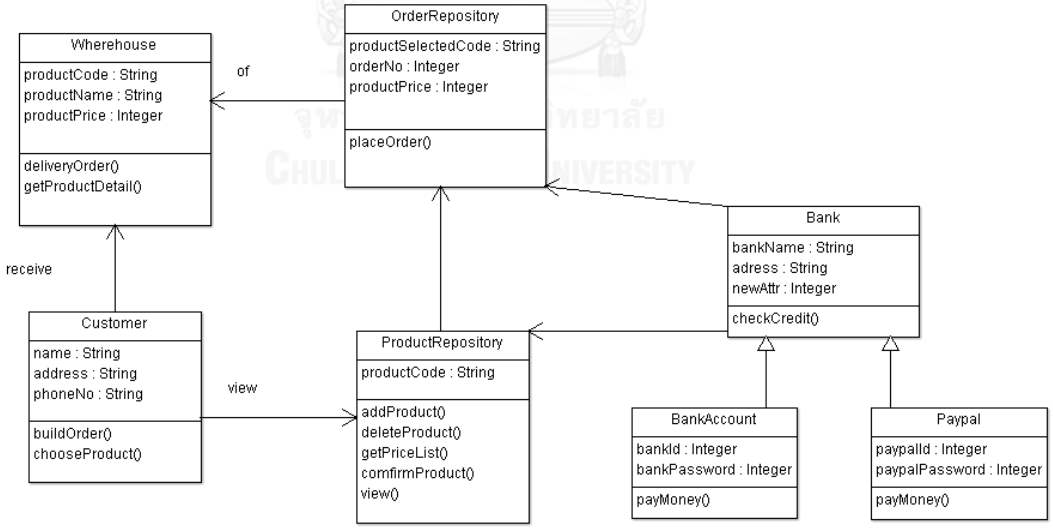
ตารางที่ 4.1 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ช่วงก่อนวิวัฒนาการ

Feature Id	Feature Name
1	Choose Product
2	Build Order
3	Pay Money
4	Bank
5	Paypal

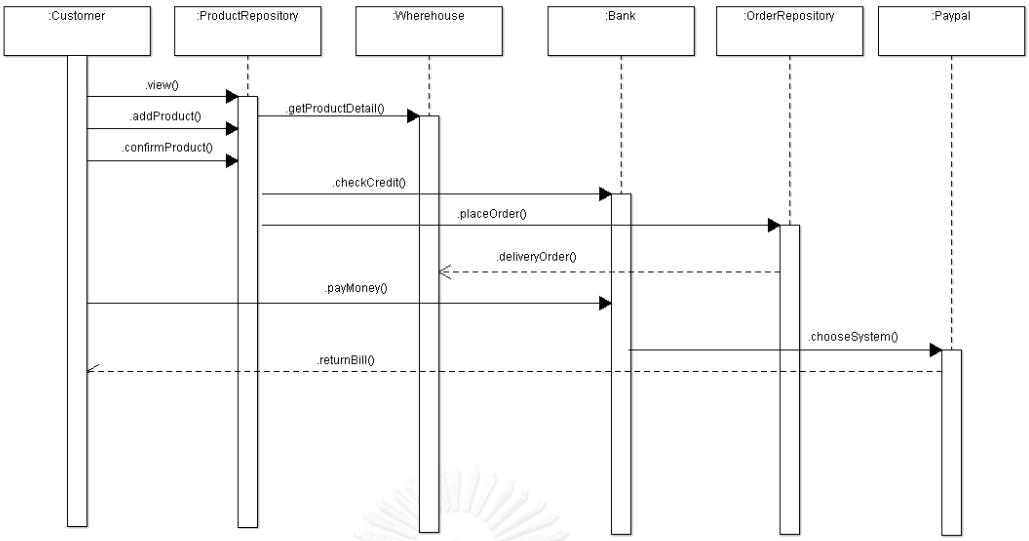
ในส่วนของแผนภาพต่างๆที่นำเข้าก็จะประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพซีแควนส์ ดังรูปที่ 4.1,4.2,4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แผนภาพยูสเคสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์



รูปที่ 4.2 แผนภาพคลาสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์



รูปที่ 4.3 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์

จากนั้นจะทำการแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์ดังตารางที่ ข.1(ในภาคผนวก ข) ซึ่งจะประกอบไปด้วยชื่อของสิ่งประดิษฐ์และสเตอร์ริโอไทป์ ซึ่งประกอบด้วยสิ่งประดิษฐ์ของ use case Diagram 14 สิ่งประดิษฐ์ Class Diagram 15 สิ่งประดิษฐ์ Sequence Diagram 16 สิ่งประดิษฐ์

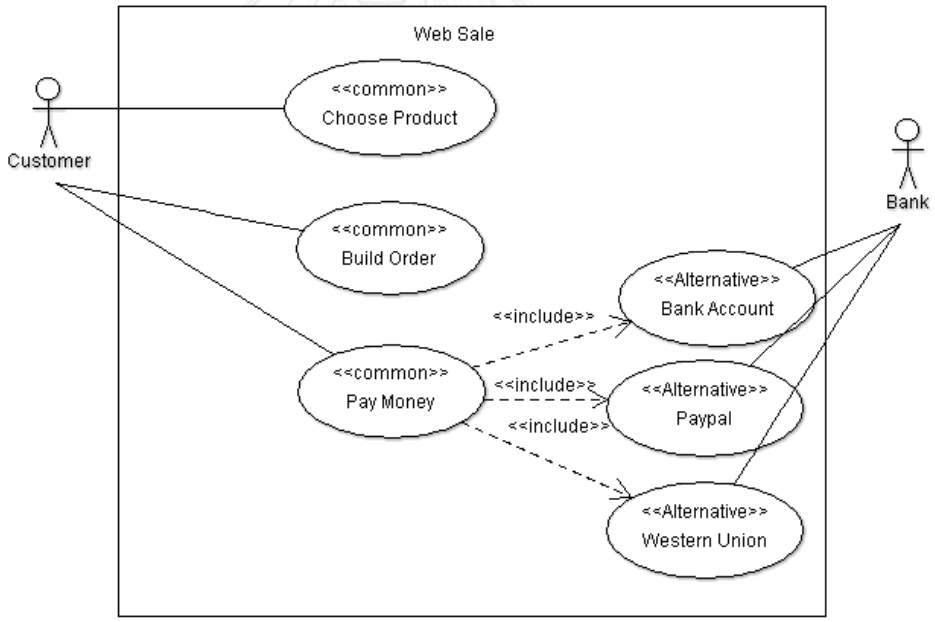
ต่อมาผู้ใช้งานจะทำการจับความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรกเพื่อกำหนดความถูกต้องของลิงค์ที่จะเกิดขึ้นดังตารางที่ ข.2 ซึ่งจะเป็นการเสร็จสิ้นของขั้นตอนก่อนวิวัฒนาการ จำนวนทั้งสิ้น 70 ลิงค์ความสัมพันธ์

ต่อมาจะเป็นการเริ่มต้นของขั้นตอนหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ โดยผู้ใช้จะมีการแก้ไขฟีเจอร์ที่ต้องการของระบบซึ่งจะประกอบด้วยฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์คือมีการเพิ่มฟีเจอร์ Western Union เข้ามาในระบบ ดังตารางที่ 4.2

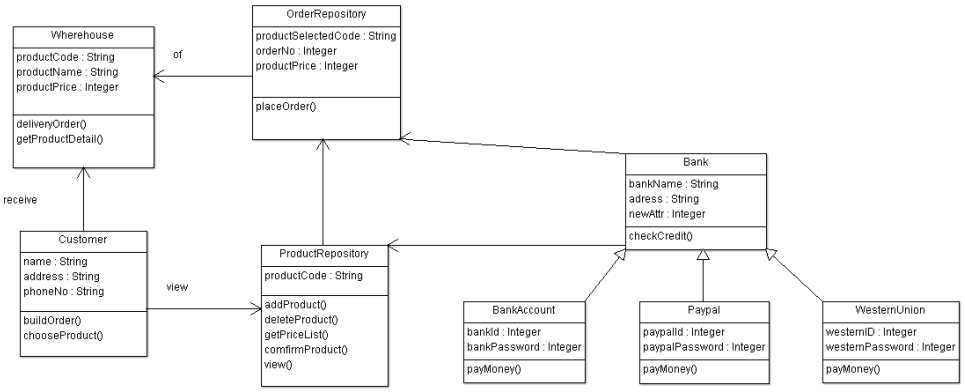
ตารางที่ 4.2 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบของการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ช่วงหลังวิวัฒนาการ

Feature Id	Name
1	Choose Product
2	Build Order
3	Pay Money
4	Bank
5	Paypal
6	Western Union

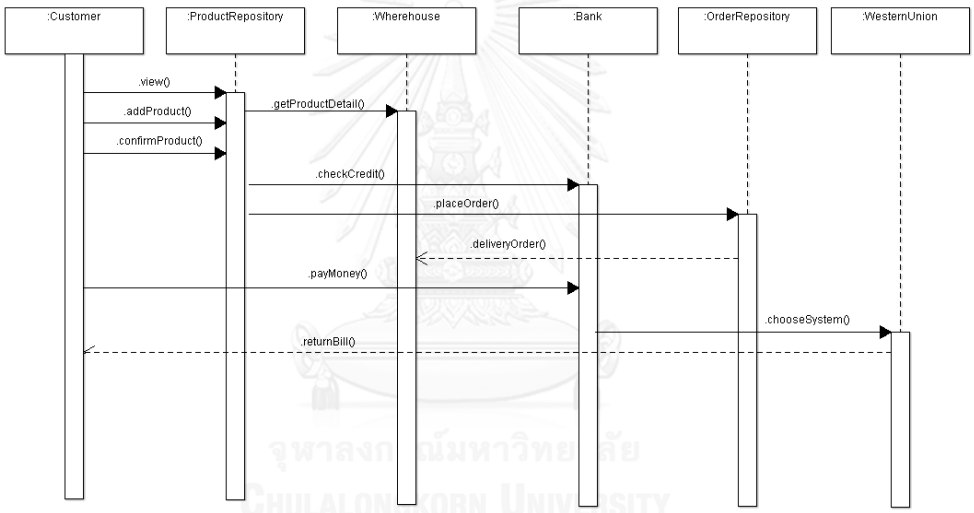
ในส่วนของแผนภาพต่างๆที่มีการแก้ไขก็จะประกอบไปด้วย แผนภาพคลาส แผนภาพยูสเคส และแผนภาพซีแควนส์ ดังรูปที่ 4.4,4.5,4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แผนภาพยูสเคสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์



รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์



รูปที่ 4.6 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์

จากนั้นจะทำการแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์ดังตารางที่ ข.3 ซึ่งจะประกอบไปด้วยชื่อของสิ่งประดิษฐ์และสเตอร์ริโอไทป์ประกอบด้วย สิ่งประดิษฐ์ของ use case Diagram 16 สิ่งประดิษฐ์ Class Diagram 17 สิ่งประดิษฐ์ Sequence Diagram 16 สิ่งประดิษฐ์

ระบบจำทำการคำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 4.3 เพื่อพิจารณาสิ่งที่มีการเพิ่ม ลบ

ตารางที่ 4.3 คำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันที่เกิดขึ้นของระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์

Name	Architecture/Feature	Status
Western Union	Feature	Add
Western Union	Use Case/Use Case Diagram	Add
Pay Money - Western Union	include/Use Case Diagram	Add
Bank - Western Union	Association/Use Case Diagram	Add
Western Union	Class/Class Diagram	Add
Bank - Western Union	Generalization/Class Diagram	Add
Western Union	Classifier role/Sequence Diagram	Add
PayPal	Classifier role/Sequence Diagram	Delete
ChooseSystem	Call Action/Sequence Diagram	Add
ReturnBill	return Action/Sequence Diagram	Add

หลังจากนั้นระบบจะทำการคำนวนหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดลดังตารางที่ ข.4 จำนวนทั้งสิ้น 108 ลิงค์ความสัมพันธ์

4.1.1 บทวิเคราะห์ผลการประเมิน

ผลของการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลสามารถหาลิงค์การตามรอยใหม่ที่เกิดขึ้นได้กับแผนภาพคลาส ยูสเคส และซีแควนซ์ โดยอัตโนมัติ โดยสามารถแสดงดังตารางที่ ข.5

การประเมินวัดได้จากค่าความแม่นยำ (Precision) และความระลึก (Recall)

$$\text{ค่าความแม่นยำ (P)} = \left(\frac{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดล}}{\text{จำนวนของลิงค์การตามรอยที่ที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดลทั้งหมด}}\right)$$

$$\text{ค่าความระลึก (R)} = \left(\frac{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดล}}{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด}}\right)$$

ผลของการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลพบว่าหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์มีลิงค์ที่เกิดขึ้นใหม่มีจำนวนทั้งสิ้น 38 ลิงค์ และ ลบออกไป

จำนวน 12 ลิงค์ โดยลิงค์ที่เกิดขึ้นใหม่ด้วยวิธีเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลมีจำนวนทั้งสิ้น 38 ลิงค์ และลบออกไปจำนวน 12 ลิงค์ ค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วนของฟังชันก์การตามรอยที่จะเป็นไปได้จะสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ค่าความแม่นยำของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ = 38/38 =1

ค่าความระลึกของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ = 38/38 =1

ค่าความแม่นยำของการตามรอยที่จะเป็นไปได้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีที่สุด ในขณะที่ค่าความระลึกของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีที่สุดเช่นกัน

4.2 การประเมินลิงค์การตามรอยที่เป็นไปได้โดยกรณีศึกษาของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์

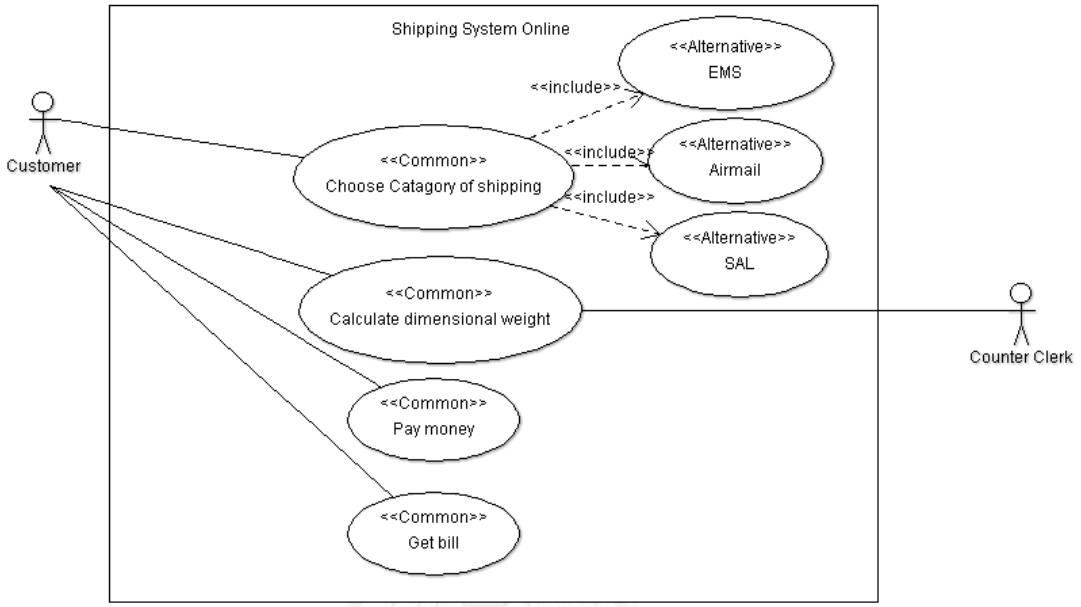
ในที่นี้ได้ใช้โปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 เวอร์ชันโดยเวอร์ชันแรกจะเป็นการทำงานในส่วนก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยจะเป็นระบบเริ่มต้น ส่วนเวอร์ชันที่ 2 จะมีการเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ ซึ่งจะเป็นการทำงานหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์

ก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ระบบจะมีการสร้างฟีเจอร์ที่ต้องการของระบบซึ่งจะประกอบด้วยฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ ซึ่งประกอบไปด้วย Choose category of Shipping , Calculate dimensional weight , pay money , bill ดังตารางที่ 4.4

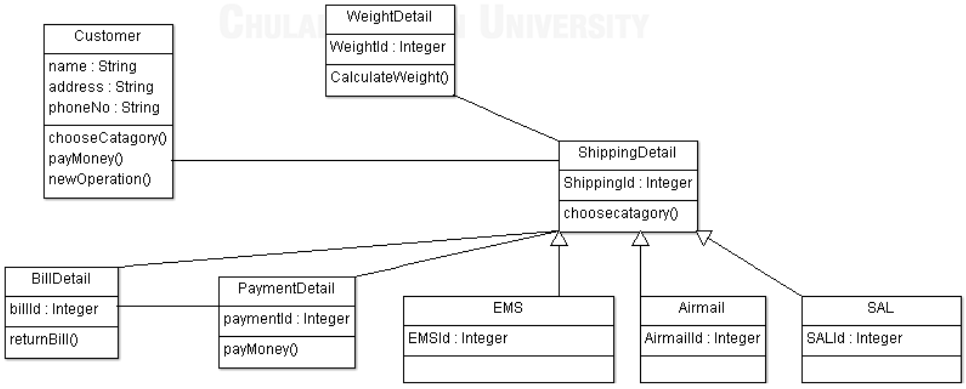
ตารางที่ 4.4 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ช่วงก่อนวิวัฒนาการ

ลำดับฟีเจอร์	ฟีเจอร์
1	Choose category of Shipping
2	Calculate dimensional weight
3	Pay Money
4	bill

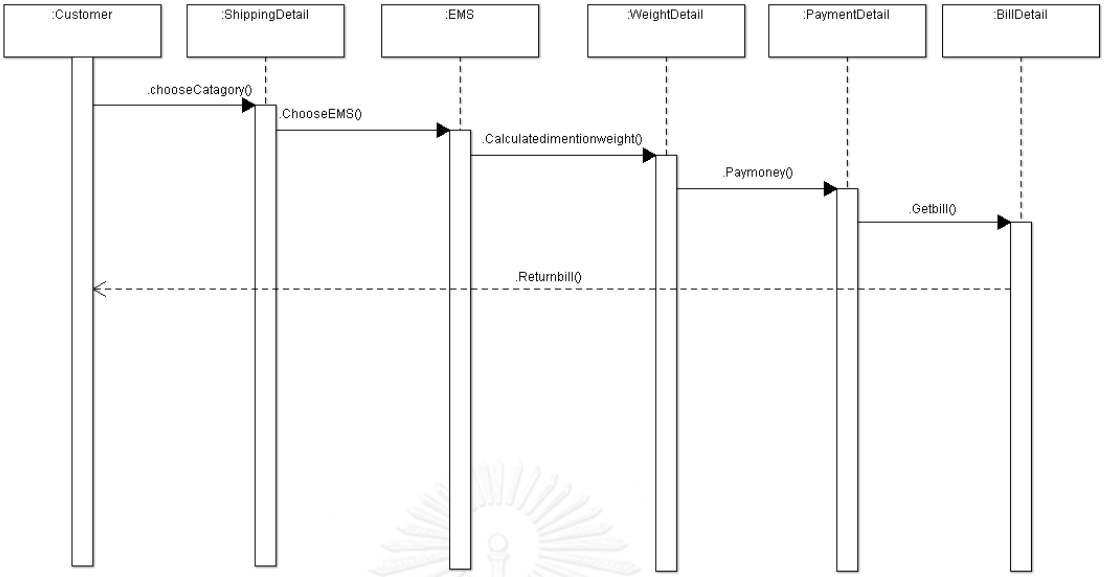
ในส่วนของแผนภาพต่างๆที่นำเข้าจะประกอบไปด้วย แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพซีแควนส์ ดังรูปที่ 4.7,4.8,4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แผนภาพยูสเคสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์



รูปที่ 4.8 แผนภาพคลาสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์



รูปที่ 4.9 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์

จากนั้นจะทำการแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์ดังตารางที่ ข.6 ซึ่งจะประกอบไปด้วยชื่อของสิ่งประดิษฐ์และสเตอร์ริโอไทป์ ประกอบด้วย สิ่งประดิษฐ์ของ use case Diagram 17 สิ่งประดิษฐ์ Class Diagram 15 สิ่งประดิษฐ์ Sequence Diagram 12 สิ่งประดิษฐ์

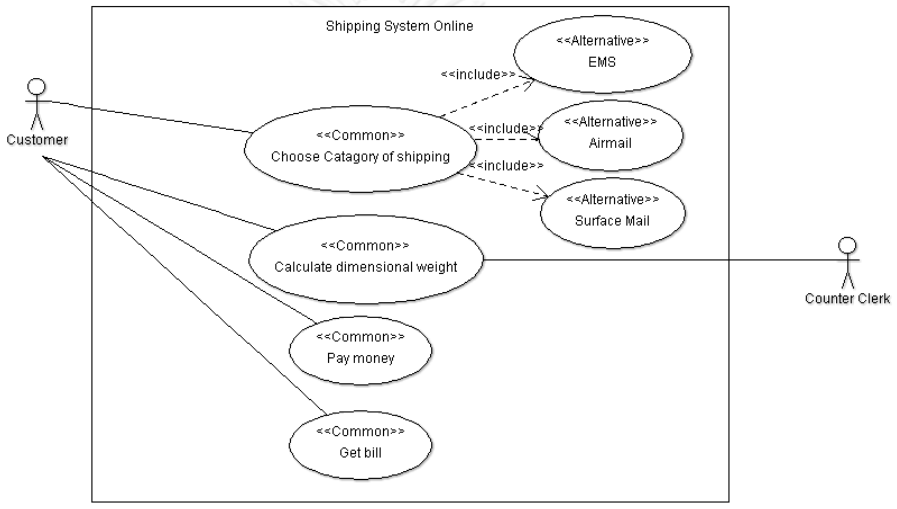
ต่อมาผู้ใช้งานจะทำการจับความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรกเพื่อกำหนดความถูกต้องของลิงค์ที่จะเกิดขึ้นดังตารางที่ ข.7 ซึ่งจะเป็นการเสร็จสิ้นของขั้นตอนก่อนวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์จำนวนทั้งสิ้น 62 ลิงค์ความสัมพันธ์

ต่อมาจะเป็นการเริ่มต้นของขั้นตอนหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ โดยผู้ใช้จะมีการเพิ่มลดหรือแก้ไขฟีเจอร์ที่ต้องการของระบบซึ่งจะประกอบด้วยฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์คือมีการแก้ไขประเภทการจัดส่งแบบ SAL เป็น Surface mail ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ฟีเจอร์ต่างๆที่มีความจำเป็นในระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์ช่วงหลังวิวัฒนาการ

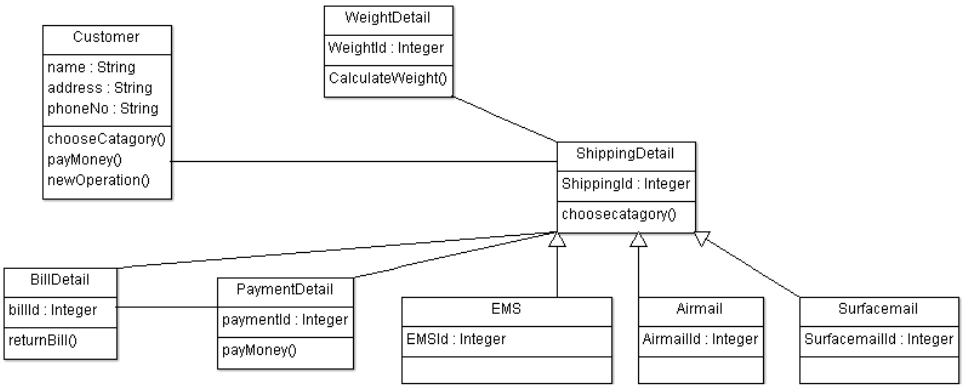
ลำดับฟีเจอร์	ฟีเจอร์
1	Choose category of Shipping
2	Calculate dimensional weight
3	Pay Money
4	bill

ในส่วนของแผนภาพต่างๆที่มีการแก้ไขก็จะประกอบไปด้วย แผนภาพคลาส แผนภาพยูสเคส และแผนภาพซีเควนส์ ดังรูปที่ 4.10,4.11,4.12 ตามลำดับ

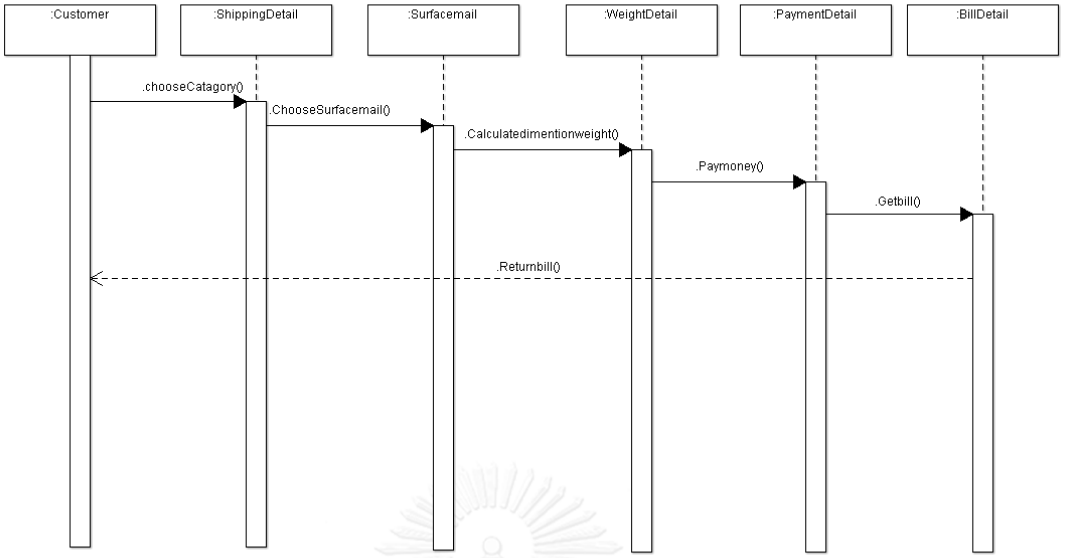


Chulalongkorn University

รูปที่ 4.10 แผนภาพยูสเคสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์



รูปที่ 4.11 แผนภาพคลาสของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์



รูปที่ 4.12 แผนภาพซีแควนซ์ของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์

จากนั้นจะทำการแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์ดังตารางที่ ข.8 ซึ่งจะประกอบไปด้วยชื่อของสิ่งประดิษฐ์และสเตอร์ริโอไทป์ประกอบด้วย สิ่งประดิษฐ์ของ use case Diagram 17 สิ่งประดิษฐ์ Class Diagram 15 สิ่งประดิษฐ์ Sequence Diagram 12 สิ่งประดิษฐ์

ระบบจำทำการคำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 4.6 เพื่อพิจารณาสิ่งที่มีการแก้ไข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 คำนวณหาความแตกต่างกันระหว่าง 2 เวอร์ชันของระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์

Name V.1	Name V.2	Architecture/Feature	Status
SAL	Surface Mail	Include/Use case Diagram	Edit
Choose Category of shipping - SAL	Choose Category of shipping - Surface Mail	Association/Use case Diagram	Edit
SAL	Surface Mail	Class/Class Diagram	Edit
Shipping Detail - SAL	Shipping Detail - Surface Mail	Generalization/Class Diagram	Edit
SAL	Surface Mail	Classifier role/Sequence Diagram	Edit
Choose EMS	Choose Surface mail	Call Action/Sequence Diagram	Edit

หลังจากนั้นระบบจะทำการคำนวณหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดลดังตารางที่ ข.9 จำนวนทั้งสิ้น 63 ลิงค์ความสัมพันธ์

4.2.1 บทวิเคราะห์ผลการประเมิน

ผลของการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลสามารถหาลิงค์การตามรอยใหม่ที่เกิดขึ้นได้กับแผนภาพคลาส ยูสเคส และซีแควนซ์ โดยอัตโนมัติ โดยสามารถแสดงดังตารางที่ ข.10

การประเมินวัดได้จากค่าความแม่นยำ (Precision) และความระลึก (Recall)

$$\text{ค่าความแม่นยำ (P)} = \left(\frac{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดล}}{\text{จำนวนของลิงค์การตามรอยที่ที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดลทั้งหมด}}\right)$$

$$\text{ค่าความระลึก (R)} = \left(\frac{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงที่ค้นพบด้วยวิธีเวกเตอร์สเปซโมเดล}}{\text{จำนวนลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด}}\right)$$

ผลของการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล พบว่าหลังกระบวนการวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ มีลิงค์ที่เกิดขึ้นใหม่มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ลิงค์ และลบออกไปจำนวน 6 ลิงค์ ซึ่งคาดหวังจำนวน 6 ลิงค์ โดยความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล มีค่าเท่ากับ ลิงค์ที่เกิดขึ้นใหม่มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ลิงค์ และ ลบออกไปจำนวน 6 ลิงค์ซึ่งคาดหวังจำนวน 6 ลิงค์ โดยลิงค์ที่เกิดขึ้นจริง ค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วนของการตามรอยที่จะเป็นไปได้จะสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ค่าความแม่นยำของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ = 6/7 =0.86

ค่าความระลึกของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ = 6/7 =0.86

ค่าความแม่นยำของการตามรอยที่จะเป็นไปได้มีค่าเท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมาก ในขณะที่ค่าความระลึกของการตามรอยที่จะเป็นไปได้ มีค่าเท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมากเช่นกัน

4.3 ผลการประเมินวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ผลของการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลกับระบบทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์และระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์

ระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์สามารถประเมินค่าความแม่นยำมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมาก ในขณะที่ค่าความระลึก มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมาก

ระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์สามารถประเมินค่าความแม่นยำมีค่าเท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมาก ในขณะที่ค่าความระลึก มีค่าเท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีมากเช่นกัน ดังตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.7 สรุปผลการประเมินความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ระบบที่มาทำการประเมิน	ค่าความแม่นยำ (P)	ค่าความระลึก (R)	เปอร์เซ็นค่าความแม่นยำ (P)	เปอร์เซ็นค่าความระลึก (R)
ระบบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์	1	1	100%	100%
ระบบการจัดส่งพัสดุออนไลน์	0.86	0.86	86%	86%
ค่าเฉลี่ย	0.93	0.93	93%	93%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การพัฒนาเครื่องมือ

ในบทนี้อธิบายวิธีการพัฒนาเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดคือการอธิบายความต้องการเชิงหน้าที่ การออกแบบการทำงาน และส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน โดยมุ่งเน้นการการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์

ตารางที่ 5.1 ข้อกำหนดเบื้องต้นของระบบ

ข้อกำหนดของระบบเบื้องต้น	รายละเอียด
ผู้ใช้งานระบบ	เป็นผู้มีหน้าที่วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความรู้ความสามารถในระบบเป็นอย่างดี
ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์
ข้อมูลนำออก	ลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์
สภาพแวดล้อมของระบบ	ระบบปฏิบัติการต่างๆ

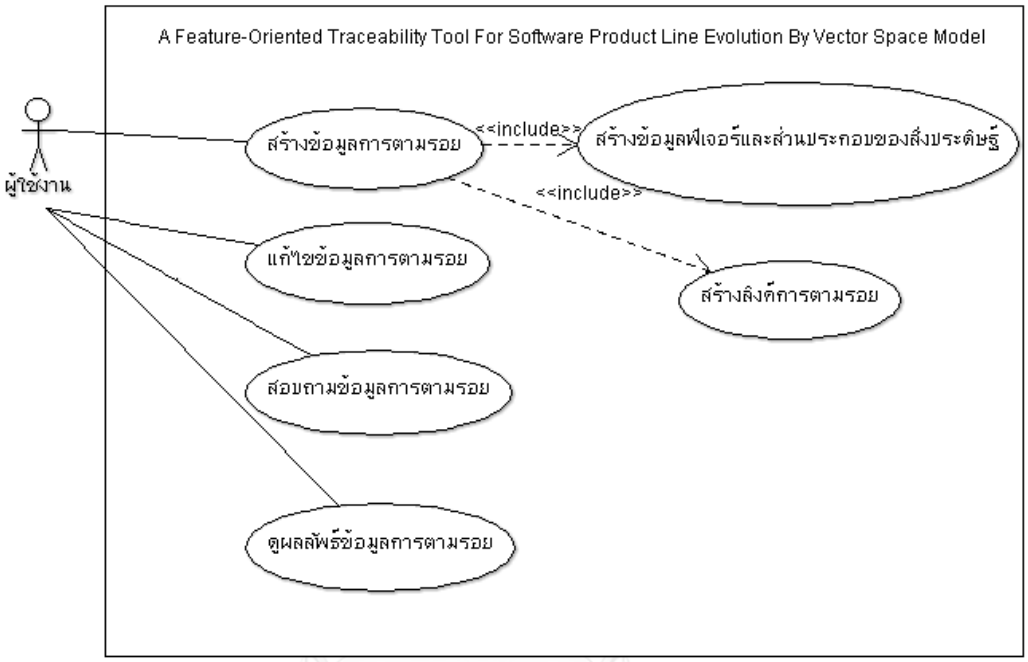
ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลเบื้องต้นของระบบ ซึ่งได้แก่ ผู้ใช้งานระบบ ข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก สภาพแวดล้อมของระบบ ซึ่งผู้ใช้จะพัฒนาเครื่องมือให้ครอบคลุมการออกแบบวิธีการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ โดยใช้แบบจำลองฟีเจอร์เป็นศูนย์กลางในการตามรอยไปยังสิ่งประดิษฐ์เชิงซอฟต์แวร์ต่างๆในสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์

5.1 แผนภาพยูสเคส (Use case diagram)

ความต้องการเชิงหน้าที่ของเครื่องมือที่พัฒนาสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแผนภาพยูสเคส ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และอธิบายได้ว่า เครื่องมือที่พัฒนาประกอบด้วยส่วนการทำงานหลักๆ ซึ่งจะบอกถึงขบวนของการทำงาน 6 ยูสเคส ได้แก่

- สร้างข้อมูลการตามรอย
- สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบขิงสิ่งประดิษฐ์
- สร้างลิงค์การตามรอย

- แก้ไขข้อมูลการตามรอย
- สอบถามข้อมูลการตามรอย
- ดูผลลัพธ์ข้อมูลการตามรอย



รูปที่ 5.1 แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือสนับสนุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 คำอธิบายยูสเคส สร้างข้อมูลการตามรอย

Use case Name : สร้างข้อมูลการตามรอย	ID : U01
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Description : ควบคุมการทำงานโดยรวมของการสร้างข้อมูลการตามรอยของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นทั้งหมด	
Pre Condition : ผู้ใช้นำข้อมูลชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ มาเป็นข้อมูลนำเข้า	
Relationships : Association : ผู้ใช้งาน Include : สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบขิงสิ่งประดิษฐ์,สร้างลิงค์การตามรอย Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. สร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ 2. แสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ 3. ทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ 4.การเพิ่มฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้คือชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด 5. เข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค 6. สร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture 7. เรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : ผู้ใช้สร้างกระบวนการทำงานไม่ถูกต้อง A. มีการแจ้งข้อผิดพลาด ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของพารามิเตอร์ไม่ถูกต้อง A. มีการแจ้งข้อผิดพลาด ผู้ใช้กำหนดข้อมูลนำเข้าไม่ถูกต้อง A. มีการแจ้งข้อผิดพลาด	
Post Condition : ความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด	

ตารางที่ 5.3 คำอธิบายยูสเคส สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์

Use case Name : สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์	ID : U02
Primary Actor : -	
Description : สร้างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์	
Pre Condition : ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ถูกสร้างและออกแบบโดยผู้ใช้	
Relationships : Association : - Include : - Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. สร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ 2. แสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ 3. ทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ 4. การเพิ่มฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด 5. เข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : -	
Post Condition : โปรเจคและฟีเจอร์ที่สร้างขึ้น	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.4 คำอธิบายยูสเคส สร้างลิงค์การตามรอย

Use case Name : สร้างลิงค์การตามรอย	ID : U03
Primary Actor : -	
Description : สร้างลิงค์การตามรอยระหว่าง Feature และ architecture	
Pre Condition : ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์	
Relationships : Association : - Include : - Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. สร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture 2. เรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : -	
Post Condition : ลิงค์ระหว่างข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.5 คำอธิบายยูสเคส แก้ไขข้อมูลการตามรอย

Use case Name : แก้ไขข้อมูลการตามรอย	ID : U04
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Description : แก้ไขข้อมูลการตามรอยได้แก่ ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์	
Pre Condition : ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์เวอร์ชันถัดมา	
Relationships : Association : ผู้ใช้งาน Include : - Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. ทำการแก้ไขโปรเจคเดิมโดยการแก้ไขข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ 2. ระบบจะทำการแสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ 3.ทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ ของโปรเจคเดิม 4.การแก้ไขฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด 5.กด Calculate Difference Last Version ระบบจะทำการแสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : -	
Post Condition : แสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.6 คำอธิบายยูสเคส สอบถามข้อมูลการตามรอย

Use case Name : สอบถามข้อมูลการตามรอย	ID : U05
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Description : สอบถามข้อมูลการตามรอย	
Pre Condition : ข้อมูลฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์เวอร์ชันถัดมา	
Relationships : Association : ผู้ใช้งาน Include : - Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. กด Calculate New Link เพื่อทำการสร้างลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : -	
Post Condition : ลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.7 คำอธิบายยูสเคส ดูผลลัพธ์ข้อมูลการตามรอย

Use case Name : ดูผลลัพธ์ข้อมูลการตามรอย	ID : U06
Primary Actor : ผู้ใช้งาน	
Description : ดูผลลัพธ์ข้อมูลการตามรอย	
Pre Condition : ลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น	
Relationships : Association : ผู้ใช้งาน Include : - Extend : -	
Normal Flow of Event : 1. กด New Link เพื่อทำการดูลิงค์ใหม่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น	
Sub flow : -	
Alternative/Exception Flow : -	
Post Condition : ลิงค์ใหม่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

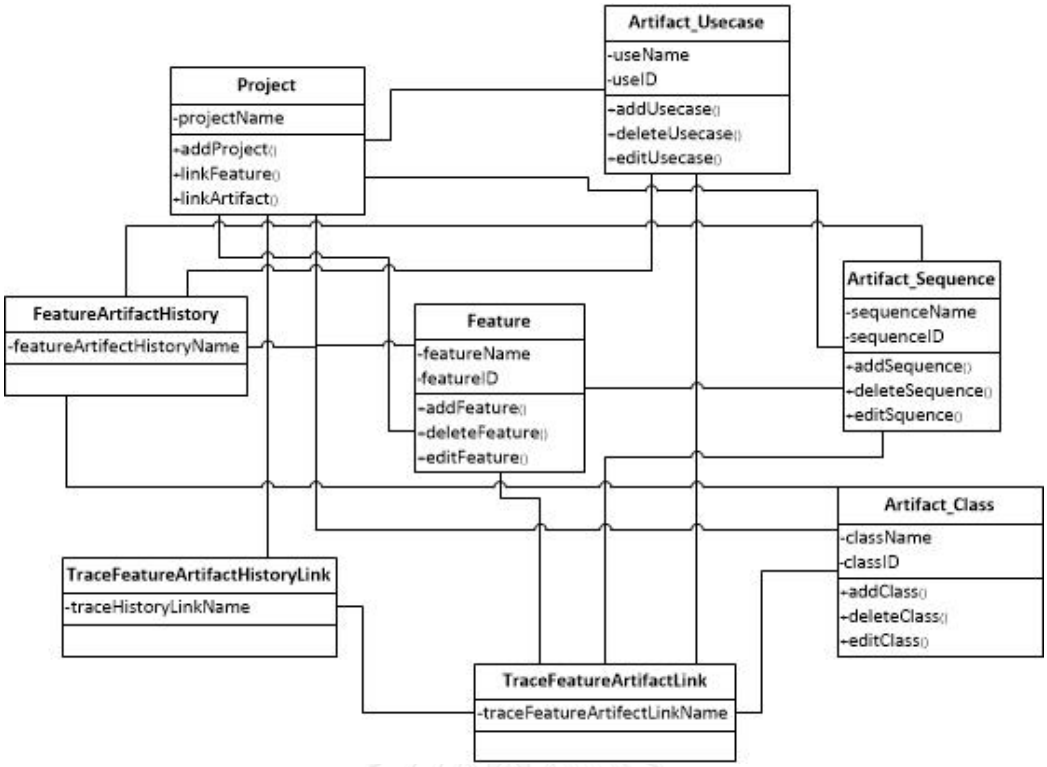
5.2 แผนภาพคลาส (Use case diagram)

แผนภาพคลาสถูกแสดงดังรูปที่ 5.2 ซึ่งประกอบด้วยคลาสดังต่อไปนี้

- Project
- Feature
- Artifact_UseCase
- Artifact_Sequence
- Artifact_Class
- TraceFeatureArtifactLink
- TraceFeatureArtifactHistoryLink
- FeatureArtifactHistory

แผนภาพคลาสจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่าง คลาสของเครื่องมือที่จะเกิดขึ้น โดยเริ่มจากความสำพันธ์ของคลาส Project ซึ่งจะทำการเก็บรายละเอียดของโปรเจค ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับคลาส Feature, Artifact_UseCase, Artifact_Sequence, Artifact_Class, TraceFeatureArtifactHistoryLink, ในส่วนของคลาส Feature ที่เป็นคลาสทำการเก็บรายละเอียดของฟีเจอร์นั้นยังมีความสัมพันธ์กับ TraceFeatureArtifactLink ที่ทำการเก็บลิงค์ระหว่างสิงประดิษฐ์กับฟีเจอร์ Artifact_UseCase, Artifact_Sequence, Artifact_Class จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลของสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ FeatureArtifactHistory ทำการเก็บประวัติของฟีเจอร์และสิ่งประดิษฐ์ที่ได้ถูกเพิ่มลดและแก้ไข TraceFeatureArtifactHistoryLink จะทำหน้าที่เก็บประวัติการเปลี่ยนแปลงของลิงค์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

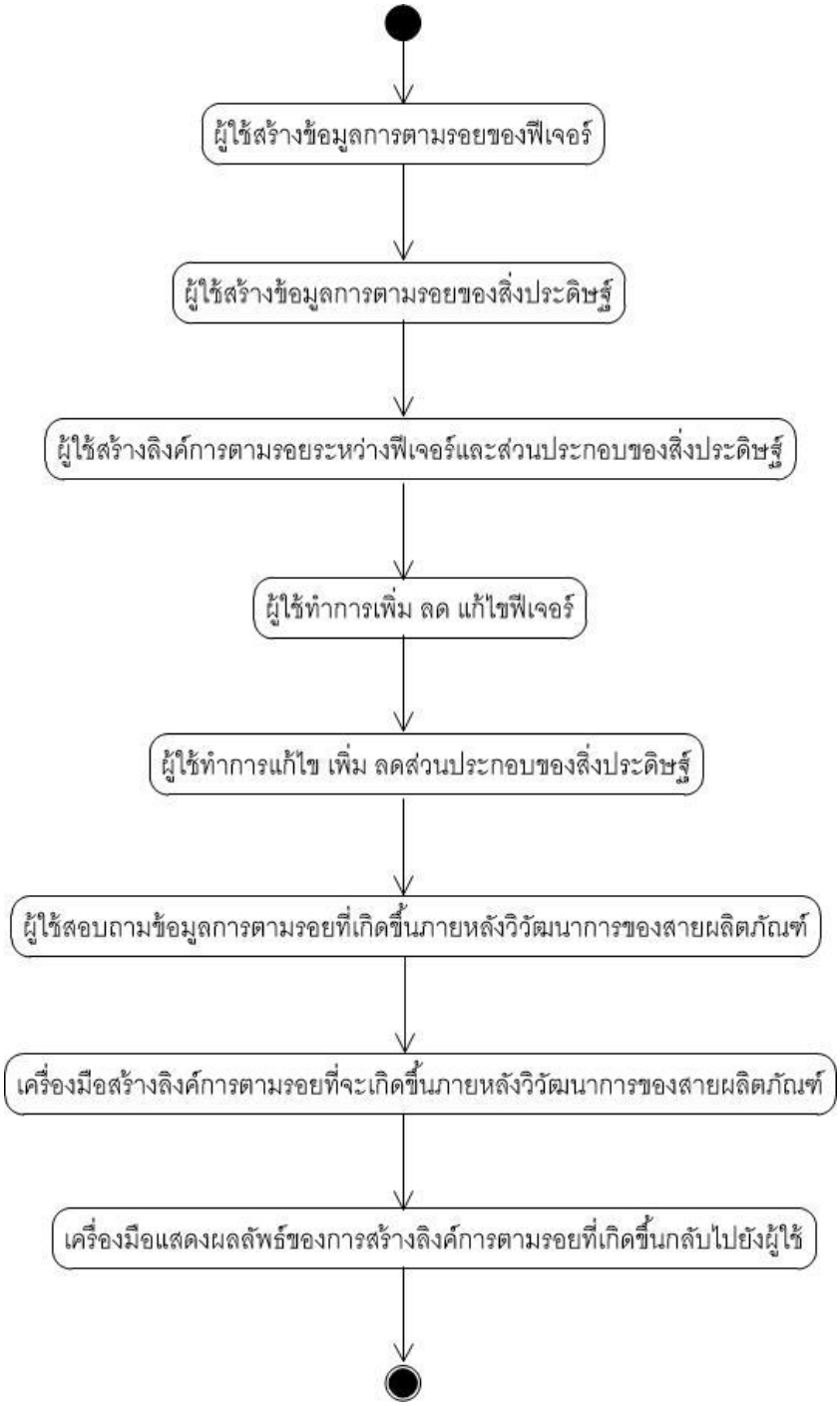


รูปที่ 5.2 แผนภาพคลาสของเครื่องมือสนับสนุน

5.3 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram)

แผนภาพกิจกรรมแสดงการทำงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งหมดของเครื่องมือ โดยสามารถแสดงขั้นตอนตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแผนภาพกิจกรรมดังรูปที่ 5.3 โดยก่อนวิวัฒนาการ[5.3(a)]มีการเริ่มขั้นตอนตั้งแต่สร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ แสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ ทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ การเพิ่มฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด เข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค สร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture เรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด หลังวิวัฒนาการมีการเริ่มขั้นตอนตั้งแต่ ทำการแก้ไขโปรเจคเดิมโดยการแก้ไขข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพลำดับ ระบบจะทำการแสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ ทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ ของโปรเจคเดิม การแก้ไขฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด กด Calculate Difference Last Version ระบบจะทำการแสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า กด

Calculate New Link เพื่อทำการสร้างลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น กด New Link เพื่อทำการดูลิงค์ใหม่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 5.3 แผนภาพกิจกรรมของระบบก่อนวิวัฒนาการและหลังวิวัฒนาการ

5.4 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software)

ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับสนับสนุนของงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์ (Intel core 2.75 GHz)
- จานบันทึกแบบแข็ง (Hard disk) ความจุ 2 เทอราไบต์
- หน่วยความจำ (Memory) 4 กิกะไบต์

2) ด้านซอฟต์แวร์

- เครื่องมือพัฒนาเว็บไซต์ (Dreamwaver CS6)
- เครื่องมือแปลงไฟล์ XML (Argo UML,โพไซดอน ซีอี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย งานวิจัยในอนาคต และบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบขั้นตอนการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์โดยได้นำเสนอเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดลซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์หรือภายหลังการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้งาน ช่วยให้สามารถดูแลจัดการความต้องการได้ง่ายเพราะสามารถเห็นความสัมพันธ์ของความต้องการของผู้ใช้งานกับชิ้นส่วนต่างๆ ของซอฟต์แวร์ในระบบ และสามารถประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้สามารถนำเอาผลของงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ได้กับงานจริงได้เป็นอย่างดี

นอกจากนั้นยังได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์โดยอัตโนมัติ โดยผู้วิจัยเลือกใช้เว็บแอพพลิเคชันในการออกแบบระบบและใช้ภาษาพีเฮชพีในการอิมพลิเมนท์ขั้นตอนการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ โดยเครื่องมือที่ได้พัฒนาเป็นเว็บแอพพลิเคชั่นนั้นสามารถเรียกใช้งานผ่านทางโปรแกรมบราวเซอร์เพื่อทำการแปลงการร้องขอใช้บริการจากผู้ใช้งาน และได้ทำการทดสอบเครื่องมือดังกล่าวกับกรณีศึกษาสองกรณีด้วยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์หรือภายหลังการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้งานด้วยตนเอง พบว่าเครื่องมือสามารถให้ผลการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์หรือภายหลังการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้งานได้ถูกต้อง ซึ่งเมื่อคิดเป็นร้อยละของผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้งสองแล้วคิดเป็นร้อยละ 93 จากนั้นทำการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือด้วยค่าความถูกต้องและค่าความระลึกที่แสดงผลเป็นร้อยละ 93

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ช่วยให้ผู้วิเคราะห์ระบบ ผู้พัฒนาระบบ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสามารถทำการสร้างลิงค์การตามรอยใหม่ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างฟีเจอร์และส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์หรือภายหลังการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้งานได้โดยอัตโนมัติ ช่วยในการลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มความถูกต้องให้กับกระบวนการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ในได้เป็นอย่างดี เกิดประโยชน์กับอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์อย่างกว้างขวาง

6.2 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

6.2.1 เครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นรองรับฟีเจอร์และยูเอ็มแอลในภาษาอังกฤษเท่านั้น ยังไม่รองรับภาษาไทย

6.2.2 กรณีคำผสมที่ประกอบด้วยคำหลายๆคำและคำที่มีรากศัพท์เดียวกันแต่เขียนแตกต่างกันยังไม่สามารถทำได้

6.3 งานวิจัยในอนาคต

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างลิงค์การตามรอยภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ เช่นการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์กับกรณีทดสอบ หรือการสร้างลิงค์การตามรอยระหว่างฟีเจอร์กับโค้ดของระบบ ซึ่งจะช่วยให้การพิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องกันระหว่างลิงค์การตามรอยของฟีเจอร์ของระบบกับกรณีทดสอบหรือโค้ดของระบบ ว่ามีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการภายหลังวิวัฒนาการของสายผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

รายการอ้างอิง

1. Clement P, N.L., *Software Product Lines:Practices and Patterns.* Boston,MA: Addison Wesley Longman Inc., 2001.
2. Eriksson, M., *An Approach to Software Product Line Use Case Modeling.*
3. Devis, A.M., *Requirement:Objects,Functions and States.* Upper Saddle River,NJ,USA:Prentice-Hall, 1993.
4. Mcgill, G.S.a.M.J., *Introduction to Modern Information Retrieval.* Auckland:McGraw-Hill International Book, 1983.
5. Schmid, K., van der Linden,F., and Rommes, E., *Software Product Lines in Action: The Best Industrial Practice in Product Line Engineering.* Puducherry, India:Integra Software Services Pvt, 2007.
6. Kang, K., Cohen, S., Hess, J., Novak, W., *A.,Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study.* Software Engineering Institute,Technical report, CMU/SEI-90-TR-021, 1990.
7. Gomaa, H., *Designing Software Product Lines with UML.* Addison-Wesley, 2004.
8. *Extensible Markup Language (XML) Available.*
9. *XML Metadata Interchange(XMI) Home Page.*
10. Xiaofan Chen , J.G., *Improving Automated Documentation to Code Traceability by Combining Retrieval Techniques.* ASE,2011.IEEE/ICCSA, 2007.
11. ชวนะเวสน์, ก., การตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2011.
12. ทวีศรี, ส., การสร้างการติดตามความต้องการโดยใช้การคำนวณพจน์ความคล้ายกัน. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2006.
13. Toshihiko Tsumaki, Y.M., *A Framework of Requirements Tracing using UML.* Seventh Asia-Pacific Software Engineering Conference(APSEC'00), 2000: p. 206.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเครื่องมือการตามรอยเชิงฟีเจอร์สำหรับวิวัฒนาการสายผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์โดยใช้เทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

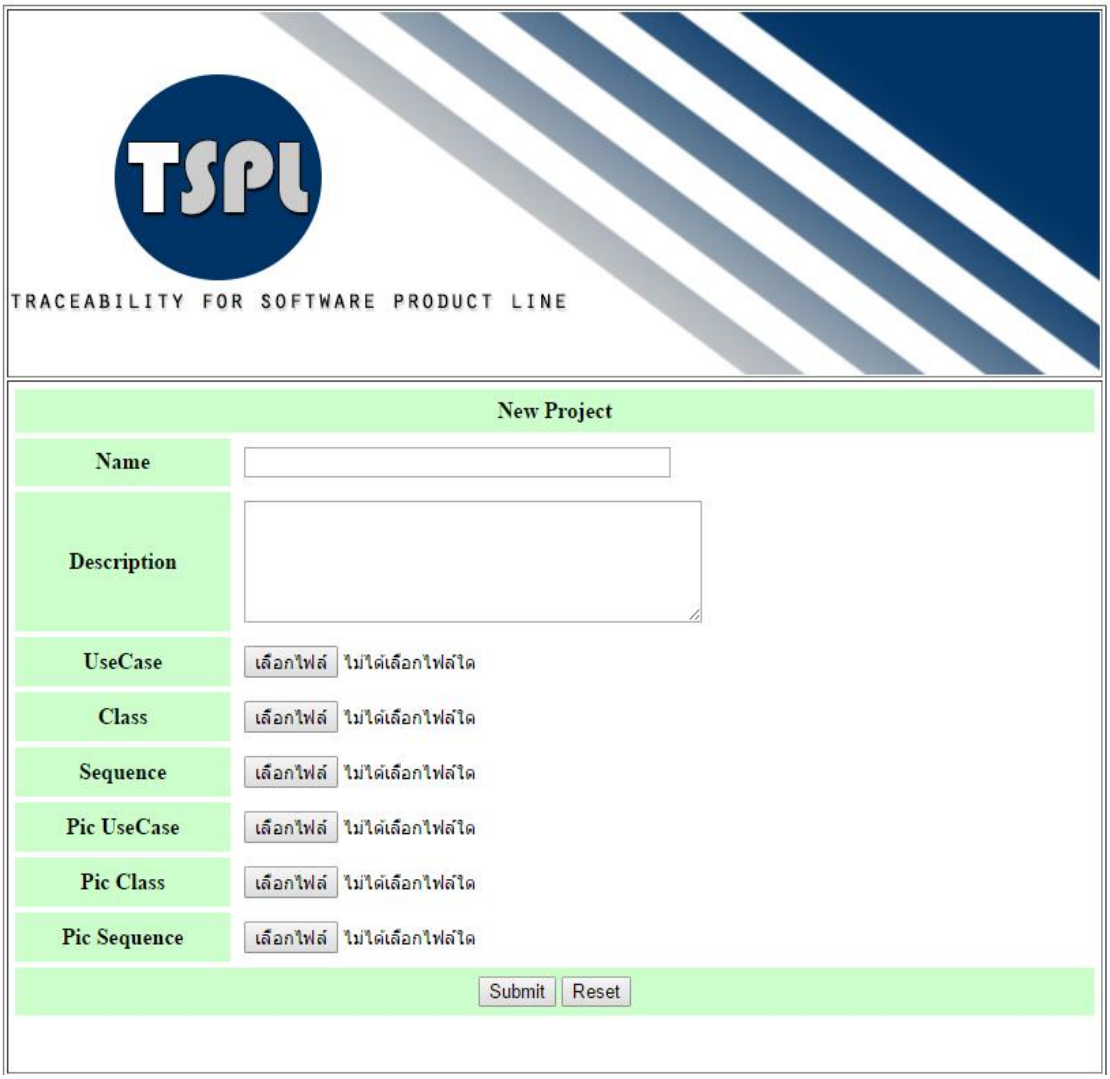
ก.1 การทำงานและส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน

เครื่องมือของงานวิจัยนี้ได้พัฒนาบนเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งการทำงานหลักๆ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนการทำงานก่อนวิวัฒนาการ และ ส่วนของการทำงานหลังวิวัฒนาการ โดยสามารถแสดงรายละเอียดและหน้าจอส่วนต่อประสานผู้ใช้ได้ดังนี้

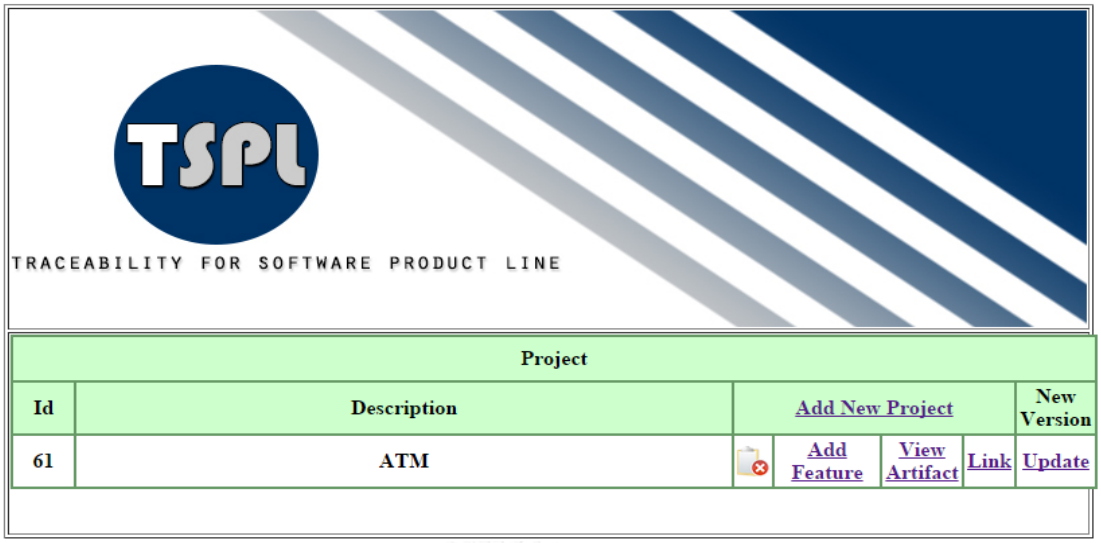
ก.1.1 ส่วนการทำงานก่อนวิวัฒนาการ

ส่วนการทำงานก่อนวิวัฒนาการจะมีส่วนต่อประสานของหน้าจอโดยเริ่มผู้ใช้จะต้องทำการสร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค แผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพกิจกรรม ดังรูปที่ ก.1 เมื่อทำการกด submit ระบบจะทำการแสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ ดังรูปที่ ก.2 โดยผู้ใช้สามารถทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ได้ ดังรูปที่ ก.3 โดยในการเพิ่มฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด ดังรูปที่ ก.4

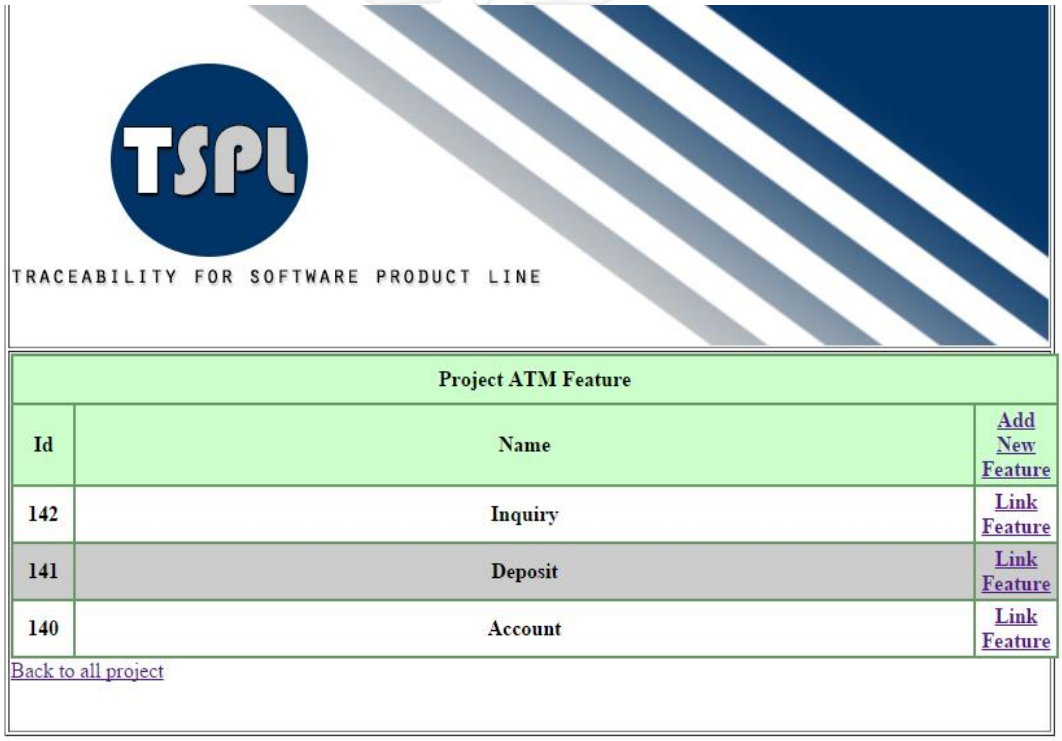
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



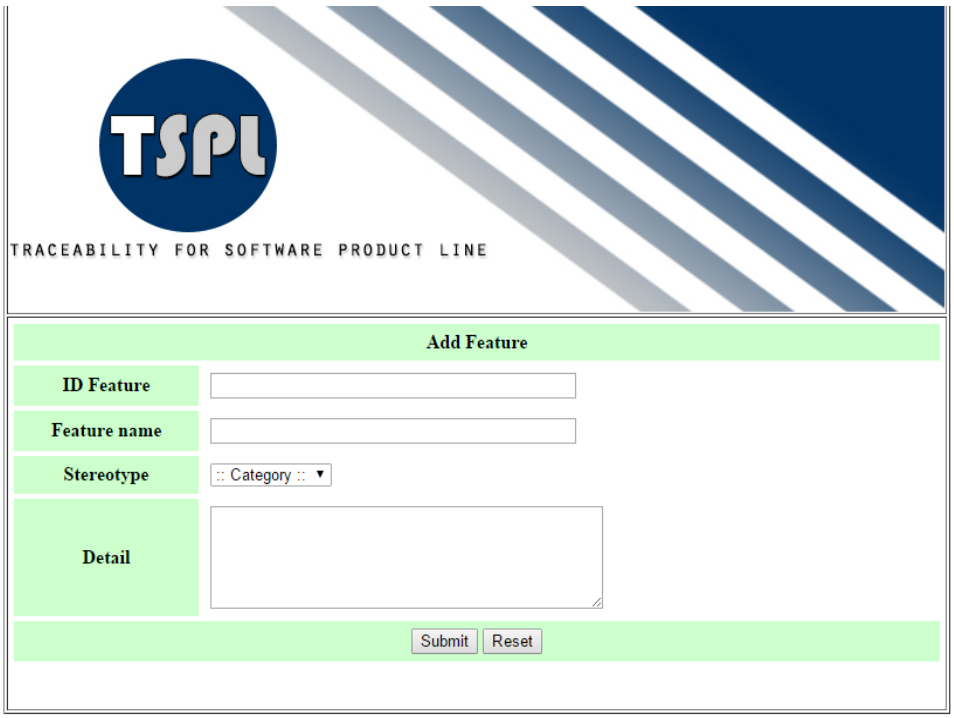
รูปที่ ก. 1 การสร้างโปรเจคใหม่โดยการใส่ข้อมูลต่างๆ



รูปที่ ก. 2 โปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่



รูปที่ ก. 3 การเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์

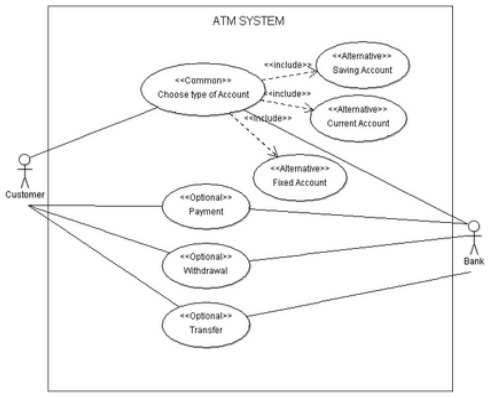


รูปที่ ก. 4 การเพิ่มฟีเจอร์จะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ

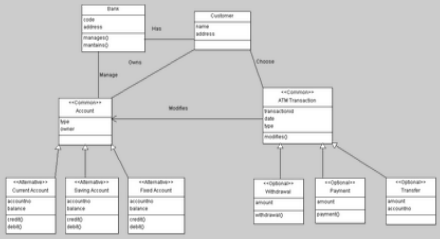
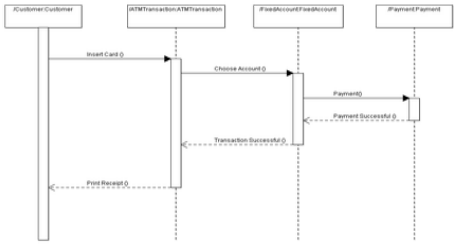
ขั้นตอนต่อมาเมื่อทำการกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจคดังรูปที่ ก.5 และ ก.6 และเมื่อผู้ใช้กดเข้าไปในแต่ละฟีเจอร์ก็จะสามารถสร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture ได้ ดังรูปที่ ก.7 หลังจากนั้นเราสามารถเรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมดได้ดังรูปที่ ก.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE

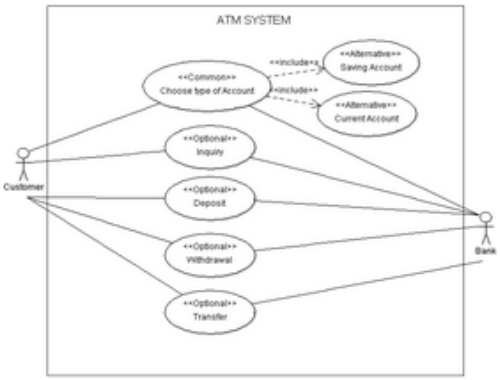
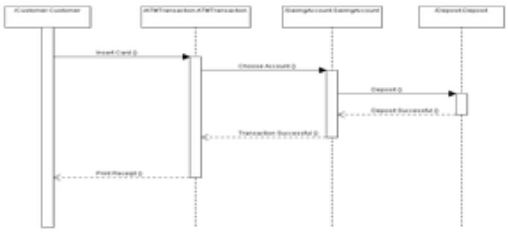
Project ATM				
Detail	Transaction			
Feature	**Inquiry**	optional		
	Deposit	optional		
	Account	common		
Use Case Diagram				
		Customer	Actor	-
		Bank	Actor	-
		Choose type of Account	Usecase	Common
		Saving Account	Usecase	Alternative
		Current Account	Usecase	Alternative
		Payment	Usecase	Optional
		Withdrawal	Usecase	Optional
		Transfer	Usecase	Optional
		Fixed Account	Usecase	Alternative
		Choose	Association	-
		Deposit	Association	-
		Withdrawal	Association	-
		Transfer	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		include	Include	-
		include	Include	-
		include	Include	-
		Customer	Class	-
		Account	Class	Common

รูปที่ ก. 5 การกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(1)

		include	Include	-
		include	Include	-
		include	Include	-
Class Diagram				
		Customer	Class	-
		Account	Class	Common
		ATM Transaction	Class	Common
		Current Account	Class	Alternative
		Saving Account	Class	Alternative
		Bank	Class	-
		Withdrawal	Class	Optional
		Payment	Class	Optional
		Transfer	Class	Optional
		Fixed Account	Class	Alternative
		Owns	Association	-
		Manage	Association	-
		Choose	Association	-
		Has	Association	-
		Modifies	Association	-
		Type	Generalization	-
		Type	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Type	Generalization	-
Sequence Diagram				
		Customer	ClassifierRole	
		ATMTransaction	ClassifierRole	
		FixedAccount	ClassifierRole	
		Payment	ClassifierRole	
		Insert Card ()	Message	-
		Choose Account ()	Message	-
		Transaction Successful ()	Message	-
		Payment()	Message	-
		Payment Successful ()	Message	-
		Print Receipt ()	Message	-
		Send Details to Database		

รูปที่ ก. 6 การกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(2)

TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE

Feature Inquiry				
Detail	Inquiry			
Use Case Diagram		Bank	Actor	
		Customer	Actor	
		Transfer	Use Case	Optional
		Withdrawal	Use Case	Optional
		Deposit	Use Case	Optional
		Inquiry	Use Case	Optional
		Current Account	Use Case	-
		Choose type of Account	Use Case	Common
		Saving Account	Use Case	Alternative
		Manage	Association	
		Manage	Association	
		Manage	Association	
		Manage	Association	
		Manage	Association	
		Transfer	Association	
		Withdrawal	Association	
		Deposit	Association	
		Inquiry	Association	
		Choose	Association	
		include	Include	
		include	Include	
Class Diagram		Transfer	Class	-
		Deposit	Class	Optional
		Withdrawal	Class	Optional
		Inquiry	Class	Optional
		Bank	Class	-
		Saving Account	Class	Alternative
		ATM Transaction	Class	Common
		Current Account	Class	Alternative
		Account	Class	Common
		Customer	Class	-
		Modifies	Association	
		Has	Association	
		Choose	Association	
		Manage	Association	
		Owns	Association	
		Select	Generalization	
		Select	Generalization	
		Select	Generalization	
		Select	Generalization	
		Type	Generalization	
		Type	Generalization	
Sequence Diagram		Deposit	ClassifierRole	
		ATMTransaction	ClassifierRole	
		SavingAccount	ClassifierRole	
		Customer	ClassifierRole	
		Transaction Successful ()	Message	
		Deposit ()	Message	
		Deposit Successful ()	Message	
		Print Receipt ()	Message	
		Insert Card ()	Message	
		Choose Account	Message	

รูปที่ ก. 7 การสร้างความสัมพันธ์ให้กันระหว่าง Feature และ architecture

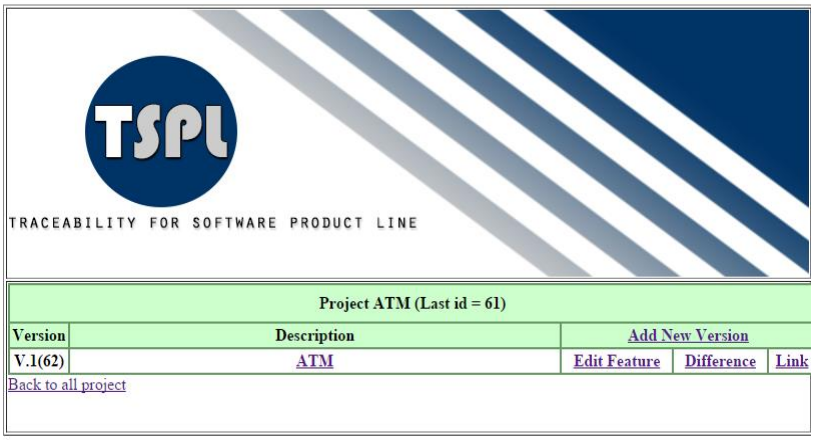
Result link Feature-Architecture			
Feature	Name	Type	Architecture
Account	Choose Account ()	sequence	Message
Account	SavingAccount	sequence	ClassifierRole
Account	Type	Class	Generalization
Account	Type	Class	Generalization
Account	Account	Class	Class
Account	Current Account	Class	Class
Account	ATM Transaction	Class	Class
Account	Saving Account	Class	Class
Account	Saving Account	Use Case	Use Case
Account	Choose type of Account	Use Case	Use Case
Account	Current Account	Use Case	Use Case
Account	Customer	Use Case	Actor
Account	Bank	Use Case	Actor
Deposit	Deposit ()	sequence	Message
Deposit	ATMTransaction	sequence	ClassifierRole
Deposit	Select	Class	Generalization
Deposit	Deposit	Class	Class
Deposit	Deposit	Use Case	Association
Deposit	Deposit	Use Case	Use Case
Deposit	Customer	Use Case	Actor
Deposit	Bank	Use Case	Actor
Inquiry	ATMTransaction	sequence	ClassifierRole
Inquiry	Select	Class	Generalization
Inquiry	ATM Transaction	Class	Class
Inquiry	Inquiry	Class	Class
Inquiry	Inquiry	Use Case	Association
Inquiry	Inquiry	Use Case	Use Case

รูปที่ ก. 8 การเรียกดูความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด

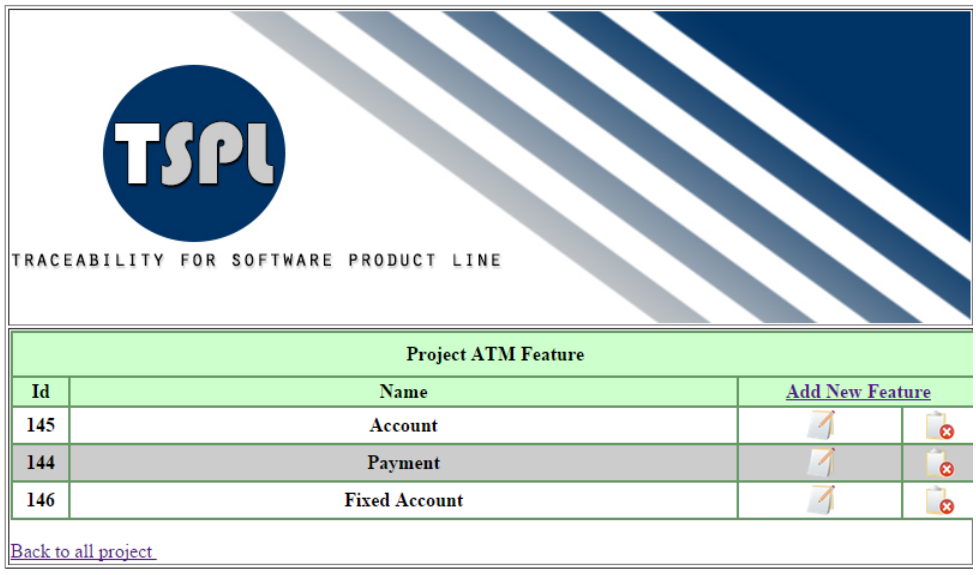
ก.1.2 ส่วนของการทำงานหลังวิวัฒนาการ

ส่วนการทำงานหลังวิวัฒนาการจะมีส่วนต่อประสานของหน้าจอโดยเริ่มผู้ใช้จะสามารถทำการแก้ไขโปรเจคเดิมโดยการแก้ไขข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ชื่อโปรเจค คำอธิบายโปรเจค สามารถเพิ่ม ลด แก้ไขสิ่งประดิษฐ์และนำเข้าข้อมูลสิ่งประดิษฐ์ใหม่ได้ คือแผนภาพยูสเคส แผนภาพคลาส และแผนภาพกิจกรรม ดังรูปที่ ก.9 เมื่อทำการกด submit ระบบจะทำการแสดงโปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่ ดังรูปที่ ก.10 โดยผู้ใช้สามารถทำการเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์ ของโปรเจคเดิมได้ การเพิ่มสามารถกดปุ่ม Add New Feature การลบสามารถกดปุ่มสัญลักษณ์กากบาทสีแดง การแก้ไขสามารถกดปุ่มสัญลักษณ์รูปกระดาษ ดังรูปที่ ก.11 โดยในการเพิ่มและแก้ไขฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชื่อฟีเจอร์ สเตอร์ริโอไทป์ และรายละเอียด ดังรูปที่ ก.12

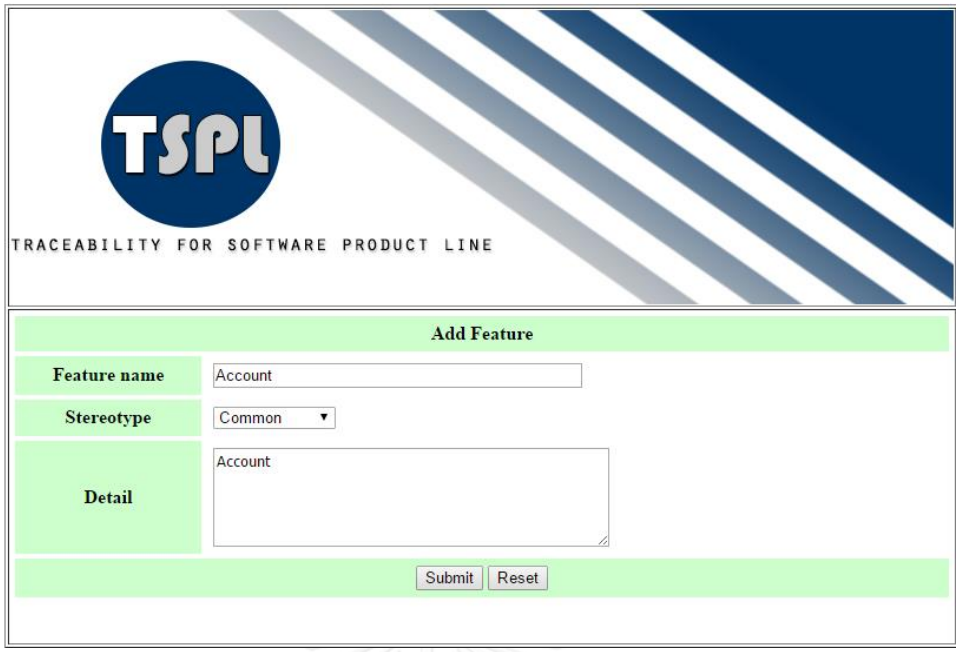
รูปที่ ก. 9 การแก้ไขโปรเจคเดิมโดยการใส่ข้อมูลต่างๆ



รูปที่ ก. 10 โปรเจคทั้งหมดที่มีอยู่



รูปที่ ก. 11 การเข้าไปเพิ่ม ลด และ แก้ไขฟีเจอร์

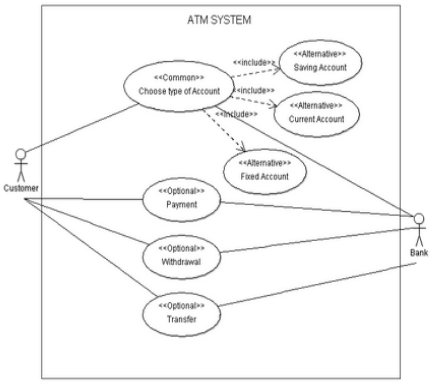


รูปที่ ก. 12 การแก้ไขฟีเจอร์นั้นจะต้องป้อนข้อมูลต่างๆ

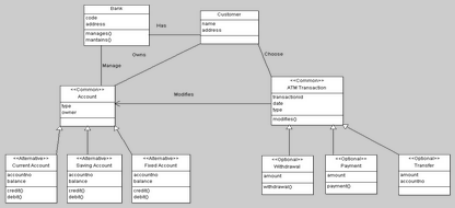
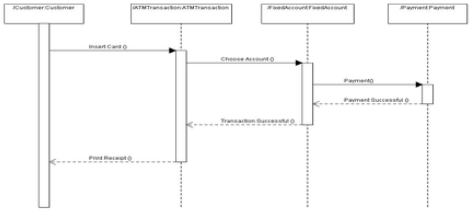
ขั้นตอนต่อมาเมื่อทำการกดเข้าไปดูรายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจคดังรูปที่ ก.13 และ ก.14 และเมื่อผู้ใช้กด Calculate Difference Last Version ระบบจะทำการแสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า ดังรูปที่ ก.15 และผู้ใช้สามารถกด Calculate New Link เพื่อทำการสร้างลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้นดังรูปที่ ก.16 และ ก.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TRACEABILITY FOR SOFTWARE PRODUCT LINE

Project ATM				
Detail	Transaction			
Feature	**Account**	common		
	Payment	optional		
	Fixed Account	Alternative		
Use Case Diagram				
		Customer	Actor	-
		Bank	Actor	-
		Choose type of Account	Usecase	Common
		Saving Account	Usecase	Alternative
		Current Account	Usecase	Alternative
		Payment	Usecase	Optional
		Withdrawal	Usecase	Optional
		Transfer	Usecase	Optional
		Fixed Account	Usecase	Alternative
		Choose	Association	-
		Deposit	Association	-
		Withdrawal	Association	-
		Transfer	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		Manage	Association	-
		include	Include	-
		include	Include	-

รูปที่ ก. 13 รายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(1)

		Manage	Association	-
		include	Include	-
		include	Include	-
		include	Include	-
Class Diagram				
		Customer	Class	-
		Account	Class	Common
		ATM Transaction	Class	Common
		Current Account	Class	Alternative
		Saving Account	Class	Alternative
		Bank	Class	-
		Withdrawal	Class	Optional
		Payment	Class	Optional
		Transfer	Class	Optional
		Fixed Account	Class	Alternative
		Owns	Association	-
		Manage	Association	-
		Choose	Association	-
		Has	Association	-
		Modifies	Association	-
		Type	Generalization	-
		Type	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Select	Generalization	-
		Type	Generalization	-
Sequence Diagram				
		Customer	ClassifierRole	
		ATMTransaction	ClassifierRole	
		FixedAccount	ClassifierRole	
		Payment	ClassifierRole	
		Insert Card ()	Message	-
		Choose Account ()	Message	-
		Transaction Successful ()	Message	-
		Payment()	Message	-
		Payment Successful ()	Message	-
		Print Receipt ()	Message	-

รูปที่ ก. 14 รายละเอียดของโปรเจคต่างๆก็จะมีการแสดงผลของข้อมูลโปรเจค(2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Project ATM Result edit version (Feature)		
Name	Architecture/Feature	Status
Deposit	Feature	Feature Delete
Inquiry	Feature	Feature Delete
Fixed Account	Feature	Feature Add
Payment	Feature	detail edit

Project Result edit version (UML)			
Name	UML	Architecture/Feature	Status
Inquiry	Use Case	UML Delete	Delete
Inquiry	Use Case	UML Delete	Delete
Manage	Use Case	UML Delete	Delete
Inquiry	Class	UML Delete	Delete
Select	Class	UML Delete	Delete
Fixed Account	Use Case	UML Add	Add
Payment	Use Case	name edit	edituml
Current Account	Use Case	Steriotype edit	edituml
Transfer	Class	Steriotype edit	edituml
Payment	Class	name edit	edituml
include	Use Case	UML Add	Add
Fixed Account	Class	UML Add	Add
Type	Class	UML Add	Add
FixedAccount	sequence	name edit	edituml
Payment	sequence	name edit	edituml
Payment()	sequence	name edit	edituml
Payment Successful ()	sequence	name edit	edituml
Create New Link			

Back to all project

รูปที่ ก. 15 การแสดงผลความต่างกับเวอร์ชันเก่า

Result link Feature-Architecture				
Feature	Name	Type	Architecture	Similarity
Payment	Payment	Class	Class	-
Payment	Payment	sequence	ClassifierRole	-
Payment	Payment Successful ()	sequence	Message	0.57735
Account	Fixed Account	Class	Class	0.707107
Account	Fixed Account	Use Case	Use Case	0.707107
Fixed Account	Fixed Account	Use Case	Use Case	-
Fixed Account	Account	Class	Class	0.707107
Fixed Account	Fixed Account	Class	Class	-
Payment	Payment Successful ()	sequence	Message	0.57735
Payment	Payment	sequence	ClassifierRole	1
Payment	Payment	Class	Class	-
Account	Current Account	Use Case	Use Case	0.707107
Payment	Payment	Use Case	Use Case	-
Payment	Payment	Use Case	Use Case	-
Account	Bank	Use Case	Actor	-
Account	Customer	Use Case	Actor	1
Account	Current Account	Use Case	Use Case	1
Account	Choose type of Account	Use Case	Use Case	-
Account	Saving Account	Use Case	Use Case	1
Account	Saving Account	Class	Class	1
Account	ATM Transaction	Class	Class	-
Account	Current Account	Class	Class	1
Account	Account	Class	Class	1
Account	Type	Class	Generalization	-
Account	Type	Class	Generalization	1
Account	SavingAccount	sequence	ClassifierRole	-

รูปที่ ก. 16 การสร้างลิงค์ใหม่ให้แก่โปรเจคเวอร์ชันใหม่ที่เกิดขึ้น

ภาคผนวก ข

ตารางการทดลองและการวิเคราะห์ผล บทที่ 4

ตารางที่ ข. 1 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์

ชื่อสิ่งประดิษฐ์	ประเภทชื่อสิ่งประดิษฐ์	สเตอร์ริโอไทป์
Customer	Actor	-
Bank	Actor	-
Choose Product	Use Case	Common
Build Order	Use Case	Common
Pay Money	Use Case	Common
Bang Account	Use Case	Alternative
PayPal	Use Case	Alternative
Customer - Choose Product	Association	-
Customer - Build Order	Association	-
Customer - Pay Money	Association	-
Bank - Bang Account	Association	-
Bank – PayPal	Association	-
Pay Money - Bang Account	include	-
Pay Money – PayPal	include	-
WhereHouse	Class	Common
Customer	Class	Common
OrderRepository	Class	Common
ProductRepository	Class	Common
Bank	Class	Common
BankAccount	Class	Alternative
Paypal	Class	Alternative
WhereHouse - OrderRepository	Association	-
WhereHouse – Customer	Association	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bank – OrderRepository	Association	-
Bank – ProductRepository	Association	-
Bank – BankAccount	Generalization	-
Bank – Paypal	Generalization	-
ProductRepository - OrderRepository	Association	-
ProductRepository - Customer	Association	-
Customer	Classifier role	-
ProductRepository	Classifier role	-
WhereHouse	Classifier role	-
Bank	Classifier role	-
OrderRepository	Classifier role	-
Paypal	Classifier role	-
View	Call Action	-
AddProduct	Call Action	-
ConfirmProduct	Call Action	-
GetProductDetail	Call Action	-
CheckCredit	Call Action	-
PayMoney	Call Action	-
PlaceOrder	Call Action	-
DeliveryOrder	return Action	-
ChooseSystem	Call Action	-
ReturnBill	return Action	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข. 2 ความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรก

Result link Feature-Architecture			
Feature	Name	Type	Architecture
Choose Product	Choose Product	Use Case	Use Case
Choose Product	Customer - Choose Product	Association	Use Case
Choose Product	AddProduct	Call Action	Sequence Diagram
Choose Product	ConfirmProduct	Call Action	Sequence Diagram
Choose Product	GetProductDetail	Call Action	Sequence Diagram
Build Order	Build Order	Use Case	Use Case
Build Order	OrderRepository	Class	Class Diagram
Build Order	ProductRepository	Class	Class Diagram
Build Order	WhereHouse - OrderRepository	Association	Class Diagram
Build Order	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Build Order	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Build Order	ProductRepository - OrderRepository	Association	Class Diagram
Build Order	ProductRepository - Customer	Association	Class Diagram
Build Order	ProductRepository	Classifier role	Sequence Diagram
Build Order	WhereHouse	Classifier role	Sequence Diagram
Build Order	PlaceOrder	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	Pay Money	Use Case	Use Case
Pay Money	Bang Account	Use Case	Use Case
Pay Money	PayPal	Use Case	Use Case
Pay Money	Customer - Pay Money	Association	Use Case
Pay Money	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Pay Money	Bank - PayPal	Association	Use Case

Pay Money	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Pay Money	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Pay Money	Bank	Class	Class Diagram
Pay Money	BankAccount	Class	Class Diagram
Pay Money	Paypal	Class	Class Diagram
Pay Money	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Pay Money	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Pay Money	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
Pay Money	Bank - Paypal	Generalization	Class Diagram
Pay Money	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Pay Money	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram
Bank	Pay Money	Use Case	Use Case
Bank	Bang Account	Use Case	Use Case
Bank	PayPal	Use Case	Use Case
Bank	Customer - Pay Money	Association	Use Case
Bank	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Bank	Bank - PayPal	Association	Use Case
Bank	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Bank	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Bank	Bank	Class	Class Diagram
Bank	BankAccount	Class	Class Diagram
Bank	Paypal	Class	Class Diagram
Bank	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Bank	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Bank	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram

Bank	Bank - Paypal	Generalization	Class Diagram
Bank	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Bank	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Bank	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram
Paypal	Pay Money	Use Case	Use Case
Paypal	Bang Account	Use Case	Use Case
Paypal	PayPal	Use Case	Use Case
Paypal	Customer - Pay Money	Association	Use Case
Paypal	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Paypal	Bank - PayPal	Association	Use Case
Paypal	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Paypal	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Paypal	Bank	Class	Class Diagram
Paypal	BankAccount	Class	Class Diagram
Paypal	Paypal	Class	Class Diagram
Paypal	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Paypal	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Paypal	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
Paypal	Bank - Paypal	Generalization	Class Diagram
Paypal	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Paypal	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Paypal	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข. 3 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์

ชื่อสิ่งประดิษฐ์	ประเภทชื่อสิ่งประดิษฐ์	สเตอร์ริโอไทป์
Customer	Actor	-
Bank	Actor	-
Choose Product	Use Case	Common
Build Order	Use Case	Common
Pay Money	Use Case	Common
Bang Account	Use Case	Alternative
PayPal	Use Case	Alternative
Western Union	Use Case	Alternative
Customer - Choose Product	Association	-
Customer - Build Order	Association	-
Customer - Pay Money	Association	-
Bank - Bang Account	Association	-
Bank - PayPal	Association	-
Pay Money - Bang Account	include	-
Pay Money - PayPal	include	-
Pay Money - Western Union	include	-
Bank - Western Union	Association	-
WhereHouse	Class	Common
Customer	Class	Common
OrderRepository	Class	Common
ProductRepository	Class	Common
Bank	Class	Common
BankAccount	Class	Alternative
Paypal	Class	Alternative
Western Union	Class	Alternative
WhereHouse - OrderRepository	Association	-
WhereHouse - Customer	Association	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bank - OrderRepository	Association	-
Bank - ProductRepository	Association	-
Bank - BankAccount	Generalization	-
Bank - Paypal	Generalization	-
ProductRepository - OrderRepository	Association	-
ProductRepository - Customer	Association	-
Bank - Western Union	Generalization	-
Customer	Classifier role	-
ProductRepository	Classifier role	-
WhereHouse	Classifier role	-
Bank	Classifier role	-
OrderRepository	Classifier role	-
Western Union	Classifier role	-
View	Call Action	-
AddProduct	Call Action	-
ConfirmProduct	Call Action	-
GetProductDetail	Call Action	-
CheckCredit	Call Action	-
PayMoney	Call Action	-
PlaceOrder	Call Action	-
DeliveryOrder	return Action	-
ChooseSystem	Call Action	-
ReturnBill	return Action	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข. 4 การคำนวณหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดล

Feature	Name	Type	Architecture
Choose Product	Choose Product	Use Case	Use Case
Choose Product	Customer - Choose Product	Association	Use Case
Choose Product	AddProduct	Call Action	Sequence Diagram
Choose Product	ConfirmProduct	Call Action	Sequence Diagram
Choose Product	GetProductDetail	Call Action	Sequence Diagram
Bill Order	Build Order	Use Case	Use Case
Bill Order	OrderRepository	Class	Class Diagram
Bill Order	ProductRepository	Class	Class Diagram
Bill Order	WhereHouse - OrderRepository	Association	Class Diagram
Bill Order	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Bill Order	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Bill Order	ProductRepository – OrderRepository	Association	Class Diagram
Bill Order	ProductRepository - Customer	Association	Class Diagram
Bill Order	ProductRepository	Classifier role	Sequence Diagram
Bill Order	WhereHouse	Classifier role	Sequence Diagram
Bill Order	PlaceOrder	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	Pay Money	Use Case	Use Case

Pay Money	Bang Account	Use Case	Use Case
Pay Money	PayPal	Use Case	Use Case
Pay Money	Western Union	Use Case	Use Case
Pay Money	Customer - Pay Money	Association	Use Case
Pay Money	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Pay Money	Bank – PayPal	Association	Use Case
Pay Money	Bank - Western Union	Association	Use Case
Pay Money	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Pay Money	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Pay Money	Pay Money - Western Union	include	Use Case
Pay Money	Bank	Class	Class Diagram
Pay Money	BankAccount	Class	Class Diagram
Pay Money	PayPal	Class	Class Diagram
Pay Money	Western Union	Class	Class Diagram
Pay Money	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Pay Money	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Pay Money	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
Pay Money	Bank – PayPal	Generalization	Class Diagram
Pay Money	Bank - Western Union	Generalization	Class Diagram
Pay Money	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Pay Money	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram
Bank	Pay Money	Use Case	Use Case
Bank	Bang Account	Use Case	Use Case
Bank	PayPal	Use Case	Use Case
Bank	Western Union	Use Case	Use Case
Bank	Customer - Pay Money	Association	Use Case

Bank	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Bank	Bank – PayPal	Association	Use Case
Bank	Bank - Western Union	Association	Use Case
Bank	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Bank	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Bank	Pay Money - Western Union	include	Use Case
Bank	Bank	Class	Class Diagram
Bank	BankAccount	Class	Class Diagram
Bank	PayPal	Class	Class Diagram
Bank	Western Union	Class	Class Diagram
Bank	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Bank	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Bank	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
Bank	Bank – PayPal	Generalization	Class Diagram
Bank	Bank - Western Union	Generalization	Class Diagram
Bank	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Bank	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Bank	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram
PayPal	Pay Money	Use Case	Use Case
PayPal	Bang Account	Use Case	Use Case
PayPal	PayPal	Use Case	Use Case
PayPal	Western Union	Use Case	Use Case
PayPal	Customer - Pay Money	Association	Use Case
PayPal	Bank - Bang Account	Association	Use Case
PayPal	Bank – PayPal	Association	Use Case
PayPal	Bank - Western Union	Association	Use Case
PayPal	Pay Money - Bang	include	Use Case

	Account		
PayPal	Pay Money - PayPal	include	Use Case
PayPal	Pay Money Western Union	include	Use Case
PayPal	Bank	Class	Class Diagram
PayPal	BankAccount	Class	Class Diagram
PayPal	PayPal	Class	Class Diagram
PayPal	Western Union	Class	Class Diagram
PayPal	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
PayPal	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
PayPal	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
PayPal	Bank – PayPal	Generalization	Class Diagram
PayPal	Bank - Western Union	Generalization	Class Diagram
Western Union	Pay Money	Use Case	Use Case
Western Union	Bang Account	Use Case	Use Case
Western Union	PayPal	Use Case	Use Case
Western Union	Western Union	Use Case	Use Case
Western Union	Customer - Pay Money	Association	Use Case
Western Union	Bank - Bang Account	Association	Use Case
Western Union	Bank – PayPal	Association	Use Case
Western Union	Bank - Western Union	Association	Use Case
Western Union	Pay Money - Bang Account	include	Use Case
Western Union	Pay Money - PayPal	include	Use Case
Western Union	Pay Money - Western Union	include	Use Case
Western Union	Bank	Class	Class Diagram
Western Union	BankAccount	Class	Class Diagram
Western Union	PayPal	Class	Class Diagram

Western Union	Western Union	Class	Class Diagram
Western Union	Bank - OrderRepository	Association	Class Diagram
Western Union	Bank - ProductRepository	Association	Class Diagram
Western Union	Bank - BankAccount	Generalization	Class Diagram
Western Union	Bank – PayPal	Generalization	Class Diagram
Western Union	Bank - Western Union	Generalization	Class Diagram
Western Union	Bank	Classifier role	Sequence Diagram
Western Union	Western Union	Classifier role	Sequence Diagram
Western Union	CheckCredit	Call Action	Sequence Diagram
Western Union	PayMoney	Call Action	Sequence Diagram
Western Union	ChooseSystem	Call Action	Sequence Diagram
Western Union	ReturnBill	return Action	Sequence Diagram

ตารางที่ ข. 5 ผลการประเมินระหว่างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงกับลิงค์การตามรอยโดยความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริง		ลิงค์การตามรอยโดยความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล	
Pay Money	Pay Money - Western Union	Pay Money	Pay Money - Western Union
Pay Money	Western Union	Pay Money	Western Union
Pay Money	Bank - Western Union	Pay Money	Bank - Western Union
Bank	Western Union	Bank	Western Union
Bank	Bank - Western Union	Bank	Bank - Western Union
Bank	Pay Money - Western Union	Bank	Pay Money - Western Union
Bank	Western Union	Bank	Western Union
Bank	Bank - Western Union	Bank	Bank - Western Union
PayPal	Western Union	PayPal	Western Union

PayPal	Pay Money Western Union	PayPal	Pay Money Western Union
Pay Money	Bank - Western Union	Pay Money	Bank - Western Union
Pay Money	Western Union	Pay Money	Western Union
Western Union	Bang Account	Western Union	Bang Account
Western Union	PayPal	Western Union	PayPal
Western Union	Western Union	Western Union	Western Union
Western Union	Customer - Pay Money	Western Union	Customer - Pay Money
Western Union	Bank - Bang Account	Western Union	Bank - Bang Account
Western Union	Bank - PayPal	Western Union	Bank - PayPal
Western Union	Bank - Western Union	Western Union	Bank - Western Union
Western Union	Pay Money - Bang Account	Western Union	Pay Money - Bang Account
Western Union	Pay Money - PayPal	Western Union	Pay Money - PayPal
Western Union	Pay Money - Western Union	Western Union	Pay Money - Western Union
Western Union	Bank	Western Union	Bank
Western Union	BankAccount	Western Union	BankAccount
Western Union	PayPal	Western Union	PayPal
Western Union	Western Union	Western Union	Western Union
Western Union	Bank - OrderRepository	Western Union	Bank - OrderRepository
Western	Bank -	Western Union	Bank - ProductRepository

Chulalongkorn University

Union	ProductRepository		
Western Union	Bank - BankAccount	Western Union	Bank - BankAccount
Western Union	Bank - PayPal	Western Union	Bank - PayPal
Western Union	Bank - Western Union	Western Union	Bank - Western Union
Western Union	Bank	Western Union	Bank
Western Union	Western Union	Western Union	Western Union
Western Union	CheckCredit	Western Union	CheckCredit
Western Union	PayMoney	Western Union	PayMoney
Western Union	ChooseSystem	Western Union	ChooseSystem
Western Union	ReturnBill	Western Union	ReturnBill

ตารางที่ ข. 6 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์

ชื่อสิ่งประดิษฐ์	ประเภทชื่อสิ่งประดิษฐ์	สเตอร์ริโอไทป์
Customer	Actor	-
Counter Clerk	Actor	-
Choose Category of shipping	Use Case	common
Calculate dimensional weight	Use Case	common
EMS	include	Alternative
Airmail	include	Alternative
SAL	include	Alternative
Pay money	Use Case	common
Get Bill	Use Case	common
Customer - Choose Category of shipping	Association	-
Customer - Calculate dimensional weight	Association	-

Customer - Pay money	Association	-
Customer - Get Bill	Association	-
Counter Clerk - Calculate dimensional weight	Association	-
Choose Category of shipping - EMS	Association	-
Choose Category of shipping - Airmail	Association	-
Choose Category of shipping - SAL	Association	-
Customer	Class	common
Weight Detail	Class	common
Shipping Detail	Class	common
EMS	Class	Alternative
Airmail	Class	Alternative
SAL	Class	Alternative
Bill Detail	Class	common
Payment Detail	Class	common
Shipping Detail - EMS	Generalization	-
Shipping Detail - Airmail	Generalization	-
Shipping Detail - SAL	Generalization	-
Shipping Detail - Customer	Association	-
Shipping Detail - Weight Detail	Association	-
Shipping Detail - Bill Detail	Association	-
Shipping Detail - Payment Detail	Association	-
Customer	Classifier role	-
Shipping Detail	Classifier role	-
EMS	Classifier role	-
Airmail	Classifier role	-
SAL	Classifier role	-
Weight Detail	Classifier role	-
Payment	Classifier role	-
Choose Category	Call Action	-

Choose EMS	Call Action	-
Calculate dimensional weight	Call Action	-
Pay money	Call Action	-
Get bills	return Action	-

ตารางที่ ข. 7 ความสัมพันธ์กับสิ่งประดิษฐ์และฟีเจอร์ที่มีความสัมพันธ์กันของเวอร์ชันแรก

Result link Feature-Architecture			
Feature	Name	Type	Architecture
Choose category of Shipping	Customer	Actor	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping	Use Case	Use Case
Choose category of Shipping	EMS	include	Use Case
Choose category of Shipping	Airmail	include	Use Case
Choose category of Shipping	SAL	include	Use Case
Choose category of Shipping	Customer - Choose Category of shipping	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - EMS	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - Airmail	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - SAL	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Customer	Class	Class Diagram

Choose category of Shipping	Shipping Detail	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	EMS	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	Airmail	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	SAL	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail – EMS	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail – Airmail	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail - SAL	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail – Customer	Association	Class Diagram
Choose category of Shipping	Customer	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	EMS	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Airmail	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	SAL	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Choose Category	Call Action	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Choose EMS	Call Action	Sequence Diagram

Chulalongkorn University

Calculate dimensional weight	Counter Clerk	Actor	Use Case
Calculate dimensional weight	Calculate dimensional weight	Use Case	Use Case
Calculate dimensional weight	Counter Clerk - Calculate dimensional weight	Association	Use Case
Calculate dimensional weight	Weight Detail	Class	Class Diagram
Calculate dimensional weight	Shipping Detail - Weight Detail	Association	Class Diagram
Calculate dimensional weight	Weight Detail	Classifier role	Sequence Diagram
Calculate dimensional weight	Calculate dimensional weight	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	Customer	Actor	Use Case
Pay Money	Pay money	Use Case	Use Case
Pay Money	Customer - Pay money	Association	Use Case
Pay Money	Payment Detail	Class	Class Diagram
Pay Money	Shipping Detail - Payment Detail	Association	Class Diagram
Pay Money	Payment	Classifier role	Sequence Diagram
Pay Money	Pay money	Call Action	Sequence Diagram
bill	Customer	Actor	Use Case
bill	Get Bill	Use Case	Use Case
bill	Customer - Get	Association	Use Case

	Bill		
bill	Bill Detail	Class	Class Diagram
bill	Shipping Detail - Bill Detail	Association	Class Diagram
bill	Get bills	return Action	Sequence Diagram

ตารางที่ ข. 8 การแจกแจงข้อมูลของแผนภาพต่างๆที่อยู่ในสิ่งประดิษฐ์

ชื่อสิ่งประดิษฐ์	ประเภทชื่อสิ่งประดิษฐ์	สเตอร์ริโอไทป์
Customer	Actor	-
Counter Clerk	Actor	-
Choose Category of shipping	Use Case	Common
Calculate dimensional weight	Use Case	Common
EMS	include	Alternative
Airmail	include	Alternative
Surface Mail	include	Alternative
Pay money	Use Case	Common
Get Bill	Use Case	Common
Customer - Choose Category of shipping	Association	-
Customer - Calculate dimensional weight	Association	-
Customer - Pay money	Association	-
Customer - Get Bill	Association	-
Counter Clerk - Calculate dimensional weight	Association	Common
Choose Category of shipping - EMS	Association	Alternative
Choose Category of shipping - Airmail	Association	Alternative
Choose Category of shipping -	Association	Alternative

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Surface Mail		
Customer	Class	-
Weight Detail	Class	-
Shipping Detail	Class	-
EMS	Class	Alternative
Airmail	Class	Alternative
Surface Mail	Class	Alternative
Bill Detail	Class	Common
Payment Detail	Class	Common
Shipping Detail - EMS	Generalization	-
Shipping Detail - Airmail	Generalization	-
Shipping Detail - Surface Mail	Generalization	-
Shipping Detail - Customer	Association	-
Shipping Detail - Weight Detail	Association	-
Shipping Detail - Bill Detail	Association	-
Shipping Detail - Payment Detail	Association	-
Customer	Classifier role	-
Shipping Detail	Classifier role	-
EMS	Classifier role	-
Airmail	Classifier role	-
Surface Mail	Classifier role	-
Weight Detail	Classifier role	-
Payment	Classifier role	-
Choose Category	Call Action	-
Choose Surface mail	Call Action	-
Calculate dimensional weight	Call Action	-
Pay money	Call Action	-
Get bills	return Action	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข. 9 การคำนวณหาลิงค์ใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติโดยเทคนิคของเวกเตอร์สเปซโมเดล

Result link Feature-Architecture			
Feature	Name	Type	Architecture
Choose category of Shipping	Customer	Actor	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping	Use Case	Use Case
Choose category of Shipping	EMS	include	Use Case
Choose category of Shipping	Airmail	include	Use Case
Choose category of Shipping	Surface Mail	include	Use Case
Choose category of Shipping	Customer - Choose Category of shipping	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - EMS	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - Airmail	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - Surface Mail	Association	Use Case
Choose category of Shipping	Customer	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	EMS	Class	Class Diagram
Choose category of	Airmail	Class	Class Diagram

Shipping			
Choose category of Shipping	Surface Mail	Class	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail - EMS	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail - Airmail	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail - Surface Mail	Generalization	Class Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail - Customer	Association	Class Diagram
Choose category of Shipping	Customer	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Shipping Detail	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	EMS	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Airmail	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Surface Mail	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	EMS	Classifier role	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Choose Category	Call Action	Sequence Diagram
Choose category of Shipping	Choose Surface Mail	Call Action	Sequence Diagram
Calculate dimensional weight	Counter Clerk	Actor	Use Case
Calculate	Calculate	Use Case	Use Case

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

dimensional weight	dimensional weight		
Calculate dimensional weight	Counter Clerk - Calculate dimensional weight	Association	Use Case
Calculate dimensional weight	Weight Detail	Class	Class Diagram
Calculate dimensional weight	Shipping Detail - Weight Detail	Association	Class Diagram
Calculate dimensional weight	Weight Detail	Classifier role	Sequence Diagram
Calculate dimensional weight	Calculate dimensional weight	Call Action	Sequence Diagram
Pay Money	Customer	Actor	Use Case
Pay Money	Pay money	Use Case	Use Case
Pay Money	Customer - Pay money	Association	Use Case
Pay Money	Payment Detail	Class	Class Diagram
Pay Money	Shipping Detail - Payment Detail	Association	Class Diagram
Pay Money	Payment	Classifier role	Sequence Diagram
Pay Money	Pay money	Call Action	Sequence Diagram
bill	Customer	Actor	Use Case
bill	Get Bill	Use Case	Use Case
bill	Customer - Get Bill	Association	Use Case
bill	Bill Detail	Class	Class Diagram
bill	Shipping Detail - Bill Detail	Association	Class Diagram
bill	Get bills	return Action	Sequence Diagram

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข. 10 ผลการประเมินระหว่างลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริงกับลิงค์การตามรอยโดยความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล

ลิงค์การตามรอยที่เกิดขึ้นจริง		ลิงค์การตามรอยโดยความสามารถของเทคนิคการตามรอยโดยเทคนิคเวกเตอร์สเปซโมเดล	
Choose category of Shipping	Surface Mail	Choose category of Shipping	Surface Mail
Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - Surface Mail	Choose category of Shipping	Choose Category of shipping - Surface Mail
Choose category of Shipping	Surface Mail	Choose category of Shipping	Surface Mail
Choose category of Shipping	Shipping Detail - Surface Mail	Choose category of Shipping	Shipping Detail - Surface Mail
Choose category of Shipping	Surface Mail	Choose category of Shipping	Surface Mail
		Choose category of Shipping	Choose EMS
Choose category of Shipping	Choose Surface Mail	Choose category of Shipping	Choose Surface Mail

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกฤติกา ทิพย์ยอดศรี เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2531 ที่โรงพยาบาลคริสเตียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีภูมิลำเนาอยู่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนเทศบาลวัดเสมาเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสาธิตเทศบาลวัดเพชรจริก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสาธิตเทศบาลวัดเพชรจริก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University