การแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน

นางสาวณัฏฐิรา มณีรัตน์

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 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Transformation of UML Activity Diagram into Colored Petri Nets with Inscription

Miss Nattira Maneerat

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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน
โดย	นางสาวณัฏฐิรา มณีรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ ทองทักษ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. บัณฑิต ฐานะโสภณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฏฐิรา มณีรัตน์ : การแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน (Transformation of UML Activity Diagram into Colored Petri Nets with Inscription) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ, 157 หน้า.

โดยทั่วไปการออกแบบซอฟต์แวร์เป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ และแบบจำลองการออกแบบของระบบมักจะเขียนด้วยแผนภาพยูเอ็มแอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนภาพกิจกรรมซึ่งเป็นหนึ่งในแผนภาพยูเอ็มแอลที่แสดงให้เห็นลักษณะพฤติกรรมของซอฟต์แวร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำการทวนสอบแบบจำลองของการออกแบบเพื่อหาจุดผิดพลาดก่อนที่จะลงมือเขียนโปรแกรม วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอทางเลือกในการทวนสอบเชิงรูปนัยโดยใช้คัลเลอร์เพทริเน็ตในการสร้างแบบจำลองเชิงรูปนัย เนื่องจากทั้งแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลและคัลเลอร์เพทริเน็ตใช้ในการอธิบายกระแสงานได้ดี อย่างไรก็ตามการเขียนคัลเลอร์เพทริเน็ตไม่ง่ายนักเนื่องจากต้องมีทักษะในการใช้สัญลักษณ์และการเขียนโปรแกรมซีพีเอ็นเอ็มแอล

งานวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอเครื่องมืออัตโนมัติ และกฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ครอบคลุมถึงอินสคริปชัน โดยสนใจสัญลักษณ์ของแผนภาพกิจกรรม 8 สัญลักษณ์ด้วยกันคือ โหนดเริ่มต้น โหนดสุดท้าย โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก โหนดตัดสินใจ โหนดผสาน โหนดทางแยก โหนดเชื่อม และเส้นเชื่อม และมีกฎในการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตทั้งหมด 7 ข้อ เครื่องมือจะรับข้อมูลนำเข้าเป็นแผนภาพกิจกรรมที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล เครื่องมือใช้กฎที่กำหนดขึ้นแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตพร้อมทั้งอินสคริปชันโดยอัตโนมัติ แผนภาพจะทำการทวนสอบด้วยซีพีเอ็นทูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5770992021 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS: ACTIVITY DIAGRAM, INSCRIPTION, CPN, CPN ML

NATTIRA MANEERAT: Transformation of UML Activity Diagram into Colored Petri Nets with Inscription. ADVISOR: ASSOC. PROF. WIWAT VATANAWOOD, Ph.D., 157 pp.

Software design is typically an important step in the software development process and its design models are commonly written using UML diagrams. Especially, the activity diagram, one of the UML diagrams, shows the behavioral property of the software. It is practically crucial to verify the design model as to find errors before proceeding the next programming step. In this thesis, we recommend an alternative of formal verification using coloured petri nets to create a formal model since both UML activity diagram and coloured petri nets are considered to have the common merit of representing the workflows. However, writing a coloured petri nets is still not easy and remains some problems since the special skills on the formal symbols and CPN ML programming are needed.

This thesis proposes an automatic tool and rules to translate an UML activity diagram to a Colour Petri Nets with inscription. This thesis focuses mainly on eight types of UML Activity elements such as Initial node, Final node, Action node with input pin and output pin, Decision node, Merge node, Fork node, Join node and Edge. Seven rules to transform the UML Activity diagram to colour petri nets are proposed. The activity diagram saved in XML format will be the input for the automatic translation tool. The tool applies the rules and automatically translates UML activity diagram into color petri nets with inscription which will be verified by CPN tool.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Computer Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Software Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016		

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ เป็นอย่างสูงที่เมตตารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์และผลงานทางวิชาการ แม้ว่าตัวข้าพเจ้าเองจะติดภารกิจเนื่องจากงานประจำ ท่านก็พยายามสอบถามและให้คำแนะนำอยู่อย่างสม่ำเสมอ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ ผศ.ดร.อาทิตย์ ทองทักษ์ และ ดร.บัณฑิต ฐานะโสภณ ที่ช่วยตรวจและให้คำแนะนำในการปรับปรุงการนำเสนอผลงานและการการปรับปรุงวิทยานิพนธ์

ขอบคุณเพื่อนที่เรียนปริญญาโทด้วยกันที่คอยให้กำลังใจ ขอบคุณนางสาวบุษรา สกุลสุจิรภา และนางสาวปาณิสรา ดำจันทร์ ที่คอยช่วยตรวจสอบเอกสารให้

และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย พี่สาว และสามีที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญรูปภาพ 3

บทที่ 1 บทนำ 9

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 9

1.2 วัตถุประสงค์ 10

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน 10

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 11

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 12

1.6 บทความที่ตีพิมพ์จากงานวิจัย 12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 13

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 แนวคิดในการแปลงแผนภาพ 28

3.1 แนวคิดในการแปลงแผนภาพ 28

3.2 รายละเอียดขั้นตอนการแปลงแผนภาพ 29

บทที่ 4 การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ 51

4.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องมือ 51

4.2 การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.3 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ 73
4.4 ข้อกำหนดการใช้เครื่องมือ 74
บทที่ 5 การทดสอบ 76
5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ 76
5.2 แนวทางการทดสอบ 76
5.3 กรณีศึกษา 76
5.4 สรุปผลการทดสอบ 142
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 143
6.1 สรุปผลงานวิจัย 143
6.2 ข้อจำกัด 143
6.3 ข้อเสนอแนะ 144
รายการอ้างอิง 145
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน 147
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 คำอธิบายส่วนประกอบคัลเลอร์เพทริเน็ต 16
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบโครงสร้าง [5] 25
ตารางที่ 2.3 กฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต [7] 27
ตารางที่ 3.1 การสกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 33
ตารางที่ 3.2 การสกัดและเก็บข้อมูลของเส้นเชื่อม 34
ตารางที่ 3.3 การตรวจสอบแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 34
ตารางที่ 3.4 การแปลงตัวแปร 36
ตารางที่ 3.5 กฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต 40
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดยูสเคสการนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 53
ตารางที่ 4.2 รายละเอียดยูสเคสในการแปลงแผนภาพ 54
ตารางที่ 4.3 รายละเอียดยูสเคสในการสกัดส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 54
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดยูสเคสการแปลงแผนภาพแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน 55
ตารางที่ 4.5 รายละเอียดยูสเคสในการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ 55
ตารางที่ 4.6 รายละเอียดยูสเคสสร้างพารามิเตอร์ข้อมูลนำเข้า 56
ตารางที่ 4.7 รายละเอียดยูสเคสบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ต 56
ตารางที่ 4.8 รายละเอียดยูสเคสการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น 57
ตารางที่ 4.9 รายละเอียดยูสเคสเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตบนซีพีเอ็นทูล 57
ตารางที่ 4.10 รายละเอียดยูสเคสเรียกซีพีเอ็นทูล 58
ตารางที่ 4.11 กลุ่มของคลาสในแพ็คเกจ GUI 60
ตารางที่ 4.12 คลาสในแพ็คเกจ Translator 60
ตารางที่ 4.13 คลาสในแพ็คเกจ Visitor 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.14 คลาสในแพ็คเกจ UML 63
ตารางที่ 4.15 คลาสในแพ็คเกจ Object 63
ตารางที่ 4.16 คลาสของแพ็คเกจ Variable 64
ตารางที่ 4.17 คลาสในแพ็คเกจ CPN 65
ตารางที่ 4.18 คลาสในแพ็คเกจ Colorset 66
ตารางที่ 4.19 คลาสในแพ็คเกจ Object 66
ตารางที่ 4.20 คลาสในแพ็คเกจ Variable 66
ตารางที่ 5.1 สรุปคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ทำการทดสอบในแต่ละกรณีศึกษา 77
ตารางที่ 5.2 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 78
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 90
ตารางที่ 5.4 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 96
ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 102
ตารางที่ 5.6 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 107
ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 113
ตารางที่ 5.8 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการเปรียบเทียบสินค้า 117
ตารางที่ 5.9 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเปรียบเทียบสินค้า 122
ตารางที่ 5.10 กรณีทดสอบของกรณีศึกษาการคิดเงินจากรายการสั่งซื้อ 124
ตารางที่ 5.11 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ 131
ตารางที่ 5.12 กรณีทดสอบของกรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 134
ตารางที่ 5.13 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 โหนดเริ่มต้น [1] 13
รูปที่ 2.2 โหนดสุดท้าย [1] 13
รูปที่ 2.3 โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก [1] 14
รูปที่ 2.4 โหนดตัดสินใจ [1] 14
รูปที่ 2.5 โหนดผสาน [1] 14
รูปที่ 2.6 โหนดทางแยก [1] 15
รูปที่ 2.7 โหนดเชื่อม [1] 15
รูปที่ 2.8 เส้นเชื่อม [1] 15
รูปที่ 2.9 นิยามของคัลเลอร์เพทริเน็ต [2] 16
รูปที่ 2.10 เพลส [2] 17
รูปที่ 2.11 ทรานซิชัน [2] 17
รูปที่ 2.12 อาร์ค [2] 17
รูปที่ 2.13 อินสคริปชันที่ระบุบนเพลส 18
รูปที่ 2.14 อินสคริปชันที่ระบุบนอาร์ค 18
รูปที่ 2.15 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันแบบชื่อของทรานซิชันและการ์ด 19
รูปที่ 2.16 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันแบบเวลา 19
รูปที่ 2.17 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันส่วนโปรแกรม 19
รูปที่ 2.18 อินสคริปชันแบบหมายเหตุ 20
รูปที่ 2.19 ต้นแบบภาษาซีพีเอ็นเอ็มแอล 20
รูปที่ 2.20 ซีพีเอ็นทูล 21
รูปที่ 2.21 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล 22
รูปที่ 2.22 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลของโหนดการกระทำ 23

รูปที่ 2.23 กระบวนการในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต [4] 23
รูปที่ 2.24 โครงสร้างของแบบจำลองชั่วคราว [4] 24
รูปที่ 2.25 กฎการแปลงแบบที่ 1 [6] 26
รูปที่ 2.26 กฎในการลดจำนวนดัมมี่ของทรานซิชันและเพลส [7] 27
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการแปลง 28
รูปที่ 3.2 การวาดแผนภาพกิจกรรมโดยใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์ 30
รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 30
รูปที่ 3.4 การตรวจสอบเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 31
รูปที่ 3.5 บันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 31
รูปที่ 3.6 การสกัดตัวแปรที่ระบุในบันทึก 32
รูปที่ 3.7 การสกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 32
รูปที่ 3.8 การสกัดเส้นเชื่อมในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 33
รูปที่ 3.9 การประกาศตัวแปรในบันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 36
รูปที่ 3.10 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตพื้นฐานของคัลเลอร์เพทริเน็ต 37
รูปที่ 3.11 การประกาศตัวแปรผสมแบบระเบียน 37
รูปที่ 3.12 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบระเบียน 37
รูปที่ 3.13 การประกาศตัวแปรผสมแบบรายกาย 38
รูปที่ 3.14 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบรายการ 38
รูปที่ 3.15 การประกาศตัวแปรผสมแบบผลคูณ 38
รูปที่ 3.16 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบผลคูณ 38
รูปที่ 3.17 การประกาศตัวแปรคงที่ 39
รูปที่ 3.18 อินสคริปชันระบุบนอาร์ค 39
รูปที่ 3.19 การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบใช่หรือไม่ใช่ 42
รูปที่ 3.20 การแปลงโหนดตัดสินใจที่มีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกแบบใช่หรือไม่ใช่ 42

รูปที่ 3.21 การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบการเปรียบเทียบ 43
รูปที่ 3.22 การแปลงโหนดตัดสินใจที่มีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกแบบการเปรียบเทียบ 43
รูปที่ 3.23 แผ่นแบบ 44
รูปที่ 3.24 โครงสร้างของเอกสารซีพีเอ็น 45
รูปที่ 3.25 คัลเลอร์เซตพื้นฐานแบบจำนวนเต็มในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น 46
รูปที่ 3.26 คัลเลอร์เซตแบบผสมในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น 46
รูปที่ 3.27 ตัวแปรในเอกสารซีพีเอ็น 47
รูปที่ 3.28 ทรานซิชันในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น 47
รูปที่ 3.29 อาร์คที่อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น 48
รูปที่ 3.30 เพลสในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น 49
รูปที่ 3.31 กล่องเครื่องมือที่ใช้ในการทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ต 50
รูปที่ 4.1 แนวคิดการทำงานของเครื่องมือ 52
รูปที่ 4.2 แผนภาพยูสเคสแสดงขอบเขตและการทำงานของระบบ 53
รูปที่ 4.3 แผนภาพแพ็คเกจของเครื่องมือที่พัฒนา 59
รูปที่ 4.4 แผนภาพคลาสในแพ็คเกจ GUI 59
รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของแพ็คเกจ Translator 61
รูปที่ 4.6 แผนภาพคลาสของแพ็คเกจ UML 62
รูปที่ 4.7 แผนภาพแพ็คเกจย่อยและคลาสในแพ็คเกจ CPN 65
รูปที่ 4.8 การจัดวางองค์ประกอบของเครื่องมือ 67
รูปที่ 4.9 หน้าจอหลักของเครื่องมือ 68
รูปที่ 4.10 หน้าจอในการหาที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 68
รูปที่ 4.11 หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ 69
รูปที่ 4.12 การเพิ่มจำนวนแถวในการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ 70
รูปที่ 4.13 การลบแถวป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ 70

รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงการไม่เข้ากันของข้อมูล 71
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่ไม่มีหมุดรับข้อมูลเข้า 72
รูปที่ 4.16 การแสดงข้อความระบุความผิดพลาด 72
รูปที่ 4.17 หน้าจอการระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น 73
รูปที่ 4.18 การตั้งค่าเครื่องมือ 75
รูปที่ 4.19 หน้าต่างย่อยในการตั้งค่าเครื่องมือ 75
รูปที่ 5.1 แผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 78
รูปที่ 5.2 การป้อนพารามิเตอร์ 79
รูปที่ 5.3 ตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตของแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 80
รูปที่ 5.4 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 82
รูปที่ 5.5 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 83
รูปที่ 5.6 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 84
รูปที่ 5.7 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 85
รูปที่ 5.8 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 86
รูปที่ 5.9การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 87
รูปที่ 5.10 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 88
รูปที่ 5.11การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 89

รูปที่ 5.12 แผนภาพกิจกรรมการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 96
รูปที่ 5.13 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 97
รูปที่ 5.14 ตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 97
รูปที่ 5.15 อินสคริปชันระบุบนอาร์คสำหรับการตรวจสอบวงเงินในบัตร 98
รูปที่ 5.16 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 99
รูปที่ 5.17 การจำลองคัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้อของจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต 100
รูปที่ 5.18 การจำลองคัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ) 101
รูปที่ 5.19 แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 107
รูปที่ 5.20 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 108
รูปที่ 5.21 ตัวแปรที่ประกาศบนคัลเลอร์เพทริเน็ตการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 108
รูปที่ 5.22 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ 109
รูปที่ 5.23 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่ออาหารพร้อมส่งให้ลูกค้า 110
รูปที่ 5.24 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่ออาหารไม่พร้อมส่งให้ลูกค้า 111
รูปที่ 5.25 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่อถึงการวนซ้ำเพื่อไปรับรายการสั่งอาหารจากลูกค้าถัดไป 112
รูปที่ 5.26 แผนภาพกิจกรรมการเปรียบเทียบสินค้า 116
รูปที่ 5.27 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการเปรียบเทียบสินค้า 118
รูปที่ 5.28 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า 118
รูปที่ 5.29 แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตของการเปรียบเทียบสินค้า 119
รูปที่ 5.30 จำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า 120
รูปที่ 5.31 จำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า (ต่อ) 121
รูปที่ 5.32 แผนภาพกิจกรรมการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ 124
รูปที่ 5.33 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีการคิดเงินจากรายการสั่งซื้อ 126
รูปที่ 5.34 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ 126

รูปที่ 5.35 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ 127
รูปที่ 5.36 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ 128
รูปที่ 5.37 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ). 129
รูปที่ 5.38 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ). 130
รูปที่ 5.39 แผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 133
รูปที่ 5.40 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการเก็บเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 135
รูปที่ 5.41 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 135
รูปที่ 5.42 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 136
รูปที่ 5.43 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ 137
รูปที่ 5.44 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ (ต่อ) 138
รูปที่ 5.45 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ (ต่อ) 139
รูปที่ ก.1 การเลือกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 147
รูปที่ ก.2 หน้าต่างย่อยในการเลือกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล 148
รูปที่ ก.3 เมื่อเลือกชื่อไฟล์สำเร็จ 149
รูปที่ ก.4 การเลือกปุ่ม Translate 150
รูปที่ ก.5 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ 151
รูปที่ ก.6 การเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์ 152
รูปที่ ก.7 การลบจำนวนพารามิเตอร์ 153
รูปที่ ก.8 การบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น 154
รูปที่ ก.9 หน้าต่างย่อยในการระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น 155
รูปที่ ก.10 การเรียกแฟ้มซีพีเอ็นขึ้นมาแสดงโดยใช้ซีพีเอ็นทูล 156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล (UML activity diagram) [1] เป็นแผนภาพที่ได้รับความนิยมใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบซอฟต์แวร์ก่อนที่จะมีการพัฒนาระบบ เพื่ออธิบายกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในลักษณะการไหลของการทำงาน เช่น กิจกรรมที่แสดงถึงขั้นตอนการเปลี่ยนสถานะ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้วิเคราะห์และออกแบบ ผู้พัฒนา และผู้ใช้ระบบ และเนื่องจากการออกแบบระบบด้วยแผนภาพยูเอ็มแอลเป็นขั้นตอนที่อยู่ในช่วงแรกของกระบวนการซอฟต์แวร์ (Software process) จึงควรที่จะทำการทวนสอบ ว่าถูกต้องตามความต้องการหรือไม่ หนึ่งในตัวเลือกในการทวนสอบความถูกต้องของแผนภาพกิจกรรมคือ การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ต [2] โดยใช้ซีพีเอ็นทูล (CPN tool) [3]

คัลเลอร์เพทริเน็ตเป็นแผนภาพที่ใช้ภาษาที่มีรูปแบบเป็นทางการ (Formal Language) และเป็นภาษาที่สามารถจำลองพฤติกรรมของระบบได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับแผนภาพกิจกรรมซึ่งเป็นหนึ่งในแผนภาพยูเอ็มแอล แบบแผนภาพพฤติกรรม (Behavior diagram)

ที่ผ่านมามีงานวิจัยหลายงานที่นำเสนอกฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต แต่ต้องมีการดัดแปลงแก้ไขให้แผนภาพกิจกรรมมีความสมบูรณ์ก่อนจะทำการสกัดเป็นแบบจำลองชั่วคราว แล้วจึงแปลงไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต [4] อีกงานวิจัยนำเสนอการเปรียบเทียบแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมในรูปแบบเอกสารเอกซ์เอ็มไอ (XMI) กับคัลเลอร์เพทริเน็ตที่อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น [5] มีการนำเสนอการแปลงเซตของแผนภาพกิจกรรมไปเป็นเซตของคัลเลอร์เพทริเน็ต [6] และมีการทำเสนอกฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตรวมถึงการลดรูป [7] แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่นำเสนอกฎและเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตและครอบคลุมไปถึงข้อความอินสคริปชันที่อยู่ในคัลเลอร์เพทริเน็ต ซึ่งหากคัลเลอร์เพทริเน็ตใดไม่มีข้อความอินสคริปชันก็จะเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถทำการจำลองหรือทวนสอบความถูกต้องโดยใช้ซีพีเอ็นทูลได้

ในงานวิจัยนี้จึงเสนอกฎและเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่สามารถแปลงข้อความอินสคริปชันด้วยและนำแผนภาพที่ได้นำเข้าสู่ซีพีเอ็นทูล เพื่อทวนสอบความถูกต้องของแผนภาพกิจกรรม

1.2 วัตถุประสงค์

1) ออกแบบกฎการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

2) พัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1) ออกแบบกฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตให้มีอินสคริปชัน และทำการแปลง 1 แผนภาพกิจกรรมต่อ 1 แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ต

2) พัฒนาเครื่องมือแปลงแผนภาพกิจกรรมเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตรวมถึงอินสคริปชันที่มีขีดความสามารถ ดังนี้

2.1) รับข้อมูลเป็นแผนภาพกิจกรรมที่อยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มแอล (XML) [8] ที่ได้จากโปรแกรม Visual Paradigm

2.2) ส่งออกผลลัพธ์เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่อยู่ในรูปแบบของเอกสารซีพีเอ็น

3) แผนภาพกิจกรรมที่สนใจในงานวิจัยนี้

3.1) ใช้มาตรฐานแบบยูเอ็มแอล 2.0 และส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมที่สนใจ คือ โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก โหนดเริ่มต้น โหนดสุดท้าย โหนดตัดสินใจ โหนดผสาน โหนดทางแยก โหนดเชื่อม เส้นเชื่อม และการวนซ้ำ เท่านั้น

3.2) แผนภาพกิจกรรมต้องเป็นแผนภาพที่มีความสมบูรณ์โดยมีการระบุข้อมูล

- ชื่อกำกับหมุดรับข้อมูลเข้า และหมุดส่งข้อมูลออก
- ชื่อกำกับของโหนดการกระทำ
- ชื่อกำกับของโหนด
- ชื่อกำกับของโหนดตัดสินใจ
- จะต้องมีบันทึก (Note) ระบุประเภทของตัวแปร โดยใช้เครื่องหมายอัฒภาค (Semicolon) ในการแบ่ง
- ข้อมูลบนเส้นเชื่อมที่พุ่งออกจากโหนดตัดสินใจทุกเส้น
  - หากเป็นการเปรียบเทียบให้ใส่ในรูปแบบของฟังก์ชัน If เช่น if credit limit < price
  - หากเป็นการตัดสินใจให้ใส่ ใช่ (Yes) หรือ ไม่ใช่ (No)

4) อินสคริปชันที่เครื่องมือสามารถแปลงได้ คือ

4.1) อินสคริปชันที่ เพลส คือ ชื่อของเพลส คัลเลอร์เซต และกำหนดค่าตั้งต้น (Initial marking)

4.2) อินสคริปชันที่ อาร์ค คือ นิพจน์

4.3) อินสคริปชันที่ ทรานซิชัน คือ ชื่อของทรานซิชัน และการ์ด (Guard)

5) คัลเลอร์เซตของซีพีเนตที่ใช้ในการแปลงอินสคริปชัน ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ

5.1) คัลเลอร์เซตพื้นฐาน (Simple Colour Sets) คือ แบบสายอักขระ (String) แบบจำนวนเต็ม (Integer) แบบบูลีน (Boolean)

5.2) คัลเลอร์เซตผสม (Compound Colour Sets) คือ แบบระเบียน (Record) แบบผลคูณ (Product) และแบบรายการ (List)

6) ทวนสอบและวิเคราะห์ความถูกต้องของแผนภาพโดยใช้ซีพีเอ็นทูล

7) ประเมินความถูกต้องของเครื่องมือโดยใช้กรณีศึกษาที่ครอบคลุมส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมดังนี้ โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก โหนด-เริ่มต้น โหนดสุดท้าย โหนดตัดสินใจ โหนดผสาน โหนดทางแยก โหนดเชื่อม เส้นเชื่อม และการวนซ้ำ ทั้งหมดนี้อยู่ในหลายแผนภาพมาประเมิน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีการออกแบบแผนภาพกิจกรรม

2) ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีซีพีเอ็น และซีพีเอ็นทูล

3) ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีซีพีเอ็นเอ็มแอล (CPN ML) [9]

4) ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีเอกซ์เอ็มแอล

5) วิเคราะห์และกำหนดหน้าที่ของเครื่องมือ

6) พัฒนาเครื่องมือสำหรับการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ครอบคุลมไปถึงอินสคริปชัน

7) ทดสอบและทำการปรับปรุงคุณภาพของเครื่องมือ

8) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

9) จัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เครื่องมือที่พัฒนาสามารถแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่มีอินสคริปชันเพื่อทวนสอบความถูกต้องของแผนภาพกิจกรรมได้อัตโนมัติ

2) ลดความผิดพลาดของคนในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตเพื่อทำการทวนสอบแผนภาพ

1.6 บทความที่ตีพิมพ์จากงานวิจัย

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความวิชาการ คือเรื่อง “Translation UML Activity Diagram into Colored Petri Net with Inscription” โดย ณัฏฐิรา มณีรัตน์ และ วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ ในงานประชุมวิชาการ 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE 2016) จัดโดย ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อวันที่ 13 – 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 ณ จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล [1]

แผนภาพกิจกรรมเป็นหนึ่งในแผนภาพของโมเดลมาตรฐานยูเอ็มแอลที่ได้รับความนิยมใช้ในการออกแบบระบบซอฟต์แวร์ เป็นแผนภาพแสดงพฤติกรรมที่นำเสนอข้อมูลและความสัมพันธ์เชิงกิจกรรม (Dynamic) หรือความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ใช้ในการอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบจากกิจกรรมหนึ่งไปยังอีกกิจกรรมหนึ่ง ในลักษณะการไหลของกระแสการทำงาน ซึ่งแผนภาพกิจกรรมประกอบด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้สนใจ 8 สัญลักษณ์ดังนี้

2.1.1.1 โหนดเริ่มต้น (Initial Node)

โหนดเริ่มต้น คือโหนดที่บ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นของแผนภาพกิจกรรม จะมีลักษณะเป็นวงกลมทึบ ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 โหนดเริ่มต้น [1]

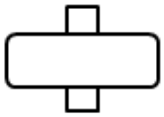
2.1.1.2 โหนดสุดท้าย (Final Node)

โหนดสุดท้าย คือ โหนดที่บ่งบอกถึงการจบของแผนภาพกิจกรรม จะมีลักษณะเป็นวงกลมไม่ทึบและมีวงกลมทึบซึ่งมีขนาดเล็กกว่าซ้อนอยู่ข้างใน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 โหนดสุดท้าย [1]

2.1.1.3 โหนดการกระทำ (Action node)

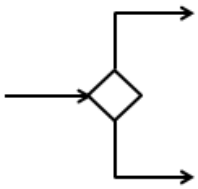
โหนดการกระทำ คือ โหนดที่เล็กที่สุดที่ระบุถึงกิจกรรมที่ทำ โดยในงานวิจัยนี้สนใจโหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้า (Input pin) และหมุดส่งข้อมูลออก (Output pin) โหนดการกระทำจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมมน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก [1]

2.1.1.4 โหนดตัดสินใจ (Decision node)

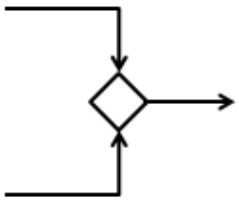
โหนดตัดสินใจ คือ โหนดที่มีเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดมากกว่าหนึ่งเส้นแต่จะตัดสินใจเลือกส่งข้อมูลออกผ่านเพียงเส้นเดียวเท่านั้นโดยการตัดสินใจจากเงื่อนไข จากรูปที่ 2.4 โหนดตัดสินใจมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน



รูปที่ 2.4 โหนดตัดสินใจ [1]

2.1.1.5 โหนดผสาน (Merge Node)

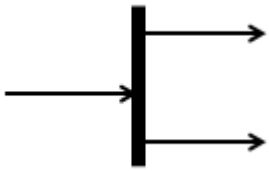
โหนดผสาน คือ โหนดที่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้นแต่จะมีเส้นข้อมูลพุ่งออกเพียงเส้นเดียว จากรูปที่ 2.5 โหนดผสานจะมีลักษณะเหมือนกันกับโหนดตัดสินใจคือมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ซึ่งเมื่อมีการรับข้อมูลเข้ามาจากเส้นใดเส้นหนึ่งก็จะส่งข้อมูลต่อไปทันที



รูปที่ 2.5 โหนดผสาน [1]

2.1.1.6 โหนดทางแยก (Fork Node)

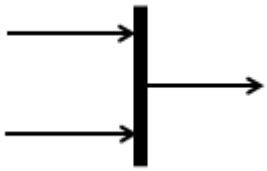
โหนดทางแยก คือ โหนดที่มีเส้นข้อมูลรับเข้าเพียงเส้นเดียวและมีเส้นข้อมูลส่งออกมากกว่าหนึ่งเส้นและแต่ละเส้นจะทำงานไปพร้อมๆ กัน (Concurrent) ดังรูปที่ 2.6 โหนดทางแยกจะมีลักษณะเป็นแท่ง



รูปที่ 2.6 โหนดทางแยก [1]

2.1.1.7 โหนดเชื่อม (Join Node)

โหนดเชื่อม คือโหนดที่มีเส้นข้อมูลรับเข้าที่มีการทำงานพร้อมกันหลายเส้นและมีเส้นข้อมูลส่งออกเพียงเส้นเดียว โดยจะรอรับข้อมูลจากทุกเส้นข้อมูลพุ่งเข้าก่อนจะส่งไปยังโหนดถัดไป จากรูปที่ 2.7 โหนดเชื่อมจะมีลักษณะเป็นแท่ง



รูปที่ 2.7 โหนดเชื่อม [1]

2.1.1.8 เส้นเชื่อม (Edge)

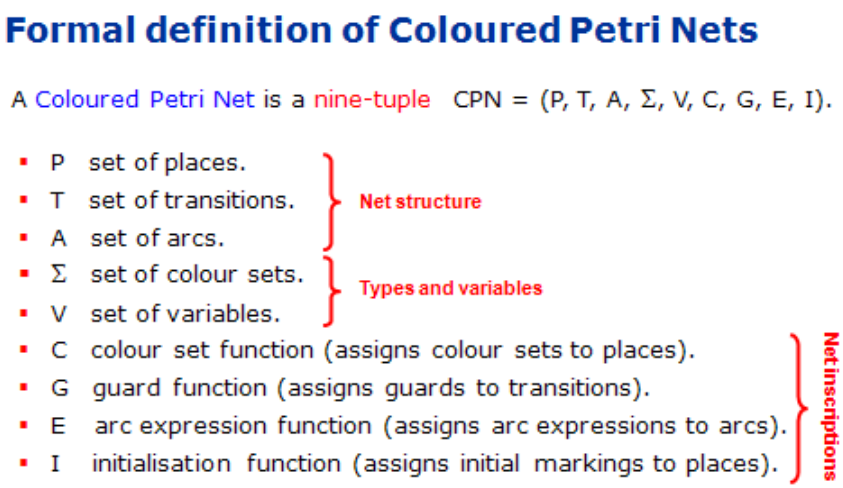
เส้นเชื่อม คือ เส้นเชื่อมระหว่างโหนด โดยมีลูกศรบอกทิศทางในการไหลของแผนภาพว่ามีการส่งข้อมูลออกจากโหนดใดและส่งข้อมูลเข้าไปยังโหนดใด รูปที่ 2.8 แสดงรูปของเส้นเชื่อม

รูปที่ 2.8 เส้นเชื่อม [1]

2.1.2 คัลเลอร์เพทริเน็ต [2]

คัลเลอร์เพทริเน็ตเป็นภาษากราฟิกในการสร้างแบบจำลองของระบบที่ทำงานแบบพร้อมกันและสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบ คัลเลอร์เพทริเน็ตเป็นการพัฒนาต่อจาก เพทริเน็ต โดยการรวมกันระหว่าง เพทริเน็ตและภาษาโปรแกรมขั้นสูง (High-level Programming Language) อย่างซีพีเอ็นเอ็มแอล เพื่อใช้ในการนิยามและจัดการข้อมูล โดยจะนำเอาสัญลักษณ์ และแบบจำลองเบื้องต้นจากเพทริเน็ต และนำเอาการกำหนดตัวแปรการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจากซีพีเอ็นเอ็มแอล

บทนิยามของคัลเลอร์เพทริเน็ต คือ คัลเลอร์เพทริเน็ตประกอบไปด้วย 9 นิยาม ดังแสดงในรูปที่ 2.9 และตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.9 นิยามของคัลเลอร์เพทริเน็ต [2]

ตารางที่ 2.1 คำอธิบายส่วนประกอบคัลเลอร์เพทริเน็ต

กลุ่ม	ส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต	คำอธิบาย
โครงสร้างของแผนภาพ	P	เซตของเพลส
	T	เซตของทรานซิชัน
	A	เซตของอาร์ค
ชนิดของตัวแปร	Σ	เซตของคัลเลอร์เซต
	V	เซตของตัวแปร
อินสคริปชัน	C	กำหนดประเภทของคัลเลอร์เซตให้กับเพลส
	G	กำหนดการ์ดฟังก์ชันให้กับทรานซิชัน
	E	กำหนดนิพจน์ให้กับอาร์ค
	I	กำหนดค่าเริ่มต้นของการทำเครื่องหมายให้กำเพลส

ในการวาดคัลเลอร์เพทริเน็ตจะไม่สามารถวาดอาร์คเชื่อมต่อระหว่างเพลสกับเพลส หรือระหว่าง ทรานซิชันกับทรานซิชันได้

โครงสร้างของคัลเลอร์เพทริเน็ตประกอบด้วย

2.1.2.1 เพลส (Place)

มีลักษณะเป็นวงรี ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งเพลสจะเปรียบได้กับตัวสถานะ (state) ว่าอยู่ในสถานะใด

รูปที่ 2.10 เพลส [2]

2.1.2.2 ทรานซิชัน (Transition)

มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งตัวทรานซิชันจะแสดงถึงการกระทำ (Action) และส่งผลให้เกิดสถานะถัดไป หรือเปรียบได้กับ activity ของแผนภาพกิจกรรมนั่นเอง

รูปที่ 2.11 ทรานซิชัน [2]

2.1.2.3 อาร์ค (Arcs)

มีลักษณะเป็นลูกศร ดังรูปที่ 2.12 ซึ่งหัวลูกศรเป็นตัวชี้ไปยังสถานะถัดไป

รูปที่ 2.12 อาร์ค [2]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.3 อินสคริปชัน (Inscription) [2]

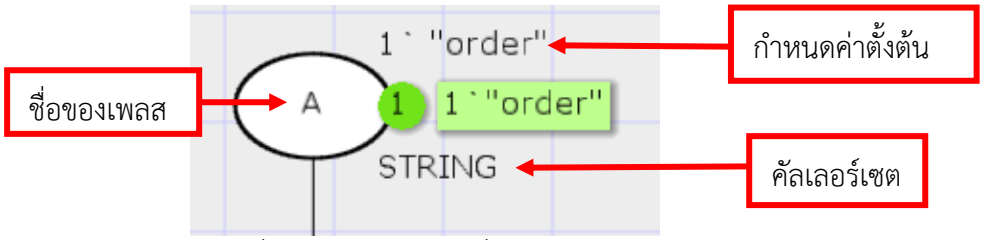
อินสคริปชัน คือ ข้อความทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยอินสคริปชันแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

2.1.3.1 อินสคริปชันที่มีการระบุบนเพลส จากรูปที่ 2.13 อินสคริปชันที่มีการระบุบนเพลสจะมี 3 ส่วนย่อยด้วยกัน

1) อินสคริปชันของคัลเลอร์เซต (Color set inscription) ซึ่งเป็นการระบุถึงประเภทของโทเคน (Token) ทั้งหมดที่มีในเพลส ถ้าหากไม่ระบุอินสคริปชันของคัลเลอร์เซตจะเกิดข้อความแจ้งว่า ผิดไวยากรณ์ (Syntax error)

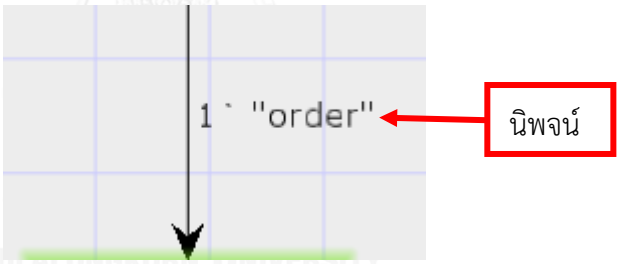
2) อินสคริปชันสำหรับการกำหนดค่าตั้งต้น ซึ่งเป็นการระบุค่าเริ่มต้นของโทเคน ซึ่งเป็นค่าที่จะกำหนดหรือไม่ก็ได้หากไม่มีการกำหนดค่านี้จะมีการกำหนดเป็น “INITMARK” เป็นค่าโดยปริยาย

3) อินสคริปชันชื่อของเพลส (Place name inscription) ซึ่งจะระบุหรือไม่ระบุก็ได้ แต่ถ้าหากต้องการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ (State space) จะต้องระบุชื่อของเพลส



รูปที่ 2.13 อินสคริปชันที่ระบุบนเพลส

2.1.3.2 อินสคริปชันที่มีการระบุบนเส้นอาร์ค มีอยู่ที่เดียวเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า นิพจน์ (Expression) และเป็นการเขียนโดยใช้ ซีพีเอ็นเอ็มแอล มีข้อความ “expr” เป็นข้อความปริยายเมื่อไม่มีการใส่ข้อความใดๆ จากรูปที่ 2.14 เป็นตัวอย่างการใส่อินสคริปชันที่อาร์ค คัลเลอร์เซตของอาร์คนิพจน์จะต้องตรงกันกับคัลเลอร์เซตของเพลสที่อาร์คเชื่อมอยู่ ไม่อย่างนั้นจะเกิดข้อความระบุความผิดพลาด (Error Message) เมื่อมีการตรวจสอบไวยากรณ์

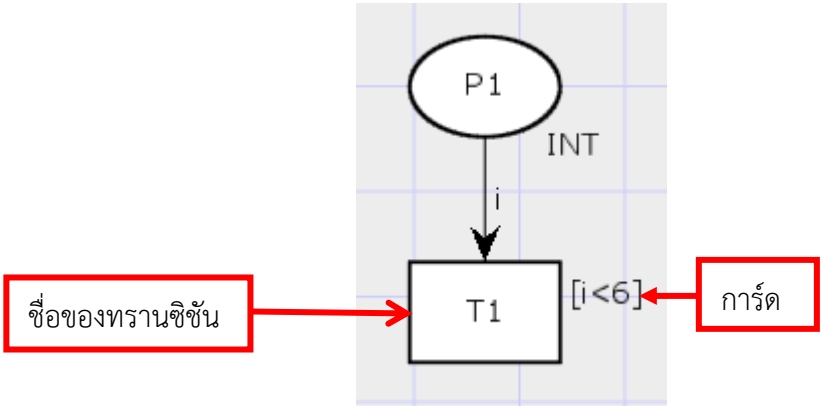


รูปที่ 2.14 อินสคริปชันที่ระบุบนอาร์ค

2.1.3.3 อินสคริปชันที่มีการระบุบนทรานซิชัน มีอยู่ 5 ชนิดด้วยกันและทั้ง 5 ชนิดเลือกที่จะใส่หรือไม่ก็ได้

1) อินสคริปชันชื่อของทรานซิชัน (Transition name inscription) เพื่อระบุทรานซิชัน แต่หากต้องการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ จะต้องมีการระบุชื่อของทรานซิชัน

2) อินสคริปชันการ์ด (Guard) ซึ่งเป็นการเขียนโดยใช้ซีพีเอ็นเอ็มแอล แบบบูลีนที่ประเมินไปเป็น จริงหรือเท็จ รูปที่ 2.15 แสดงถึงตัวอย่างการระบุอินสคริปชันชื่อของทรานซิชัน และการระบุอินสคริปชันการ์ด



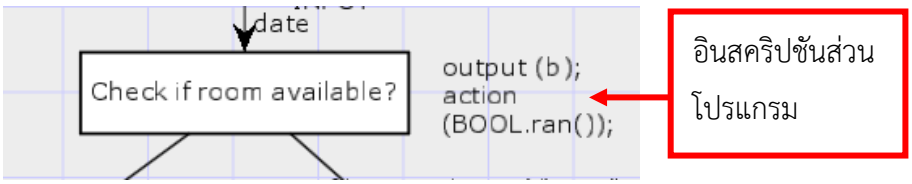
รูปที่ 2.15 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันแบบชื่อของทรานซิชันและการ์ด

3) อินสคริปชันเวลา (Time inscription) ซึ่งใช้ในการระบุค่าเวลาหน่วง (Delay) โดยจะมีค่า @+ เป็นค่าปริยาย หมายถึงเวลาหน่วงเป็น 0 จากรูปที่ 2.16 อินสคริปชันของเวลาคือ @+7 นั่นคือถ้าหากเวลาในปัจจุบันคือ 10 เวลาหน่วง เป็น 7 เวลาของโทเคนในการส่งผลออกคือ 17

รูปที่ 2.16 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันแบบเวลา

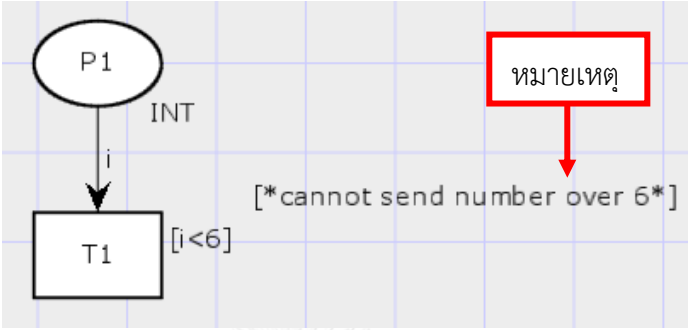
4) อินสคริปชันส่วนโปรแกรม (Code segment inscription) เป็นการโปรแกรมลงไปที่ ทรานซิชัน โดยโครงสร้างของการเขียนอินสคริปชันส่วนโปรแกรมซึ่งจะมี ค่ารับเข้า ค่าส่งออก และการกระทำ ใน

รูปที่ 2.17 เป็นตัวอย่างการเขียน อินสคริปชันส่วนโปรแกรม ที่ไม่มีค่ารับเข้า มี b เป็นค่าส่งออก และกระทำการสุ่มค่าเป็นจริงกับเท็จ



รูปที่ 2.17 อินสคริปชันที่ระบุบนทรานซิชันส่วนโปรแกรม

5) อินสคริปชันในรูปแบบของหมายเหตุ ในโปรแกรมภาษาซีพีเอ็นเอ็มแอล หมายเหตุจะเริ่มด้วยเครื่องหมาย (* และปิดด้วยเครื่องหมาย *) โดยข้อความที่อยู่ภายในเครื่องหมายนี้จะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ต ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 อินสคริปชันแบบหมายเหตุ

2.1.4 ซีพีเอ็นเอ็มแอล [9]

โปรแกรมซีพีเอ็นเอ็มแอล เป็นภาษาที่ใช้ในการกำหนด คัลเลอร์เซต และ ฟังก์ชัน การกำหนด ตัวแปร และการเขียนอินสคริปชันในการทำคัลเลอร์เพทริเน็ต ซึ่งพัฒนามาจาก โปรแกรมภาษาเอสเอ็มแอล (SML) โดยทำการพัฒนาเพิ่มในส่วนของ การกำหนดค่าคัลเลอร์เซตและตัวแปร การทำมัลติเซต รวมถึง ฟังก์ชัน และตัวดำเนินการ ข้อเด่นของภาษาซีพีเอ็นเอ็มแอล จะกระทำการ (Execute) โดยข้อมูลที่อยู่ในนิพจน์ ไม่ใช่การกระทำการในหน่วยความจำ ทุกนิพจน์มีการระบุชนิดของข้อมูลที่สามารถตรวจสอบได้ในขณะแปลงโปรแกรม (Compile) ซึ่งช่วยลด จำนวนความผิดพลาด (Run-time error) ชนิดข้อมูลของนิพจน์จะมีการอนุมาน (Infer) โดยระบบมากกว่าการประกาศโดยผู้ใช้งาน ฟังก์ชันเหมือนเป็นตัวแปรธรรมดา ซึ่งฟังก์ชันต้องมีการประกาศชนิดของตัวแปรด้วย และฟังก์ชันสามารถเป็นได้หลายรูปแบบ

รูปที่ 2.19 เป็นต้นแบบภาษาซีพีเอ็นเอ็มแอล เป็นการเขียนอินสคริปชันที่ระบุบนอาร์คร่วมกับคำสั่งควบคุมแบบ IF - THEN

```
if (CONDITION) then 1'VARIABLE
else empty
```

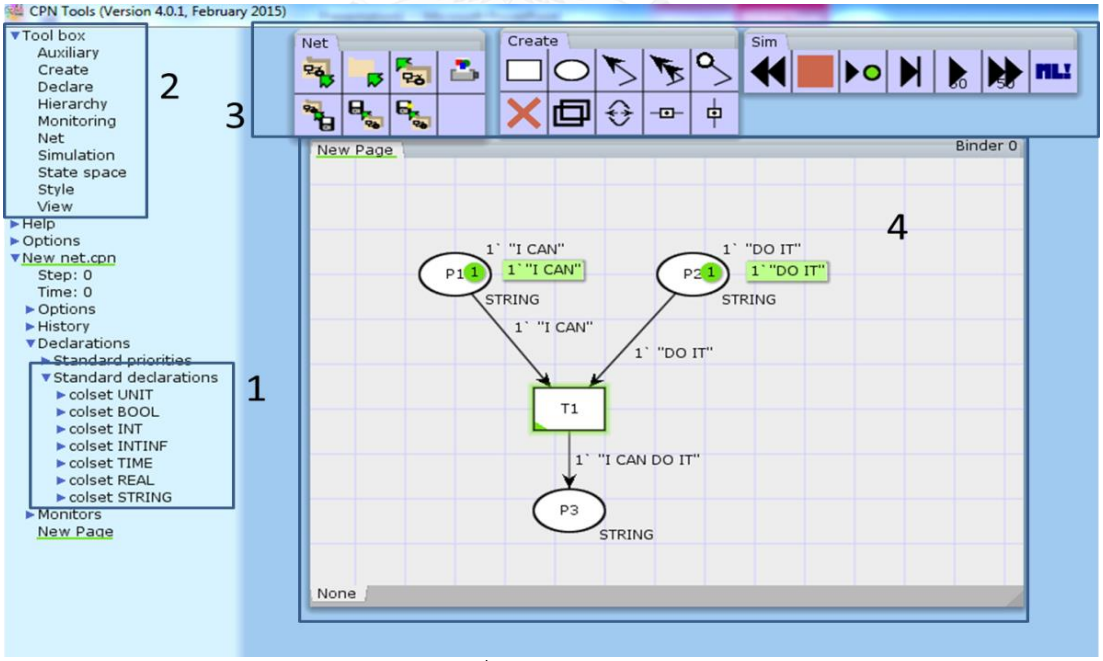
รูปที่ 2.19 ต้นแบบภาษาซีพีเอ็นเอ็มแอล

2.1.5 ซีพีเอ็นทูล [3]

ซีพีเอ็นทูล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการ สร้าง แก้ไข จำลองการทำงาน วิเคราะห์คัลเลอร์เพทริเน็ต วิเคราะห์ปริภูมิสถานะ และวิเคราะห์สมรรถนะของคัลเลอร์เพทริเน็ต ซีพีเอ็นทูลรองรับการติดตั้งบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) และลินุกซ์ (Linux) ในส่วนของใบอนุญาต (License) สามารถทำการดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บเพจของซีพีเอ็นทูล

ซีพีเอ็นทูลสามารถตรวจสอบไวยากรณ์ และชนิด โดยเมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะมีข้อความรายละเอียดเพื่ออธิบายข้อผิดพลาดนั้นใกล้กับรูปที่เกิดข้อผิดพลาด โดยการตรวจสอบไวยากรณ์และการสร้างคัลเลอร์เพทริเน็ตจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน นั่นหมายถึงซีพีเอ็นทูลสามารถทำการประมวลผลบางส่วนของแผนภาพของคัลเลอร์เพทริเน็ตถึงแม้ว่าคัลเลอร์เพทริเน็ตจะยังไม่สมบูรณ์ก็ตาม และยังมีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพ เช่น การติดตาย และความคงอยู่ จากรูปที่ 2.20 แสดงซีพีเอ็นทูล

- 1 คือส่วนของการประกาศตัวแปรคัลเลอร์เซต
- 2 คือส่วนของกล่องเครื่องมือต่าง ๆ
- 3 คือตัวอย่างในการลากกล่องเครื่องมือไปวางเพื่อความสะดวกและง่ายในการใช้งาน
- 4 คือส่วนของเน็ทหรือพื้นที่ในการสร้างคัลเลอร์เพทริเน็ต



รูปที่ 2.20 ซีพีเอ็นทูล

2.1.6 เอกซ์เอ็มแอล [8]

ภาษาเอกซ์เอ็มแอลมีต้นกำเนิดมาจาก ภาษาเอสจีเอ็มแอล (SGML: Standard Generalized Markup Language) แต่ภาษาเอสจีเอ็มแอล มีความซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายสูงจากการประมวลผลเอกสารเอสจีเอ็มแอล ดังนั้นกลุ่มดับบลิวทรีซี W3C (World Wide Web Consortium) จึงคิดค้นภาษาเอกซ์เอ็มแอล โดยลดความซับซ้อนจากภาษาเอสจีเอ็มแอลลง และเหมาะกับเทคโนโลยีเว็บแบบภาษาเฮชทีเอ็มแอล (HTML: Hyper Text Markup Language) ภาษาเอกซ์เอ็มแอลสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถเขียนหรือโปรแกรมภาษาเอกซ์เอ็มแอลได้โดยใช้ บรรณาธิกรณ์ข้อความ (Text editor) ทั่วไป การดึงเอกสารมาใช้งานก็สามารถทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก และยังสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย

โครงสร้างภาษาเอกซ์เอ็มแอล

1. ส่วนของการการประกาศ
   เป็นการบอกรุ่นของ เอกซ์เอ็มแอล และ รูปแบบการเข้ารหัสของเอกสาร
   เช่น <?xml version=" "1.0encoding="UTF-"8?>
2. ส่วนของป้ายระบุ (Tag) และส่วนประกอบ (Element)
   ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.21

```
<?xml version="1.0"?>
<contact-info>
<company>TutorialsPoint</company>
</contact-info>
```

รูปที่ 2.21 ภาษาเอกซ์เอ็มแอล

- แท็กประกอบด้วย แท็กเปิดและแท็กปิด จากตัวอย่าง
  แท็กเปิด คือ <contact-info>
  แท็กปิด คือ </contact-info>
- ส่วนประกอบสามารถมีได้หลายส่วนประกอบ จากตัวอย่าง
  ส่วนประกอบคือ <company>TutorialsPoint</company>

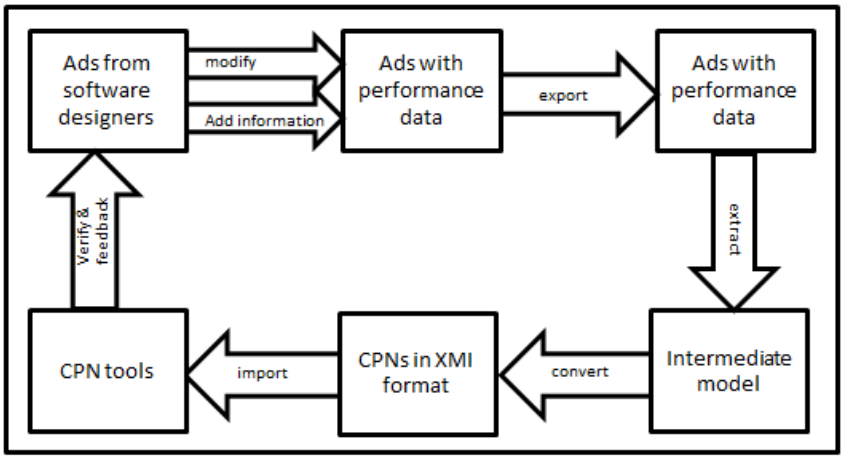
```
<ActivityAction Documentation_plain="" Id="fn4TFeqGAqACJQlZ" Name="Take Order"
    <MasterView>
        <ActivityAction Idref="fn4TFeqGAqACJQlY" Name="Take Order"/>
    </MasterView>
    <ModelChildren>
        <InputPin ControlType="false" Documentation_plain="" Id="yDUzFeqGAqACJQn1"
            <ToSimpleRelationships>
                <ActivityObjectFlow Idref="fpTLFeqGAqACJQs4" Name=""/>
            </ToSimpleRelationships>
            <MasterView>
                <InputPin Idref="yDUzFeqGAqACJQn0" Name="Order"/>
            </MasterView>
        </InputPin>
        <OutputPin ControlType="false" Documentation_plain="" Id="9JjzFeqGAqACJQol"
            <FromSimpleRelationships>
                <ActivityObjectFlow Idref="zbzLFeqGAqACJQtH" Name=""/>
            </FromSimpleRelationships>
            <MasterView>
                <OutputPin Idref="dJjzFeqGAqACJQok" Name="Order"/>
            </MasterView>
        </OutputPin>
    </ModelChildren>
</ActivityAction>
```

รูปที่ 2.22 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลของโหนดการกระทำ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยเรื่อง “From UML Activity Diagram to CPN: An Automatic Transforming Method” [4] โดย Lianzhang Zhu ปี ค.ศ. 2012

งานวิจัยนี้เสนอเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยปัญหาที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้คือ การแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตยังต้องทำด้วยมือ และการทำด้วยมือนี้เองทำให้เกิดปัญหาใหม่ เช่นกฎในการแปลงค่อนข้างที่จะยืดหยุ่น ทำให้คนออกแบบคนละคนกันจึงยากที่ทำให้ซีพีเอ็นอยู่ในรูปแบบเดียวกัน และในบางงานวิจัยยังต้องมีการเพิ่มเติมให้คัลเลอร์เพทริเน็ตให้สมบูรณ์หลังจากทำการแปลงเสร็จ

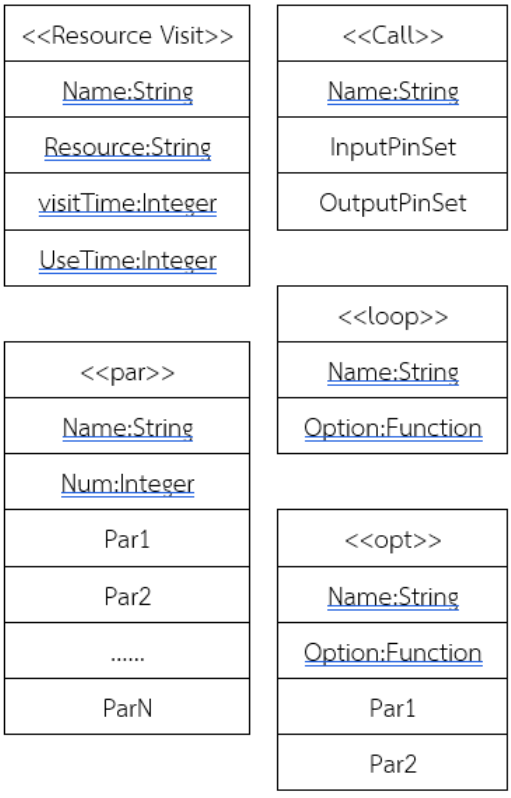


รูปที่ 2.23 กระบวนการในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต [4]

ผู้วิจัยได้อธิบายถึงกระบวนการในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต ดังแสดงในรูปที่ 2.23 แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนคือ

1) รับข้อมูลเข้าเป็นแผนภาพกิจกรรมจากผู้ออกแบบซอฟต์แวร์
2) ทำการดัดแปลงและเพิ่มเติมข้อมูลเพื่อให้แผนภาพกิจกรรมมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
3) ทำการส่งออกแผนภาพกิจกรรมให้อยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มไอ
4) การสกัดออกเป็นแบบจำลองชั่วคราว (Intermediate model) มีอยู่ 5 โหนด ด้วยกัน คือ โหนดอย่างง่าย (Simple nodes) โหนดโครงสร้าง (Structure nodes) โหนดทรัพยกร (Resource nodes) โหนดอปฏิบัติการ (Functional nodes) โหนดเยี่ยมชม (resource-visit nodes) รูปที่ 2.24 เป็นตัวอย่างโครงสร้างของโหนดในแบบจำลองชั่วคราว
5) เปลี่ยนแบบจำลองชั่วคราวไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่อยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มไอ
6) นำเข้าสู่ซีพีเอ็นทูลเพื่อทำการทวนสอบความถูกต้อง

จากการทดลองโดยใช้กรณีศึกษาพบว่าเครื่องมือนี้สามารถแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะต้องมีการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแบบจำลองชั่วคราวก่อนจึงจะสามารถแปลงไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตได้



รูปที่ 2.24 โครงสร้างของแบบจำลองชั่วคราว [4]

2.2.2 งานวิจัยเรื่อง “Automatic translation UML activity diagrams to Petri net” [5] โดย Markov Alexandr Vladimiriovich และคณะ ปี ค.ศ. 2015

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยการเปรียบเทียบแต่ล่ะส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรม และส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยใช้แผนภาพกิจกรรมอยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มไอ และคัลเลอร์เพทริเน็ตที่อยู่ในรูปแบบของคัลเลอร์เพทริเน็ตที่มีไฟล์นามสกุล ซีพีเอ็น (CPN) ซึ่งทั้งสองไฟล์นามสกุลมีโครงสร้างภาษาเป็นเอกซ์เอ็มแอล แต่ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบของส่วนประกอบพื้นฐานของแผนภาพกิจกรรมเท่านั้น แผนภาพกิจกรรมเมื่ออยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มไอนั้น จะประกอบไปด้วย สถานการณ์กระทำ(Action state) สถานะเทียม (Pseudo state) สถานะสุดท้าย (Final state) และ สถานะเปลี่ยน ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบโครงสร้างที่อยู่ในสถานะการกระทำ จากโครงสร้างที่อยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มไอ กับโครงสร้างที่อยู่ในรูปของซีพีเอ็น

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบโครงสร้าง [5]

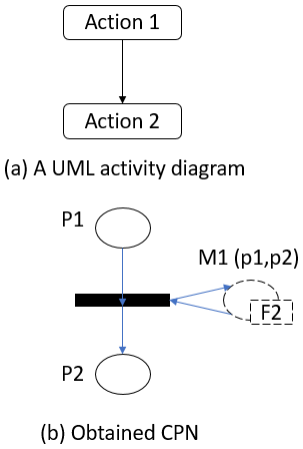
XMI format	CPN format
<UML: Pseudostate xmi.id = '...869' name = 'StartState_1`1_INT .... Kind = 'initial'> <UML: StateVertex.outgoing> <UML:Transition xmi.idref = '...874/> </UML:StateVertex.outgoing> </UML:Pseudostate>	<place id = "ID1420720921">... <text> StartState</text>... <type id = "ID1420720922">... <text tool = "CPN Tools" version="3.4.0">INT</text> </type> <initmark id="ID1420720923">... <text tool="CPN Tools" version="3.4.0"> 1'1<\text> </initmark> </place>

ทำการประเมินความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบ สถานะเริ่มต้น (Initial state) สถานะสุดท้าย (Final state) และ สถานะกิจกรรม (Activity state) พบว่าสามารถทำการเปรียบเทียบได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังเสนอแค่แนวคิดยังไม่มีเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

2.2.3. งานวิจัยเรื่อง “Some Rule To Transform Activity Diagram into Colored Petri Nets” [6] โดย Bhawana Agarwal ปี ค.ศ. 2012

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอกฎในการแปลงส่วนประกอบต่างๆ ของแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยทำการเสนอกฎในการแปลงส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันในลักษณะต่างๆ ทั้งหมด 8 ลักษณะด้วยกัน และทำการแปลงให้ไปอยู่ในลักษณะของคัลเลอร์เพทริเน็ต ยกตัวอย่าง กฎข้อแรกของงานวิจัยนี้คือ การแปลงแผนภาพกิจกรรมที่อยู่ในลักษณะของการเชื่อมต่อกันของโหนดการกระทำสองโหนด ก็จะทำการแปลงไปเป็นแผนภาพกิจกรรมที่มีเพลสเชื่อมต่อกับทรานซิชันและเชื่อมกับเพลสอีกหนึ่งตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.25 กฎการแปลงแบบที่ 1 โดยในแผนภาพกิจกรรมที่มีขนาดใหญ่ก็แบ่งย่อยแล้วทำการเปรียบเทียบกับกฎแล้วจึงนำมารวมกันเป็นระบบใหญ่

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินโดยใช้กรณีศึกษาพบว่า แผนภาพกิจกรรมที่ทำการแปลงไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตได้ถูกต้อง แต่งานวิจัยนี้ยังต้องทำมือในการวาดคัลเลอร์เพทริเน็ตขึ้นมาและส่งคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้ไปยังซีพีเอ็นทูล



รูปที่ 2.25 กฎการแปลงแบบที่ 1 [6]

2.2.4 งานวิจัยเรื่อง “Transformation of a Core Scenario Model and Activity Diagrams into Preti Nets” [7] โดย Shahbaz Maqbool

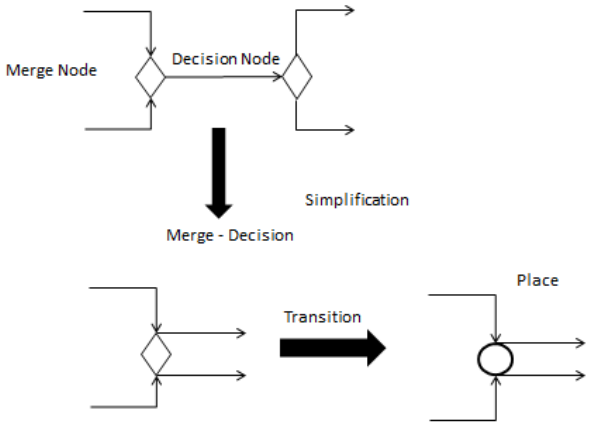
งานวิจัยฉบับนี้ ได้เสนอกฎและเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมและแผนภาพซีเอสเอ็ม (CSM: Core Scenario Model) ไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต โดยนำเข้าแผนภาพกิจกรรมและแผนภาพซีเอสเอ็มในรูปแบบแฟ้มเอกสารแบบเอกซ์เอ็มแอล และทำการกำหนดกฎของการแปลงทั้งสองแผนภาพไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต ตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงกฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต และนำเสนอกฎในการลดจำนวนดัมมี (Dummy) ของเพลสและทรานซิชันก่อนที่จะมีการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต ดังแสดงในรูปที่ 2.26 เป็นการลดรูปโดยถ้าหากโหนดปัจจุบันเป็นโหนดผสานและโหนดถัดไปเป็นโหนดตัดสินใจ ก็จะทำการลด

รูป เหลือแค่โหนดรูปขนมเปียกปูนโหนดเดียวโดยมีทั้งเส้นพุ่งเข้าและพุ่งออก จากนั้นก็ทำการแปลงโหนด ผสาน-ตัดสินใจนี้เป็นเพลสหนึ่งอัน

ในงานวิจัยนี้ยังกล่าวว่าบางส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมไม่สามารถทำการแปลงเป็นแผนภาพเพทริเน็ตได้ เช่น โหนดสุดท้ายเป็นต้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เครื่องมืออัตโนมัติยังไม่สามารถทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ตได้ และต้องการเพิ่มข้อมูลเพื่อทำให้แผนภาพกิจกรรมเป็นแผนภาพที่สมบูรณ์

ตารางที่ 2.3 กฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพเพทริเน็ต [7]

Concept	Activity Diagram	Petri Nets
1. Scenario representation	Activity	CP Net
2. Entities	Swimlane / Partition	Will be modeled as a Place
3. Function and action performed	Action	Transition
4.Scenario start and stop	Initial Node & Final Node (Flow Final)	A Placce without any incoming edge abd place without any outgoing edge respectively
5.Alternative scenarion	Sub activity	Subpage
6.Concurrency	Fork node	Will be modeled as a Transition
7.Alternative flow	Decision Node	Will be modeled as a Place
8.Sequence flow	ActivityEdge	Arc
9.Alternative merge	Merge Node	Will be modeled as a Place
10.Synchronizing concurrent flow	Join Node	Will be modeled as a Transition
11.Objects	Object Node	Will be modeled as a Place

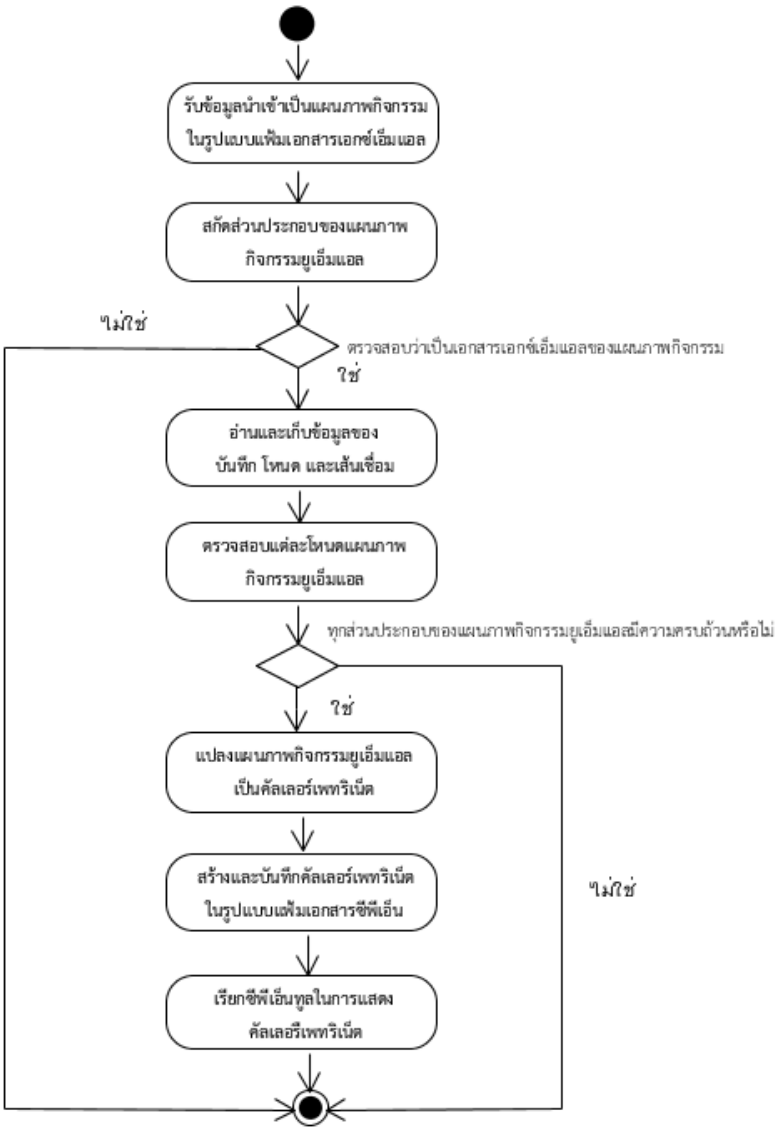


รูปที่ 2.26 กฎในการลดจำนวนดัมมี่ของทรานซิชันและเพลส [7]

บทที่ 3
แนวคิดในการแปลงแผนภาพ

3.1 แนวคิดในการแปลงแผนภาพ

แนวคิดในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน เริ่มต้นจากการกำหนดกฎที่จะทำการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล
ขั้นตอนในการแปลงแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการแปลง

ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลักด้วยกันคือ

1 รับข้อมูลนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

2. สกัดและตรวจสอบส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

3 แปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต

4 บันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

5 ทำการเรียกซีพีเอ็นทูล

3.2 รายละเอียดขั้นตอนการแปลงแผนภาพ

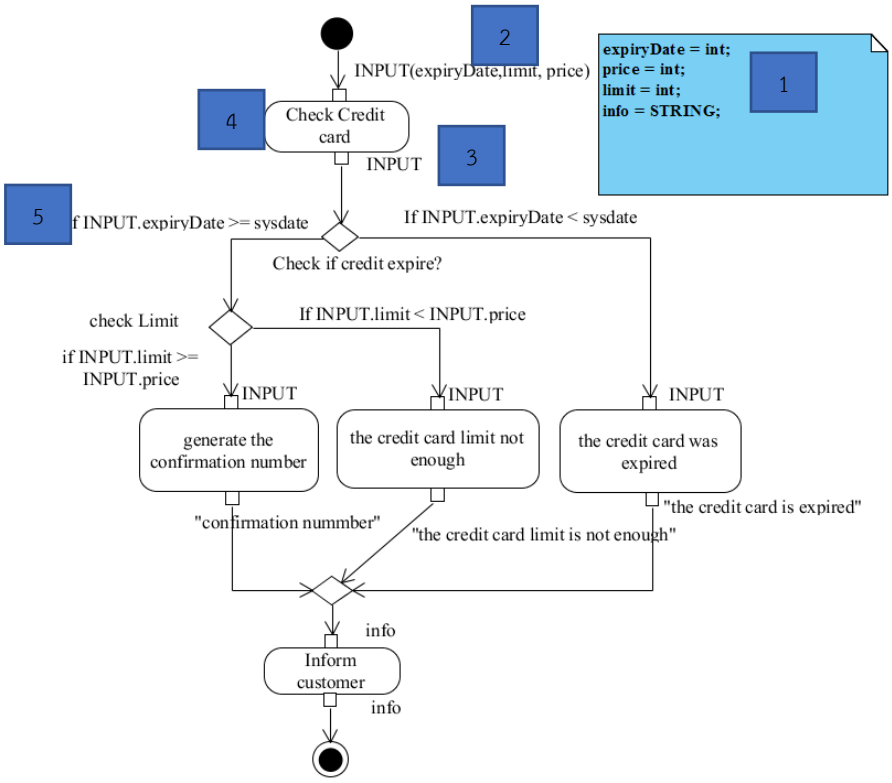
3.2.1 รับข้อมูลนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ข้อมูลนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลจะต้องอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์ รุ่น 12 (Visual Paradigm version 12) ในการวาดแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล และทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล โดยแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่นำเข้ามาจะต้องมีความสมบูรณ์ในการระบุข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.2

1. แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการระบุตัวแปรและชนิดของตัวแปรในบันทึก
2. แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการระบุข้อมูลตัวแปรที่หมุดรับข้อมูลเข้า
3. แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการระบุข้อมูลตัวแปรที่หมุดส่งข้อมูลออก
4. แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการระบุชื่อของโหนดการกระทำ
5. แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการระบุเงื่อนไขบนเส้นข้อมูลที่พุ่งออกจากโหนดตัดสินใจ

เมื่อทำการวาดแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเรียบร้อยแล้วทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลโดยใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์เช่นกัน รูปที่ 3.3 เป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้จากการวาด และการแปลงโดยใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.2 การวาดแผนภาพกิจกรรมโดยใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์

```
<ActivityDiagram AlignToGrid="false"  ControlFlowDisplayOption="0" DecisionMergeNodeConnectionPointStyle="1"
            <Shapes>
                <NOTE Angle="0" Background="rgb(51, 153, 255)" ConnectToPoint="true" ConnectionPointType="2"
                    <ElementFont Color="rgb(0, 0, 0)" Name="TH Sarabun New" Size="18" Style="1"/>
                    <Line Cap="0" Color="rgb(0, 0, 0)" Transparency="0" Weight="1.0">
                        <Stroke/>
                    </Line>
                    <Caption Height="0" InternalHeight="-2147483648" InternalWidth="-2147483648" Side="FreeMove"
                    <FillColor Color="rgb(51, 153, 255)" Style="1" Transparency="0" Type="1"/>
                </NOTE>
                <ActivityFinalNode Background="rgb(122, 207, 245)" ConnectToPoint="true" ConnectionPointType="1"
                    <ElementFont Color="rgb(0, 0, 0)" Name="TH Sarabun New" Size="18" Style="1"/>
                    <Line Cap="0" Color="rgb(0, 0, 0)" Transparency="0" Weight="1.0">
                        <Stroke/>
                    </Line>
                    <Caption Height="0" InternalHeight="-2147483648" InternalWidth="-2147483648" Side="None"
                    <FillColor Color="rgb(0, 0, 0)" Style="1" Transparency="0" Type="1"/>
                </ActivityFinalNode>
                <JoinNode Background="rgb(122, 207, 245)" ConnectToPoint="true" ConnectionPointType="0"
                    <ElementFont Color="rgb(0, 0, 0)" Name="TH Sarabun New" Size="18" Style="1"/>
                    <Line Cap="0" Color="rgb(0, 0, 0)" Transparency="0" Weight="1.0">
                        <Stroke/>
                    </Line>
                    <Caption Height="0" InternalHeight="-2147483648" InternalWidth="-2147483648" Side="None"
                    <FillColor Color="rgb(0, 0, 0)" Style="1" Transparency="0" Type="1"/>
                </JoinNode>
                <ForkNode Background="rgb(122, 207, 245)" ConnectToPoint="true" ConnectionPointType="0"
                    <ElementFont Color="rgb(0, 0, 0)" Name="TH Sarabun New" Size="18" Style="1"/>
                    <Line Cap="0" Color="rgb(0, 0, 0)" Transparency="0" Weight="1.0">
                        <Stroke/>
                    </Line>
                    <Caption Height="0" InternalHeight="-2147483648" InternalWidth="-2147483648" Side="None"
                    <FillColor Color="rgb(0, 0, 0)" Style="1" Transparency="0" Type="1"/>
                </ForkNode>
```

รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

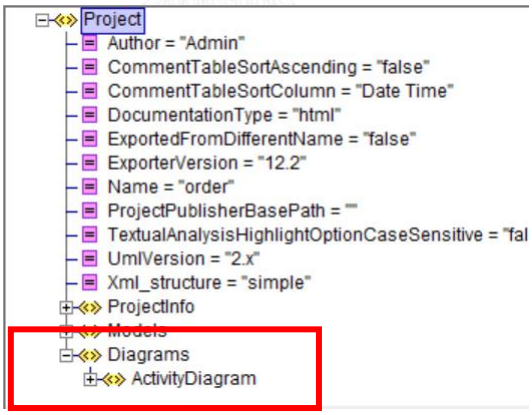
3.1.2 การสกัดและตรวจสอบส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

การสกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลจากเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเพื่อที่จะแปลงแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตตามกฎที่สร้างขึ้น ในขณะเดียวกันก็จะทำการตรวจสอบแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

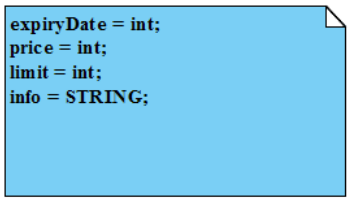
3.1.2.1 สกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลโดยอ่านแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเก็บในหน่วยความจำภายในโดยใช้ JDOM ซึ่ง JDOM จะทำการตรวจสอบไวยากรณ์ของเอกสารเอกซ์เอ็มแอลด้วยว่าถูกต้องหรือไม่

3.1.2.2 ทำการตรวจสอบว่าแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่รับเข้ามานั้นเป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปแบบเอกซ์เอ็มแอลใช่หรือไม่ โดยการอ่านที่โหนด Diagram และทำการตรวจสอบโหนดลูกของโหนด Diagram ว่าเป็น ActivityDiagram หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

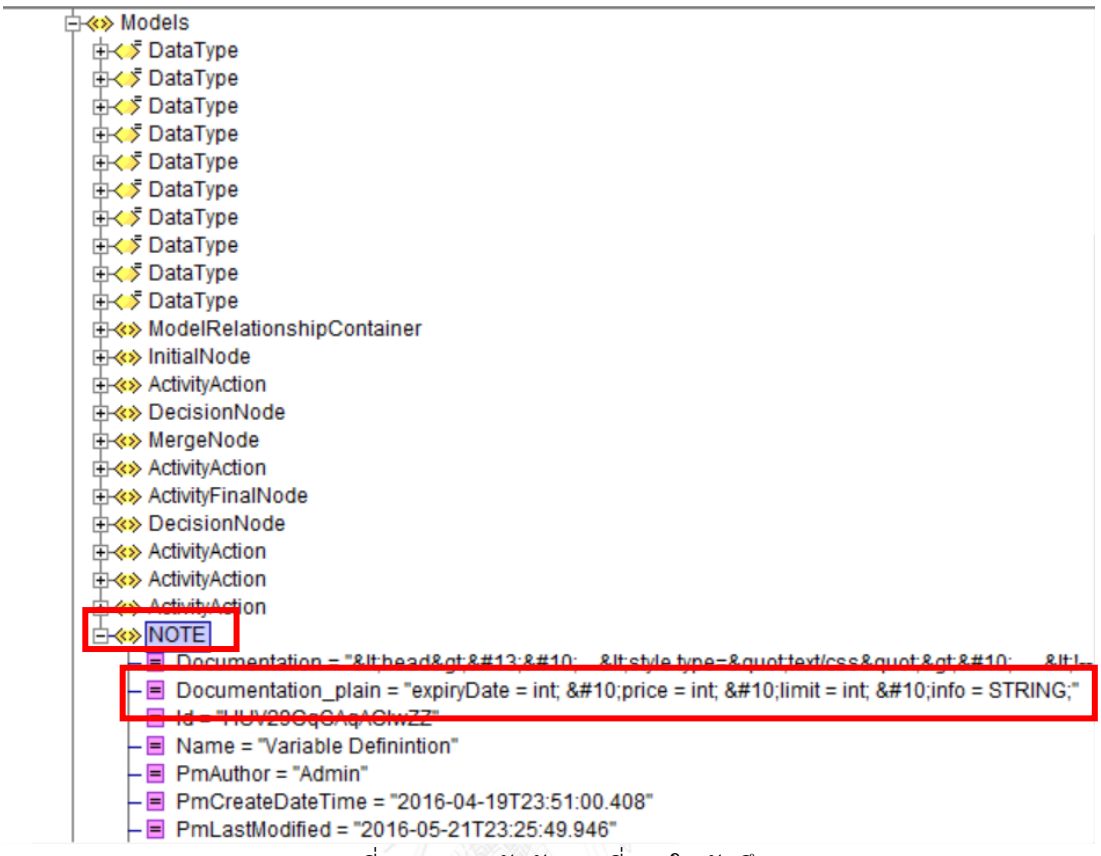
3.1.2.3 อ่านและเก็บข้อมูลของตัวแปรที่ประกาศในบันทึก ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งแสดงให้เห็นการประกาศตัวแปรในบันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล โดยจะทำการอ่านโหนดลูกของโหนด Model ที่ชื่อว่า Note และใน Note จะมีแอตทริบิวต์ Documentation_plain โดยตัวแปรแต่ละตัวจะแยกกันด้วยเครื่องหมายอัฒภาค แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.4 การตรวจสอบเอกสารเอกซ์เอ็มแอลของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

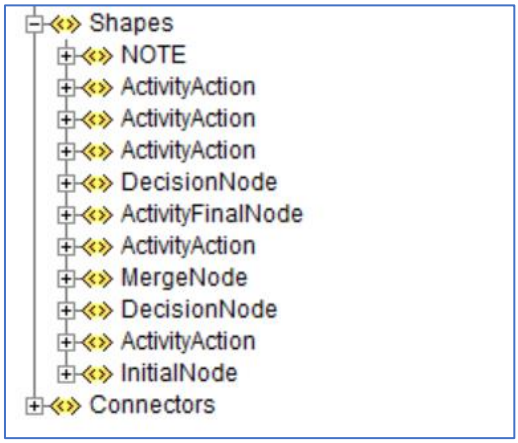


รูปที่ 3.5 บันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล



รูปที่ 3.6 การสกัดตัวแปรที่ระบุในบันทึก

3.1.2.4 อ่านแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล โดยการอ่านที่โหนดลูกของโหนด Shape ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ขณะเดียวกันจะทำการตรวจสอบว่าเป็นส่วนประกอบที่รองรับหรือไม่ และทำการเก็บข้อมูล ของแต่ละโหนดดังแสดงใน ตารางที่ 3.1

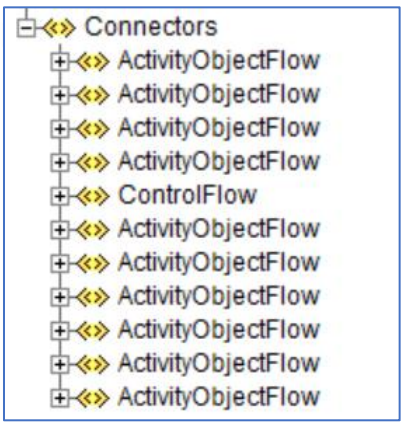


รูปที่ 3.7 การสกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ตารางที่ 3.1 การสกัดแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ส่วนประกอบหลัก	โหนด	เก็บข้อมูล
<InitialNode> ... </InitialNode>	โหนดเริ่มต้น	เลขรหัส ชื่อ
<ActivityAction> ... </ActivityAction>	โหนดการกระทำ	เลขรหัส ชื่อ เลขรหัสของหมุดรับข้อมูลเข้า ชื่อของหมุดรับข้อมูลเข้า เลขรหัสของหมุดส่งข้อมูลออก ชื่อของหมุดส่งข้อมูลออก
<JoinNode> ... </JoinNode>	โหนดร่วม	เลขรหัส ชื่อ
<ForkNode> ... </ForkNode>	โหนดทางแยก	เลขรหัส ชื่อ
<DecisionNode> ... </DecisionNode>	โหนดตัดสินใจ	เลขรหัส ชื่อ
<MergeNode> ... </MergeNode>	โหนดผสาน	เลขรหัส ชื่อ
<ActivityFinalNode> ... </ActivityFinalNode>	โหนดสุดท้าย	เลขรหัส ชื่อ

3.1.2.5 อ่านข้อมูลของเส้นเชื่อมทั้งหมดโดยการอ่านจากโหนดลูกของโหนด Connectors ทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 3.8 และทำการเก็บข้อมูลของเส้นเชื่อมแต่ละตัวดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.8 การสกัดเส้นเชื่อมในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ตารางที่ 3.2 การสกัดและเก็บข้อมูลของเส้นเชื่อม

ส่วนประกอบหลัก	โหนด	เก็บข้อมูล
<ActivityObjectFlow> ... </ActivityObjectFlow> <ControlFlow> ... <ControlFlow>	เส้นเชื่อม	เลขรหัส ชื่อ เชื่อมต่อจาก เชื่อมต่อไปยัง

3.1.2.5 การตรวจสอบส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ทำการตรวจสอบแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลว่ามีการใส่ข้อมูลตามที่กำหนดครบถ้วนหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 การตรวจสอบแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

โหนด	ตรวจสอบ
โหนดการกระทำ	หมุดรับข้อมูลเข้า หมุดส่งออกข้อมูล
หมุด	เส้นพุ่งเข้าหรือเส้นพุ่งออกหนึ่งเส้น ตัวแปร
โหนดตัดสินใจ	เส้นพุ่งเข้าหนึ่งเส้น เส้นพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้น ข้อมูลระบุบนเส้น
โหนดผสาน	เส้นพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น เส้นพุ่งออกหนึ่งเส้น
โหนดทางแยก	เส้นพุ่งเข้าหนึ่งเส้น เส้นพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้น
โหนดร่วม	เส้นพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น เส้นพุ่งออกหนึ่งเส้น
โหนดเริ่มต้น	เส้นพุ่งออกหนึ่งเส้น
โหนดสุดท้าย	เส้นพุ่งเข้า
เส้นเชื่อม	ต้องมี ข้อมูลโหนดต้นทาง ข้อมูลโหนดปลายทาง

1) ตรวจสอบโหนดการกระทำ

ทำการตรวจสอบว่าโหนดการกระทำมีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออกหรือไม่ หากพบว่าโหนดการกระทำไม่มีหมุดรับข้อมูลเข้าหรือไม่มีหมุดส่งข้อมูลออกจะทำการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

2) ตรวจสอบหมุด

ทำการตรวจสอบหมุดรับข้อมูลเข้าว่ามีตัวแปรระบุและมีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหรือไม่ ซึ่งเส้นข้อมูลพุ่งเข้านี้จะเป็นการบ่งบอกว่าหมุดรับข้อมูลเข้าเชื่อมต่ออยู่กับโหนดอื่นของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลหรือไม่ หากไม่มีตัวแปรหรือเส้นข้อมูลพุ่งเข้าจะทำการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

ทำการตรวจสอบหมุดส่งข้อมูลออกว่ามีตัวแปรระบุและมีเส้นข้อมูลพุ่งออกหรือไม่ ซึ่งเส้นข้อมูลพุ่งออกจะเป็นการบ่งบอกว่าหมุดส่งข้อมูลออกเชื่อมต่ออยู่กับโหนดอื่นของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลหรือไม่ หากไม่มีตัวแปรหรือเส้นข้อมูลพุ่งออกจะทำการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

3) ตรวจสอบโหนดตัดสินใจ

ทำการตรวจสอบโหนดตัดสินใจว่ามีเส้นพุ่งเข้าและเส้นพุ่งออกหรือไม่ โดยเส้นข้อมูลพุ่งเข้าโหนดตัดสินใจจะมีเพียงเส้นข้อมูลเดียวและเส้นข้อมูลพุ่งออกมีมากกว่าหนึ่งเส้น และทำการตรวจสอบว่ามีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลที่พุ่งออกจากโหนดตัดสินใจหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่ระบุบนเส้นข้อมูลที่พุ่งออกจากโหนดตัดสินใจนี้จะให้เป็นฟังก์ชันในการเลือกเส้นทางที่ข้อมูลจะไหลไป ซึ่งหากโหนดตัดสินใจไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าเพียงหนึ่งเส้น เส้นข้อมูลพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้น และข้อมูลระบุบนเส้นพุ่งออกทุกเส้นจะแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

4) ตรวจสอบโหนดผสาน

โหนดผสานเป็นโหนดที่รองรับข้อมูลที่ไหลมาจากโหนดตัดสินใจดังนั้นจึงทำการตรวจสอบโหนดผสานว่ามีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น และเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดผสานหนึ่งเส้นหากไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น หรือไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งออกหนึ่งเส้นจะแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

5) ตรวจสอบโหนดทางแยก

ทำการตรวจสอบโหนดทางแยกว่ามีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหนึ่งเส้น และเส้นข้อมูลพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้นหรือไม่ หากไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหนึ่งเส้นหรือไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้นจะแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

6) ตรวจสอบโหนดร่วม

ทำการตรวจสอบโหนดร่วมว่ามีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น และเส้นข้อมูลพุ่งออกหนึ่งเส้นหรือไม่ หากโหนดร่วมไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่าหนึ่งเส้น และเส้นข้อมูลพุ่งออกเพียงหนึ่งเส้นจะแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

7) ตรวจสอบโหนดเริ่มต้น

โหนดเริ่มต้นเป็นโหนดที่แสดงถึงการเริ่มการทำงาน ดังนั้นจะมีเพียงเส้นข้อมูลพุ่งออกไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้า จึงต้องทำการตรวจสอบว่าโหนดเริ่มต้นมีเส้นข้อมูลพุ่งออกหรือไม่ หากไม่มีจะทำการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

8) ตรวจสอบโหนดสุดท้าย

โหนดสุดท้ายจะเป็นโหนดที่แสดงถึงการสิ้นสุด ดังนั้นจะมีเพียงเส้นข้อมูลพุ่งเข้า โดยอาจมีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหนึ่งเส้นหรือมากกว่าหนึ่งเส้นก็ได้ แต่จะไม่มีเส้นข้อมูลพุ่งออกดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบว่ามีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหรือไม่หากไม่มีจะแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9) ตรวจสอบเส้นเชื่อม

เส้นเชื่อมเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างโหนดของส่วนประกอบแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล ดังนั้นจะทำการตรวจสอบว่าเส้นเชื่อมนั้นมีข้อมูลของโหนดเริ่มต้น และข้อมูลของโหนดถัดไป

3.2.3 การแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

การแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ การแปลงตัวแปรที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นตัวแปร คัลเลอร์เซต และอินสคริปชันในคัลเลอร์เพทริเน็ต และการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต

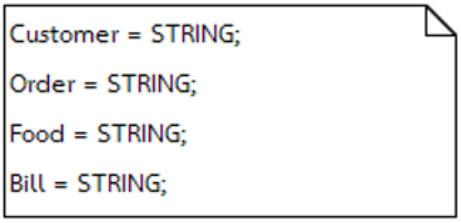
3.2.3.1 การแปลงตัวแปร

ตัวแปรที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรม มี 3 รูปแบบคือ ตัวแปรแบบพื้นฐาน ตัวแปรแบบผสม และตัวแปรแบบคงที่ และจะทำการแปลงตัวแปรแบบต่างๆที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เซต ตัวแปร และอินสคริปชันในคัลเลอร์เพทริเน็ตตามรายละเอียดในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การแปลงตัวแปร

ตัวแปร	แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล	คัลเลอร์เพทริเน็ต
ตัวแปรพื้นฐาน	ประกาศในบันทึก	คัลเลอร์เซตพื้นฐาน ตัวแปร
ตัวแปรผสม	ประกาศที่หมุดรับข้อมูลเข้า	คัลเลอร์เซตแบบผสม ตัวแปร
ตัวแปรคงที่	ประกาศที่หมุดส่งข้อมูลออก	อินสคริปชันระบุบนทรานซิชันแบบส่วนของโปรแกรม และอินสคริปชันระบุบนอาร์ค

1) ตัวแปรแบบพื้นฐาน คือ ตัวแปรแบบจำนวนเต็ม ตัวแปรแบบสายอักขระ และตัวแปรแบบบูลีน จะทำการประกาศตัวแปรแบบพื้นฐานในบันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล โดยประกาศชื่อและชนิดของตัวแปรว่าเป็น จำนวนเต็ม สายอักขระ หรือแบบบูลีน ดังแสดงในรูปที่ 3.9 จะทำการแปลงเป็นตัวแปร และคัลเลอร์เซตพื้นฐานในคัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดงในรูปที่ 3.10



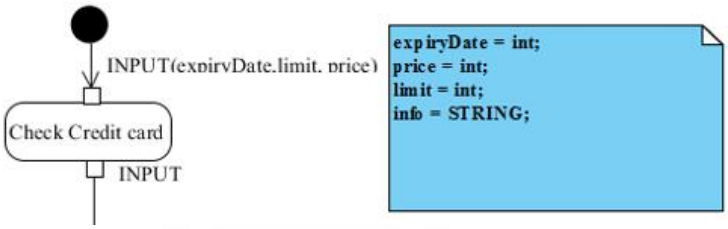
รูปที่ 3.9 การประกาศตัวแปรในบันทึกของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

```
colset ORDER = STRING;
colset CUSTOMER = STRING;
colset BILL = STRING;
colset FOOD
var order1
var customer1
var bill1
var food1
```

รูปที่ 3.10 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตพื้นฐานของคัลเลอร์เพทริเน็ต

2) ตัวแปรผสม คือตัวแปรที่มีตัวแปรพื้นฐานมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป โดยตัวแปรพื้นฐานไม่จำเป็นต้องเป็นชนิดเดียวกัน ตัวแปรผสมจะประกาศไว้ที่หมุดรับข้อมูลเข้า โดยงานวิจัยนี้รองรับตัวแปรแบบผสม 3 แบบ ด้วยกันคือ

- ถ้ามีการประกาศชื่อตัวแปรแล้วตามด้วยเครื่องหมายวงเล็บ “()” และข้างในวงเล็บประกอบด้วยตัวแปรแบบพื้นฐานที่หมุดรับข้อมูลเข้าดังแสดงในรูปที่ 3.11 จะทำการเป็นตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบระเบียนในคัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดง



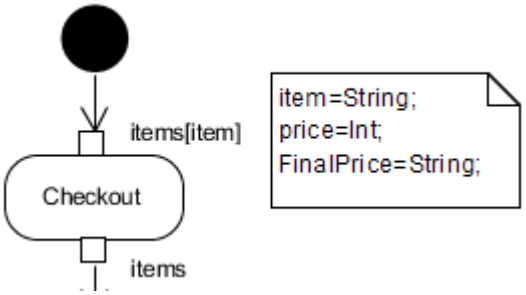
รูปที่ 3.11 การประกาศตัวแปรผสมแบบระเบียน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

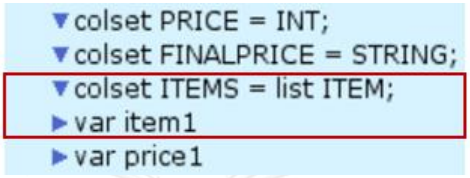
```
colset EXPIRYDATE = INT;
colset INPUT = record PRICE : INT * LIMIT : INT * EXPIRYDATE : INT;
colset PRICE = INT;
colset LIMIT = INT;
colset INFO = STRING;
var expirydate1 : EXPIRYDATE;
var input1 : INPUT;
```

รูปที่ 3.12 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบระเบียน

- ถ้ามีการประกาศชื่อตัวแปรตัวแปรแล้วตามด้วยเครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม “[]”และข้างในวงเล็บจะเป็นตัวแปรแบบพื้นฐานที่หมุดรับข้อมูลเข้าดังแสดงในรูปที่ 3.13 จะทำการแปลงไปเป็นตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบแบบรายกายในคัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดงรูปที่ 3.14

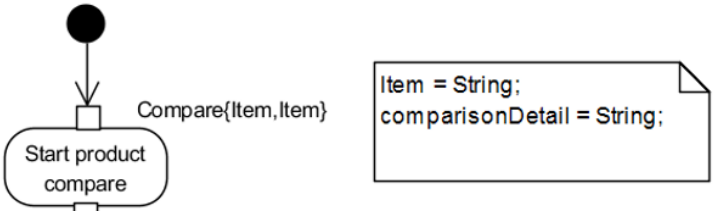


รูปที่ 3.13 การประกาศตัวแปรผสมแบบรายกาย

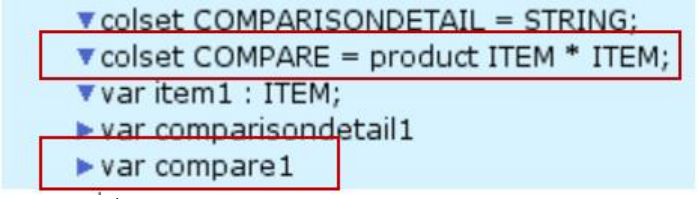


รูปที่ 3.14 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบรายการ

- ถ้ามีการประกาศชื่อตัวแปรตามด้วยเครื่องหมายวงเล็บปีกกา “{}” และข้างในวงเล็บเป็นชื่อตัวแปรแบบพื้นฐานที่หมุดรับข้อมูลเข้าดังแสดงในรูปที่ 3.15 จะทำการแปลงตัวแปรนี้ไปเป็นตัวแปรผสมแบบผลคูนในคัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดงในรูปที่ 3.16

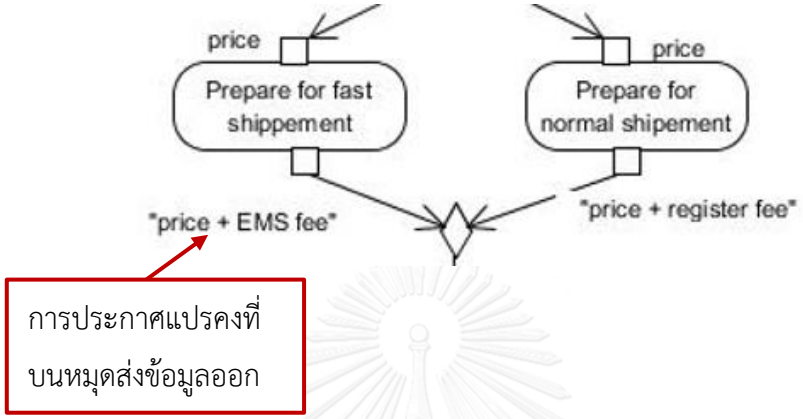


รูปที่ 3.15 การประกาศตัวแปรผสมแบบผลคูณ

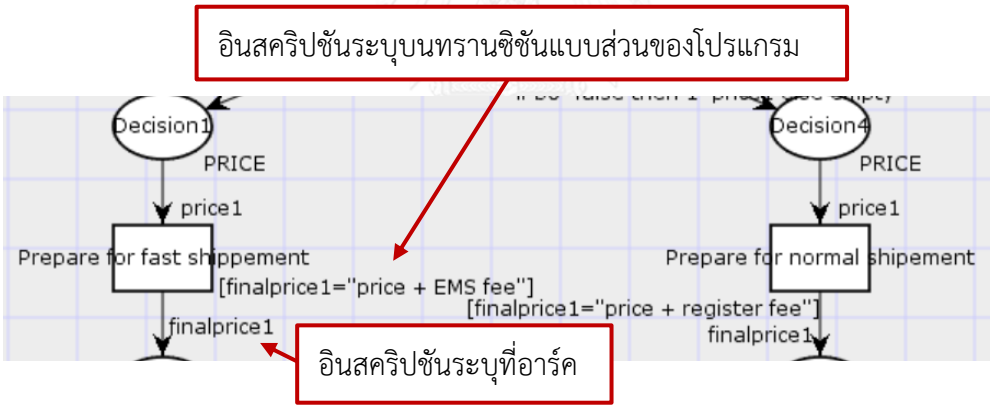


รูปที่ 3.16 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตผสมแบบผลคูณ

3) ตัวแปรคงที่ คือตัวแปรที่ประกาศภายในเครื่องหมายอัญประกาศ (“”) เป็นตัวแปรที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า ดังแสดงในรูปที่ 3.17 และจะทำการแปลงไปเป็นอินสคริปชันระบุบนทรานซิชันแบบส่วนโปรแกรมเพื่อกำหนดให้ตัวแปร finalprice1 ซึ่งเป็นตัวแปรในคัลเลอร์เซตมีค่าเท่ากับตัวแปรคงที่ “price + EMS fee” และอินสคริปชันระบุบนอาร์คดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 การประกาศตัวแปรคงที่



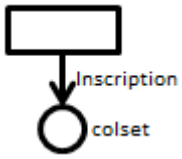
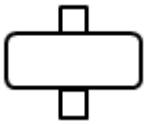
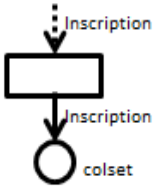
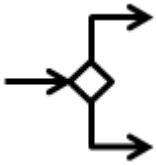
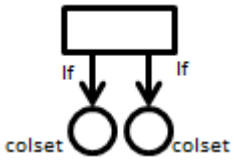
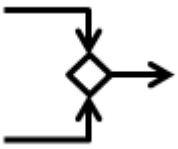
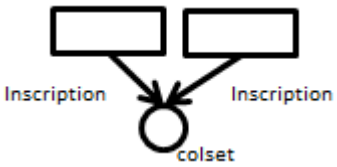
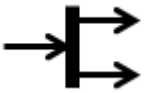
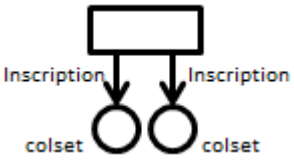
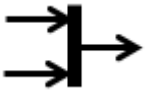
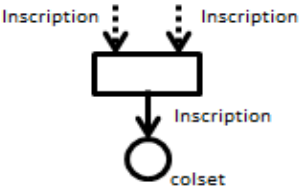
รูปที่ 3.18 อินสคริปชันระบุบนอาร์ค

3.2.3.2 การแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ในการแปลงส่วนของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชันนั้นจะใช้กฎที่สร้างขึ้นโดยมี 7 ข้อด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 ซึ่งการสร้างกฎนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคัลเลอร์เพทริเน็ต และทำการสร้างกฎจากหลักการสองอย่างคือ

- การกระทำที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจะทำในทรานซิชัน
- คัลเลอร์เพทริเน็ตไม่สามารถเชื่อมต่อเพลสกับเพลส หรือ ทรานซิชันกันทรานซิชันได้

ตารางที่ 3.5 กฎในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

No	Activity Diagrams	CPN Models
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

1) กฎการแปลงโหนดเริ่มต้น

โหนดเริ่มต้นในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล เป็นโหนดที่บอกถึงการเริ่มต้นแต่ยังไม่มีการกระทำใดๆ เกิดขึ้นที่โหนดเริ่มต้น ดังนั้นโหนดเริ่มต้นในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลจะถูกแปลงไปเป็นเพลสที่เชื่อมต่ออยู่กับอาร์คในคัลเลอร์เพทริเน็ต คัลเลอร์เซตจะแปลงจากค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนเข้ามาอินสคริปชันจากถูกแปลงมาจากข้อมูลที่ระบุบนหมุดรับข้อมูลเข้าตัวแรก

2) กฎการแปลงโหนดสุดท้าย

โหนดสุดท้ายเป็นโหนดที่บ่งบอกการสิ้นสุดและจะไม่มีการกระทำใดๆ เกิดขึ้นอีก ดังนั้นจึงควรจบด้วยเพลส และเพื่อเชื่อมต่อกับส่วนประกอบอื่นได้โดยไม่ผิดกฎที่ว่า เพลสไม่สามารถเชื่อมต่อกับเพลส ดังนั้นโหนดสุดท้ายในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลจึงแปลงเป็น ทรานซิชันเชื่อมต่อกับ อาร์คและเพลส

3) กฎการแปลงโหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก

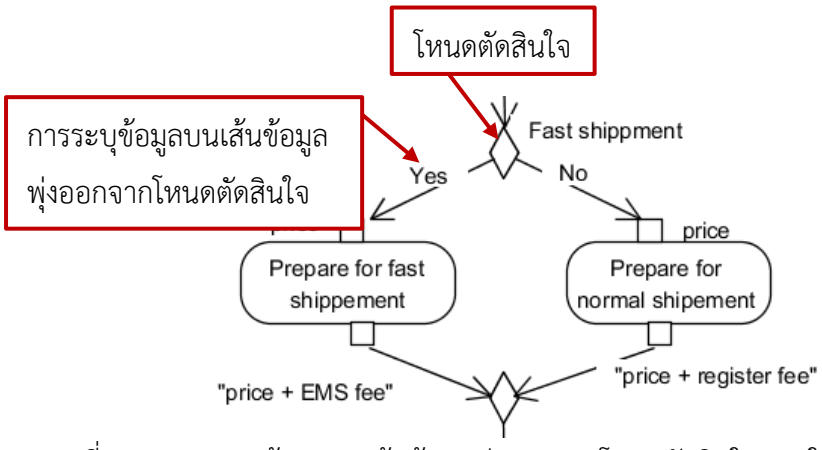
โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก เป็นโหนดกระทำซึ่งจะแปลงไปเป็นทรานซิชัน ดังนั้นในกฎข้อนี้จึงแปลงโหนดกระทำในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นทรานซิชันเชื่อมต่อกับเพลส โดยหมุดรับข้อมูลเข้าจะแปลงเป็นอินสคริปชันระบุบนอาร์คที่พุ่งเข้าทรานซิชัน และหมุดส่งข้อมูลออกจะถูกแปลงไปเป็นอินสคริปชันระบุบนอาร์คที่พุ่งออกจากทรานซิชัน

4) กฎการแปลงโหนดตัดสินใจ

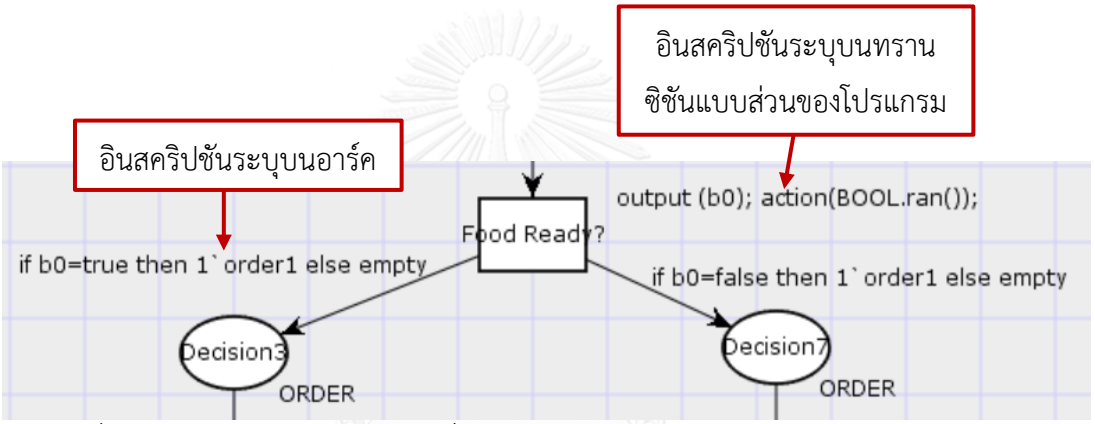
โหนดตัดสินใจเป็นโหนดที่มีการกระทำคือการตัดสินใจเลือกเส้นทาง โดยมีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าหนึ่งเส้นและเส้นข้อมูลพุ่งออกมากกว่าหนึ่งเส้นโดยข้อมูลจะไหลไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง โดยโหนดตัดสินใจจะต้องมีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจทุกเส้น โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกันคือ การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินในแบบใช่หรือไม่ใช่ โดยจะทำการแปลงข้อมูลเหล่านี้ไปเป็นอินสคริปชันระบุบนทรานซิชันแบบส่วนของโปรแกรม และการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบการเปรียบเทียบ โดยจะทำการแปลงข้อมูลเหล่านี้ไปเป็นอินสคริปชันระบุบนอาร์ค และมีรายละเอียดของการแปลงข้อมูลระบุบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจทั้งสองแบบดังนี้

- การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบใช่หรือไม่ใช่ (Yes /No)

หากมีการระบุใช่หรือไม่ใช่ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยจะทำการแปลงไปเป็นอินสคริปชันระบุบนทรานซิชันแบบส่วนของโปรแกรมฟังก์ชันการสุ่ม และอินสคริปชันระบุบนอาร์คในรูปแบบของฟังก์ชัน if then else เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชันการสุ่มดังแสดงในรูปที่ 3.20



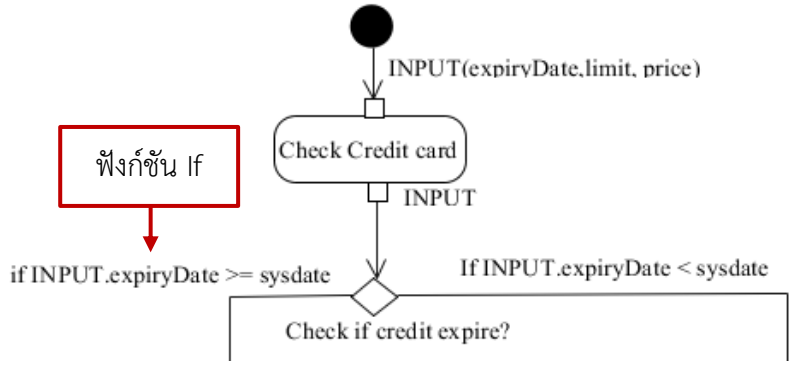
รูปที่ 3.19 การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบใช่หรือไม่ใช่



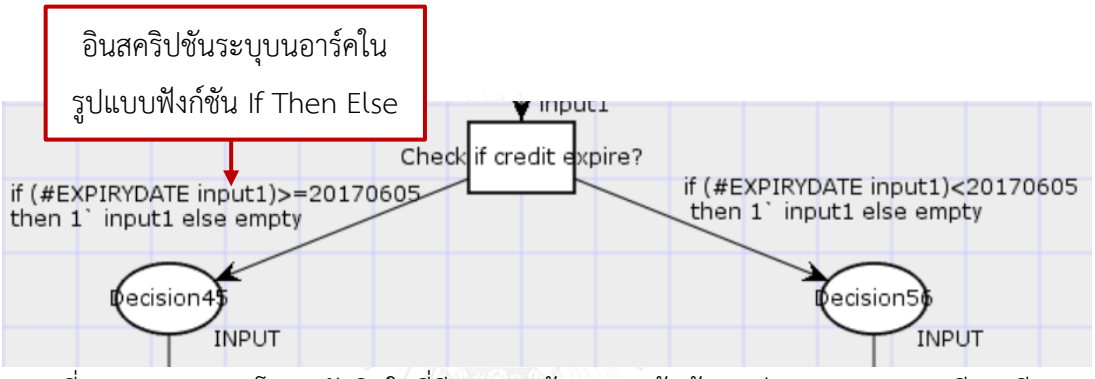
รูปที่ 3.20 การแปลงโหนดตัดสินใจที่มีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกแบบใช่หรือไม่ใช่

- การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบการเปรียบเทียบ

การระบุข้อมูลแบบการเปรียบเทียบโดยใช้ฟังก์ชัน If ดังแสดงในรูปที่ 3.21 โดยจะทำการแปลงไปเป็นอินสคริปชันระบุบนทรานซิชันแบบส่วนของโปรแกรมฟังก์ชันการสุ่ม และอินสคริปชันระบุบนอาร์คในรูปแบบของฟังก์ชัน If Then Else เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชันการสุ่มดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 การระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดตัดสินใจแบบการเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.22 การแปลงโหนดตัดสินใจที่มีการระบุข้อมูลบนเส้นข้อมูลพุ่งออกแบบการเปรียบเทียบ

5) กฎการแปลงโหนดผสาน

โหนดผสานเป็นโหนดที่ใช้ในการรับข้อมูลจากเส้นข้อมูลที่พุ่งออกมาจากโหนดตัดสินใจ หรือรับข้อมูลที่เป็นการวนลูป ซึ่งโหนดผสานจะมีเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามากกว่า 1 เส้น แต่จะมีเส้นข้อมูลพุ่งออกจากโหนดผสานเพียง 1 เส้นเท่านั้น เมื่อมีข้อมูลพุ่งเข้ามาจากเส้นข้อมูลพุ่งเข้าเส้นใดเส้นหนึ่งที่เชื่อมต่ออยู่กับโหนดผสานเข้ามาก็จะส่งข้อมูลไหลไปยังโหนดถัดไปทันที โดยที่ไม่รอให้ข้อมูลจากทุกเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามาถึงพร้อมกัน การผสานกันของข้อมูลจะต้องเกิดที่เพลส เนื่องจากโหนด ทรานซิชันจะรอให้ข้อมูลจากทุกเส้นข้อมูลที่เชื่อมต่อกับโหนดทรานซิชันไหลมาพร้อมกันทุกเส้นข้อมูลก่อนที่จะไหลไปยังโหนดถัดไป ดังนั้นโหนดผสานจึงถูกแปลงเป็นทรานซิชันเชื่อมต่อกับเพลส โดยจำนวนทรานซิชันเท่ากับจำนวนเส้นพุงเข้า ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเมื่อมีเส้นพุ่งเข้า 2 เส้น ก็จะแปลงเป็นทรานซิชัน 2 ทรานซิชันเชื่อมต่อกับ 1 เพลส ด้วยอาร์ค 2 อาร์ค

6) กฎการแปลงโหนดทางแยก

โหนดทางแยกเป็นโหนดที่มีเส้นข้อมูลพุ่งเข้า 1 เส้น และเส้นข้อมูลพุ่งออกมากกว่า 1 เส้น โดยข้อมูลจะแยกไหลและทำงานไปพร้อมๆ กัน ในที่นี้ขอยกตัวอย่างโหนดทางแยกที่มีเส้นพุ่งออก 2

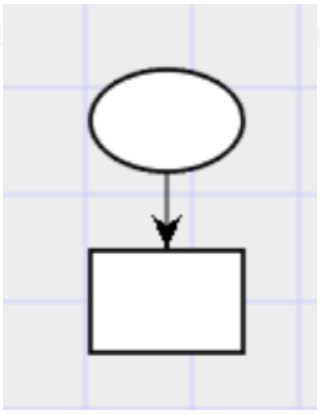
เส้นโดยแปลงเป็นทรานซิชัน 1 ทรานซิชันเชื่อมต่ออยู่กับเพลส 2 เพลส และมีอินสคริปชันระบุบนอาร์ค

7) กฎการแปลงโหนดเชื่อม

โหนดเชื่อมคือโหนดที่ใช้ในการเชื่อมข้อมูลที่ไหลออกจากโหนดทางแยกให้มารวมกัน และเนื่องจากข้อมูลที่ไหลจากโหนดทางแยกจะไหลไปทุกเส้นข้อมูลพุ่งออก ดังนั้นโหนดเชื่อมจะมีเส้นข้อมูลพุ่งเข้าเท่ากับจำนวนเส้นข้อมูลที่พุ่งออกจากโหนดทางแยก คือมีมากกว่า 1 เส้นนั่นเอง และจะรวมข้อมูลของทุกเส้นพุ่งเข้าด้วยกันเป็นเส้นข้อมูลพุ่งออกเพียง 1 เส้น โดยจะรอให้ข้อมูลไหลมาครบทุกเส้นข้อมูลก่อนที่จะปล่อยให้ข้อมูลไหลไปยังโหนดถัดไป ดังนั้นในการรวมข้อมูลจึงต้องเกิดที่ทรานซิชันเพื่อที่จะรอให้ข้อมูลจากเส้นข้อมูลพุ่งเข้ามาครบก่อนที่จะไหลไปยังโหนดถัดไป

3.3.4 การบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

เมื่อทำการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตแล้วจะทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น (File.cpn) ซึ่งแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นเป็นแฟ้มเอกสารที่มีโครงสร้างเดียวกันกับแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล และเมื่อบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลงเป็นแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นแล้วจะสามารถเรียกคัลเลอร์เซตในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็นมาแสดงในซีพีเอ็นทูล ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้เอกสารซีพีเอ็นของคัลเลอร์เพทริเน็ตอย่างง่ายดังแสดงในรูปที่ 3.23 มาเป็นแผ่นแบบ (Template) และมีโครงสร้างของแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นดังแสดงในรูปที่ 3.24 แล้วทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะเท่านั้น ซึ่งแบ่งออกเป็นเป็นการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นของคัลเลอร์เซต ตัวแปร เพลส ทรานซิชัน และอาร์ค



รูปที่ 3.23 แผ่นแบบ

```
<cpnet>
  <globbox>
    <block id="ID1412310166">
    <block id="ID1">
      <id>Standard declarations</id>
      <color id="ID85042">
      <color id="ID4">
      <color id="ID3">
      <color id="ID1412312409">
      <color id="ID1412312425">
      <color id="ID1412322990">
      <color id="ID5">
      <color id="ID1415950249">
      <color id="ID1415950314">
      <color id="ID1415951008">
      <var id="ID1415950590">
    </block>
  </globbox>
  <page id="ID6">
    <pageattr name="New Page"/>
    <place id="ID1412326100">
    <trans id="ID1412326120"
           explicit="false">
    <arc id="ID1412326137"
         orientation="PtoT"
         order="1">
    <constraints/>
  </page>
  <instances>
  <options>
  <binders>
  <monitorblock name="Monitors"/>
  <IndexNode expanded="true">
</cpnet>
```

รูปที่ 3.24 โครงสร้างของเอกสารซีพีเอ็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

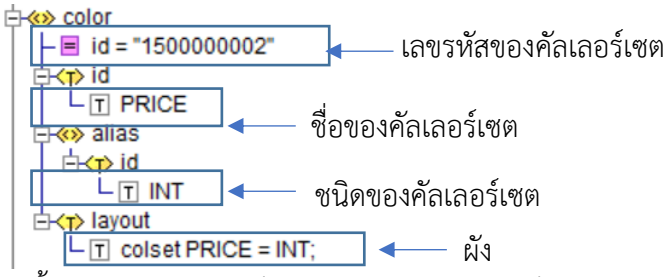
3.3.4.1 การบันทึกคัลเลอร์เซตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

คัลเลอร์เซตของคัลเลอร์เพทริเน็ตแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ คัลเลอร์เซตแบบพื้นฐาน และคัลเลอร์เซตแบบผสม ในการบันทึกคัลเลอร์เซตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นโดยใช้แผ่นแบบจะต้องมีการใส่ข้อมูลดังนี้

1) คัลเลอร์เซตแบบพื้นฐาน

- เลขรหัสของคัลเลอร์เซต
- ชื่อของคัลเลอร์เซต
- ชนิดของคัลเลอร์เซต เช่น ชนิดจำนวนเต็ม ชนิดสายอักขระ ชนิดบูลีน
- ผัง (Layout) ในการแสดงรายละเอียดของคัลเลอร์เซตบนคัลเลอร์เพทริเน็ต

ดังแสดงในรูปที่ 3.25

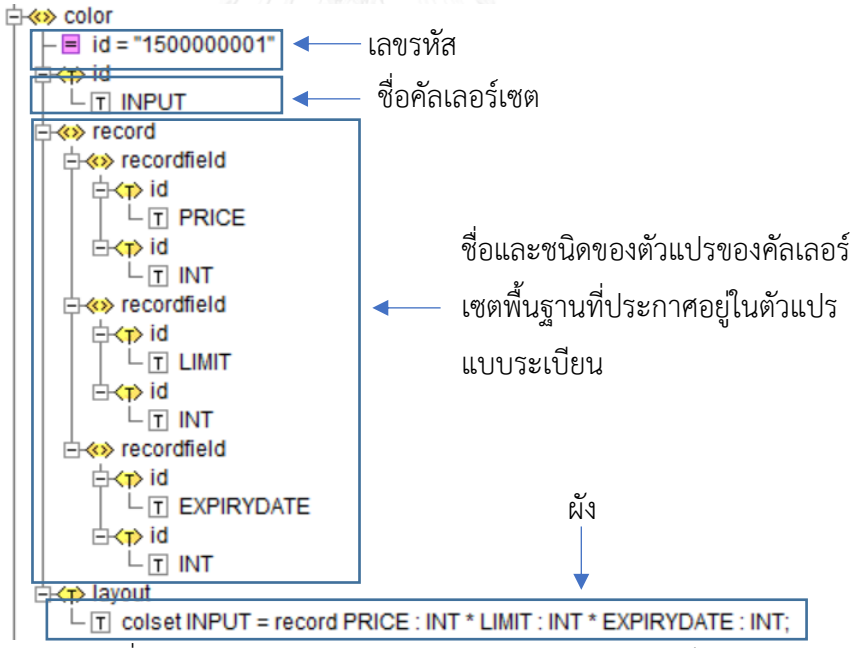


รูปที่ 3.25 คัลเลอร์เซตพื้นฐานแบบจำนวนเต็มในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น

2) คัลเลอร์เซตแบบผสม

- เลขรหัสของคัลเลอร์เซตแบบผสม
- ชื่อของคัลเลอร์เซตผสม
- ชื่อและชนิดของตัวแปรพื้นฐานทั้งหมดที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นคัลเลอร์เซตแบบผสม
- ผังในการแสดงรายละเอียดของคัลเลอร์เซตบนคัลเลอร์เพทริเน็ต

ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 คัลเลอร์เซตแบบผสมในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น

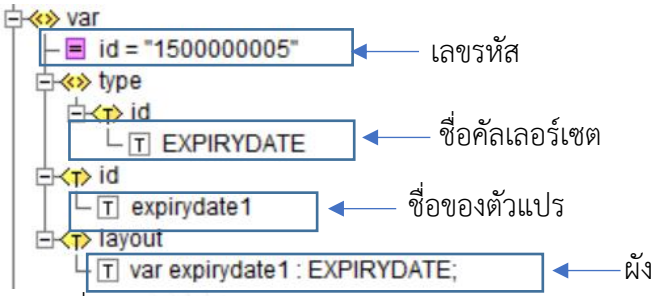
3.3.4.2 การบันทึกตัวแปรของคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

การบันทึกตัวแปรในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นโดยใช้แผ่นแบบมีการใส่ข้อมูลดังนี้

- เลขรหัสของตัวแปร

- ชื่อคัลเลอร์เซต
- ชื่อตัวแปร
- ผังในการแสดงตัวแปรในคัลเลอร์เพทริเน็ต

ดังแสดงในรูปที่ 3.27



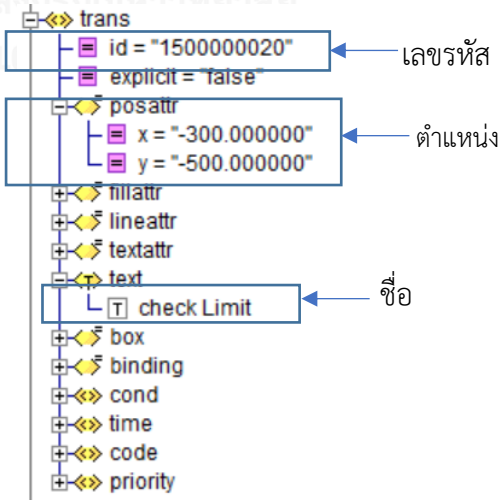
รูปที่ 3.27 ตัวแปรในเอกสารซีพีเอ็น

3.3.4.3 การบันทึกทรานซิชันของคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

การบันทึกทรานซิชันในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นโดยใช้แผ่นแบบมีการใส่ข้อมูลรายละเอียดดังนี้ ดังแสดงใน

รูปที่ 3.28

- เลขรหัสของทรานซิชัน
- ตำแหน่งของทรานซิชันที่จะแสดงในคัลเลอร์เพทริเน็ต
- ชื่อของทรานซิชัน



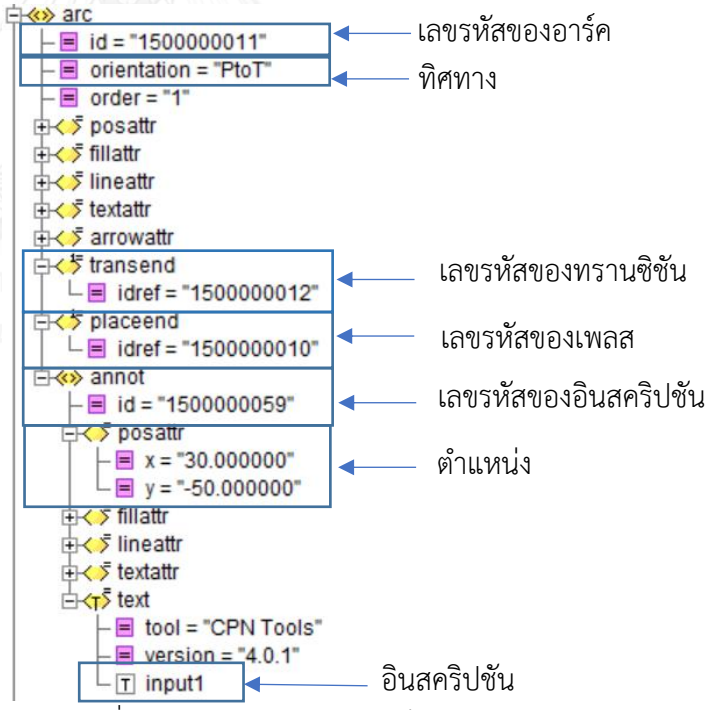
รูปที่ 3.28 ทรานซิชันในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น

3.3.4.4 การบันทึกอาร์คของคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

การบันทึกอาร์คในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นโดยใช้แผ่นแบบมีการระบุข้อมูลรายละเอียดดังนี้

- เลขรหัสของอาร์ค
- การกำหนดทิศทาง โดย PtoT คือ จากเพลสไปยังทรานซิชัน และ TtoP คือจาก ทรานซิชันไปยังเพลส
- เลขรหัสของทรานซิชันที่อาร์คนี้เชื่อมอยู่
- เลขรหัสของเพลสที่อาร์คนี้เชื่อมต่ออยู่
- เลขรหัสอินสคริปชันระบุบนอาร์ค
- ตำแหน่งของอินสคริปชันระบุบนอาร์ค
- อินสคริปชันระบุบนอาร์ค

ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 อาร์คที่อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น

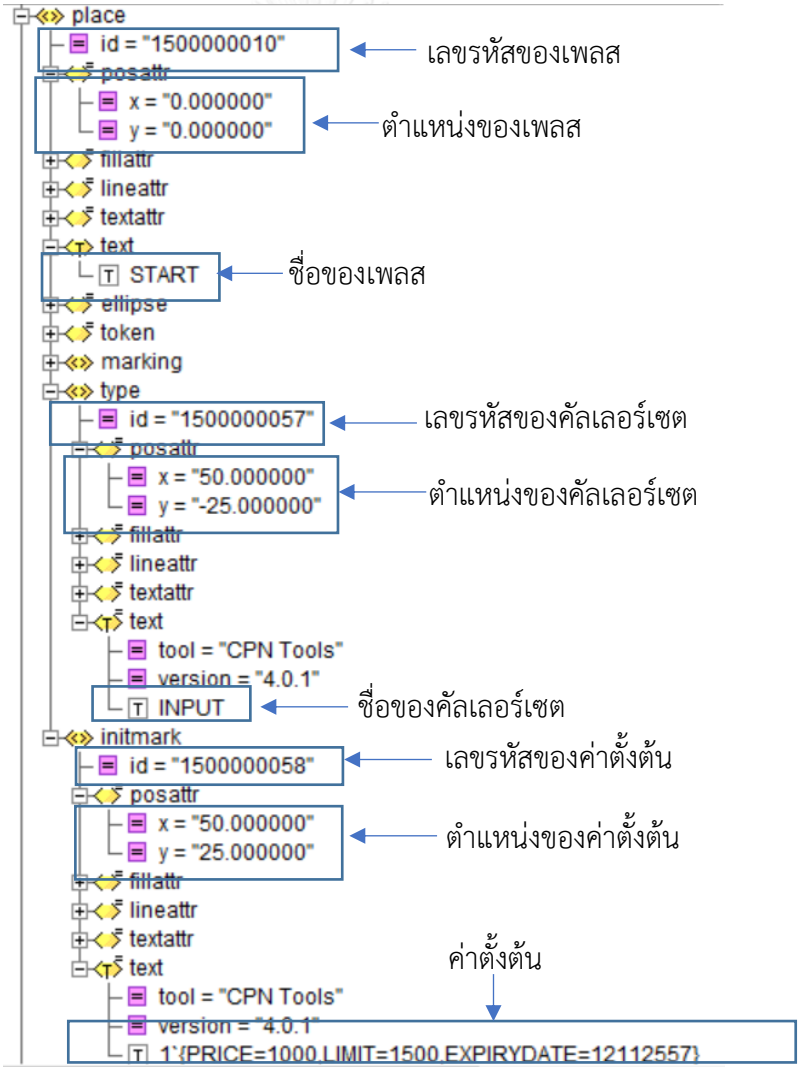
3.3.4.5 การบันทึกเพลสของคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

การบันทึกเพลสในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นโดยใช้แผ่นแบบมีการระบุรายละเอียดดังนี้

- เลขรหัสของเพลส

- ตำแหน่งของเพลสที่จะแสดงในคัลเลอร์เทริเน็ต
- ชื่อของเพลส
- เลขรหัสของคัลเลอร์เซต
- ตำแหน่งของคัลเลอร์เซต
- ชื่อคัลเลอร์เซตของเพลส
- เลขรหัสของค่าตั้งต้น
- ตำแหน่งของค่าตั้งต้น
- ค่าตั้งต้น

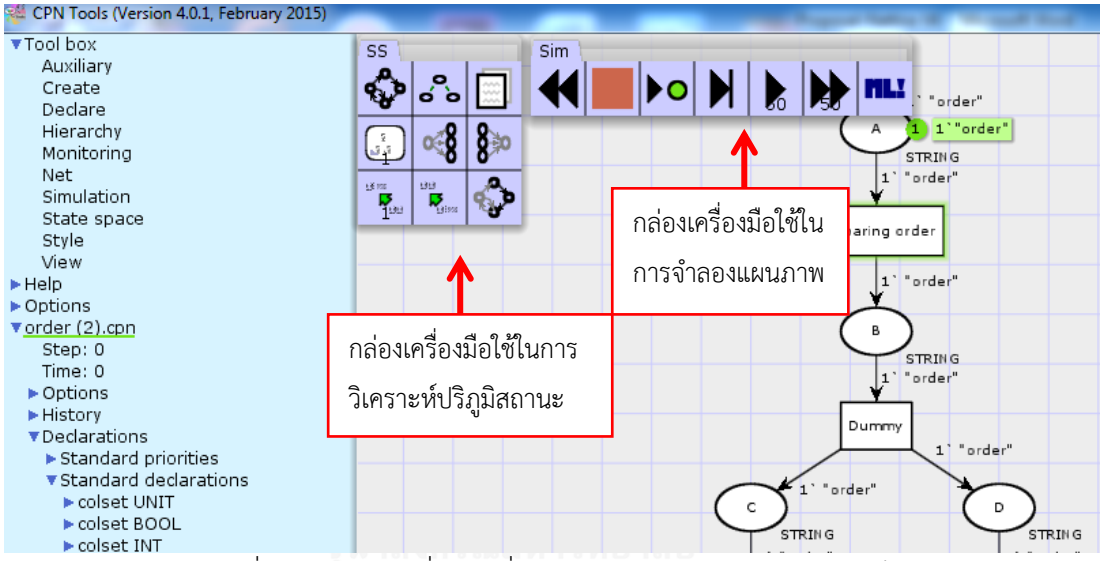
ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 เพลสในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น

3.3.5 การเรียกซีพีเอ็นทูล

เมื่อได้คัลเลอร์เพทริเน็ตที่ทำการแปลงจากแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลและทำการบันทึกให้อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็นเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานสามารถเรียกซีพีเอ็นทูลเพื่อเปิดแสดงคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลง ให้ผู้ใช้สามารถทวนสอบความถูกต้องของคัลเลอร์เพทริเน็ตว่าคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้ทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ด้วยการจำลองการทำงาน ทวนสอบการไหลของข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ รวมถึงการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ รูปที่ 3.31 คือซีพีเอ็นทูลโดยผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตโดยใช้เครื่องมือในกล่องเครื่องมือวิเคราะห์ปริภูมสถานะ และสามารถทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ตโดยการจำลองการไหลของข้อมูลโดยใช้กล่องเครื่องมือการจำลองคัลเลอร์เพทริเน็ต



รูปที่ 3.31 กล่องเครื่องมือที่ใช้ในการทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ต

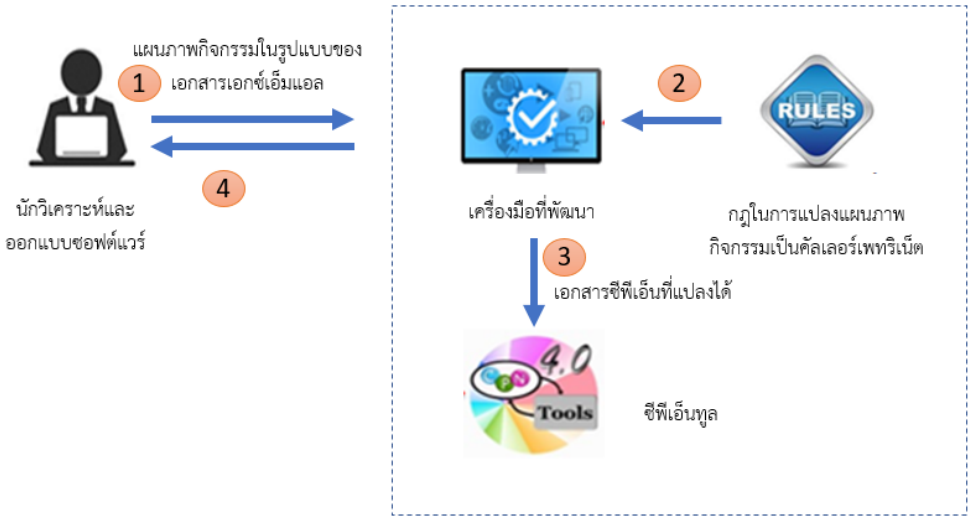
บทที่ 4
การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ

4.1 ภาพรวมการทำงานของเครื่องมือ

เนื่องจากเครื่องมืออัตโนมัติในการทวนสอบความถูกต้องของแผนภาพกิจกรรมโดยการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ครอบคลุมถึงข้อความอินสคริปชันมีไม่มาก ซึ่งหากคัลเลอร์เพทริเน็ตไม่มีอินสคริปชันก็จะเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ไม่สมบูรณ์ และความยากในการระบุค่าตัวแปรและการกำหนดค่าตั้งต้นของคัลเลอร์เพทริเน็ต หากผู้ใช้งานไม่มีความรู้หรือความชำนาญมากพอก็จะทำให้ไม่สามารถทวนสอบแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลด้วยซีพีเอ็นทูลได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ครอบคลุมไปถึงการแปลงข้อความอินสคริปชันซึ่งทำการแปลงจากข้อมูลรับเข้าและส่งออกจากแผนภาพกิจกรรมเพื่อทำให้คัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้มีความสมบูรณ์ ผู้ใช้งานสามารถทำการทวนสอบความถูกต้องของแผนภาพกิจกรรมโดยใช้ซีพีเอ็นทูลเพื่อจำลองการทำงานของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

เครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตนี้จะพัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษาจาวา (Java Programing Language) และอยู่ในรูปแบบของวินโดว์แอพพลิเคชัน โดยเครื่องมือจะทำการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยใช้กฎในการแปลงที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น รูปที่ 4.1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องมือ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้ใช้งานนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปแบบของเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
2. เครื่องมือใช้กฎในการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต
3. เครื่องมือที่พัฒนาจะทำการบันทึกแผนภาพที่แปลงได้อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็นและใช้ซีพีเอ็นทูลในการเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ต
4. ผู้ใช้งานสามารถทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้โดยใช้ซีพีเอ็นทูลในการจำลองการทำงาน



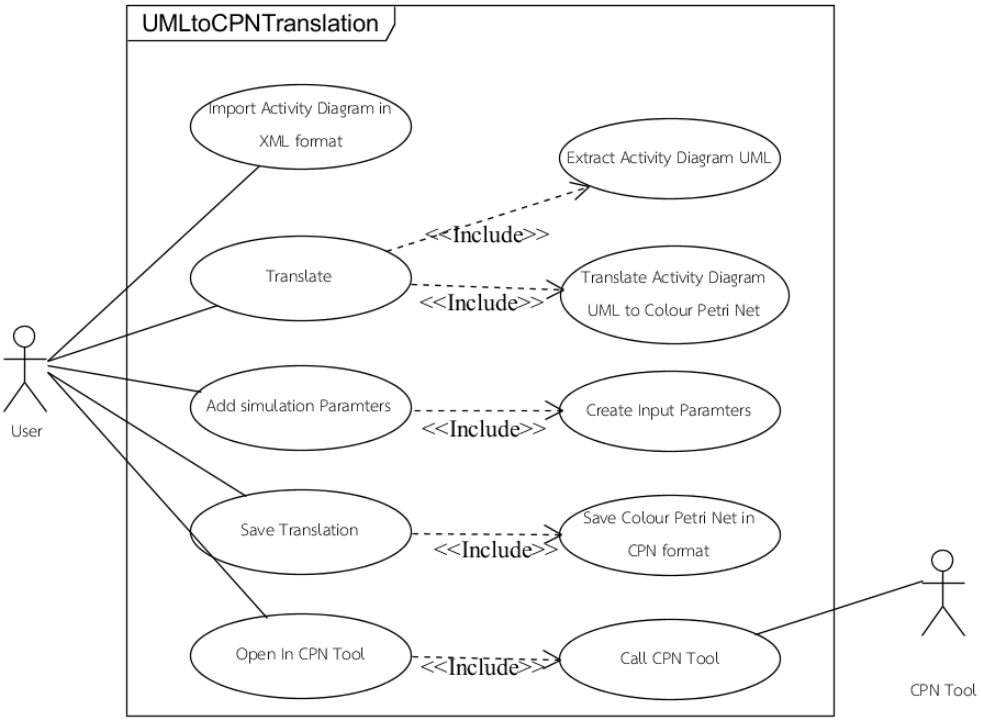
รูปที่ 4.1 แนวคิดการทำงานของเครื่องมือ

4.2 การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ

การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เน็ตกับอินสคริปชันผู้วิจัยขอยกเอาแผนภาพยูสเคส (Use case diagram) มาใช้ในการอธิบายเพื่อแสดงให้เห็นถึงขอบเขตการทำงานและฟังก์ชันในการทำงานของเครื่องมือ โดยจะนำเสนอในมุมมองของผู้ใช้งาน แผนภาพแพ็คเกจและแผนภาพคลาส (Package Diagram and Class Diagram) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการทำงานของเครื่องมือ

4.2.1 แผนภาพยูสเคส

แผนภาพยูสเคสของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยผู้ใช้งานทำการเลือกแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ต้องการจะแปลงจากนั้นจะทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน และผู้ใช้งานต้องใส่ข้อมูลพารามิเตอร์(Parameter) ซึ่งพารามิเตอร์นี้จะถูกแปลงไปเป็นค่าตั้งต้นของคัลเลอร์เพทริเน็ต และผู้ใช้งานสามารถเรียกซีพีเอ็นทูลขึ้นมาเพื่อทำการแสดงคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้และบันทึกอยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น



รูปที่ 4.2 แผนภาพยูสเคสแสดงขอบเขตและการทำงานของระบบ

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดยูสเคสการนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

ยูสเคส	Import Activity Diagram in XML Format
แอคเตอร์ (Actor)	User
เป้าหมาย (Goal)	นำเข้าข้อมูลแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	-
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	สร้างแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลและทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลโดยใช้โปรแกรมวิชวลพาราไดม์ รุ่น 12
ขั้นตอน (Step)	เลือกปุ่ม Search File เพื่อทำการเลือกแผนภาพกิจกรรมที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	เลือกปุ่ม Translate เพื่อนทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดยูสเคสในการแปลงแผนภาพ

ยูสเคส	Translate
แอคเตอร์ (Actor)	User, UMLtoCPNTranslator
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อผู้ใช้งานทำการเลือกปุ่มแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ต
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Extract Activity Diagram UML, Translate Activity Diagram UML to Color Petri Net
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	นำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล
ขั้นตอน (Step)	เลือกปุ่ม Translate
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	แปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดยูสเคสในการสกัดส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

ยูสเคส	Extract Activity Diagram UML
แอคเตอร์ (Actor)	UML to CPN Translator
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อทำการอ่าน สกัด เก็บข้อมูล และตรวจสอบแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Translate
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	เลือก Translate
ขั้นตอน (Step)	1. อ่านแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 2. ตรวจสอบไวยากรณ์เบื้องต้นของเอกซ์เอ็มแอล 3. ตรวจสอบว่าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลเป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลหรือไม่ 4. อ่านตัวแปรทุกตัว 5. อ่านทุกส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 6. ตรวจสอบแต่ละส่วนประกอบ
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	ส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเก็บในฐานข้อมูลภายใน

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดยูสเคสการแปลงแผนภาพแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน

ยูสเคส	Translate Activity Diagram UML to Color Petri Net
แอคเตอร์ (Actor)	UML to CPN Translator
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อทำการแปลงแต่ละส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นส่วนประกอบของแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ต
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Translate
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	เลือกปุ่ม Translate
ขั้นตอน (Step)	1. แปลงตัวแปลที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เซต และตัวแปรในคัลเลอร์เพทริเน็ต 2. แปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นส่วนประกอบของคัลเลอร์ เพทริเน็ตโดยใช้กฎ
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	เก็บส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ไว้ในฐานข้อมูลภายใน

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดยูสเคสในการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์

ยูสเคส	Add simulation parameters
แอคเตอร์ (Actor)	User
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลพารามิเตอร์
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Create Input Parameters
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	ส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้และเก็บไว้ในฐานข้อมูลภายใน
ขั้นตอน (Step)	ป้อนข้อมูลพารามิเตอร์แต่ละตัว
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	พารามิเตอร์ถูกเพิ่ม

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดยูสเคสสร้างพารามิเตอร์ข้อมูลนำเข้า

ยูสเคส	Create input parameter
แอคเตอร์ (Actor)	UMLto CPN Translator
เป้าหมาย (Goal)	แปลงข้อมูลพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้งานป้อนเข้ามาเป็นค่าตั้งต้นในคัลเลอร์เพทริเน็ต
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Add Simulation Parameters
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	ผู้ใช้งานต้องทำการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์
ขั้นตอน (Step)	เลือก Save Translation
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	ข้อมูลพารามิเตอร์ถูกแปลงไปเป็นค่าตั้งต้นและเก็บไว้ในฐานข้อมูลภายใน

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดยูสเคสบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ต

ยูสเคส	Save Translation
แอคเตอร์ (Actor)	User
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อผู้ใช้งานทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มข้อมูลซีพีเอ็น
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Save Colour Petri Net in CPN Format
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	ส่วนของคัลเลอร์เพทริเน็ตถูกแปลงและเก็บไว้ในฐานข้อมูลภายใน
ขั้นตอน (Step)	เลือกปุ่ม Save Translation
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	ผู้ใช้งานทำการเลือกที่อยู่ที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดยูสเคสการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

ยูสเคส	Save Colour Petri Net to CPN Format
แอคเตอร์ (Actor)	UML to CPN Translator
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มข้อมูลซีพีเอ็น
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Save Translation
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	ส่วนของคัลเลอร์เพทริเน็ตถูกแปลงและเก็บไว้ในฐานข้อมูลภายใน
ขั้นตอน (Step)	1. คำนวณและกำหนดตำแหน่งของแต่ละส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ต 2. บันทึกคัลบเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ให้อยู่ในรูปของแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตถูกบันทึกไว้ในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดยูสเคสเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตบนซีพีเอ็นทูล

ยูสเคส	Open in CPN Tool
แอคเตอร์ (Actor)	User
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อผู้ใช้งานเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงขึ้นมาแสดงบนซีพีเอ็นทูล
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Call CPN Tool
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	1. ทำการบันทึกแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น
ขั้นตอน (Step)	เลือกปุ่ม Open in CPN Tool
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตเปิดแสดงบนซีพีเอ็นทูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดยูสเคสเรียกซีพีเอ็นทูล

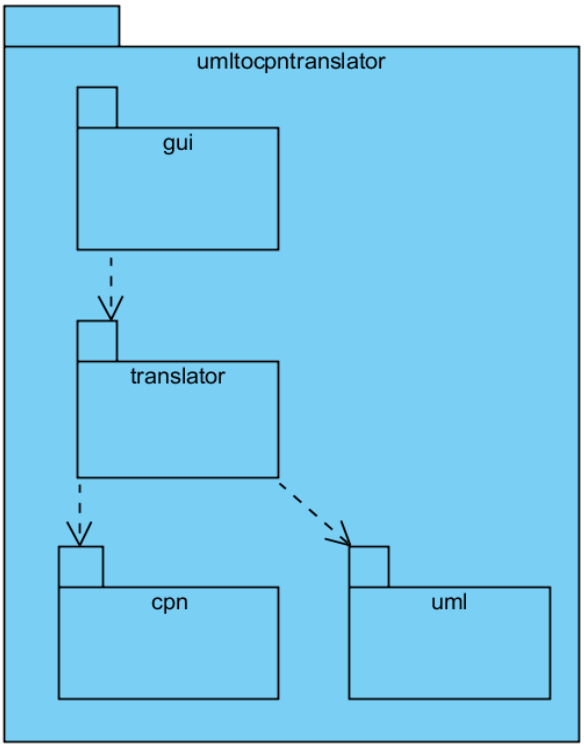
ยูสเคส	Call CPN Tool
แอคเตอร์ (Actor)	UML to CPN Translator
เป้าหมาย (Goal)	เพื่อเปิดแสดงคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้บนซีพีเอ็นทูล
ยูสเคสที่สัมพันธ์ (Related use case)	Open in CPN Tool
เงื่อนไขก่อนหน้า (Precondition)	1. ผู้ใช้งานทำการเลือกปุ่ม Open in CPN Tool 2. มีโปรแกรมซีพีเอ็นทูลติดตั้งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน 3. ได้ทำการตั้งค่าที่อยู่ของซีพีเอ็นทูล
ขั้นตอน (Step)	1. ทำการเรียกซีพีเอ็นทูล 2. ทำการเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ต
เงื่อนไขภายหลัง (Postcondition)	แสดงแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้บนซีพีเอ็นทูล และผู้ใช้งานสามารถทำการจำลองการทำงานหรือการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตได้

4.1.2 แผนภาพแพ็คเกจและแผนภาพคลาส (Package Diagram and Class Diagram)

แผนภาพแพ็คเกจและแผนภาพคลาสเพื่อจำลองให้เห็นถึงการออกแบบและการแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสต่างๆ ของระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นแพ็คเกจหลัก 4 แพ็คเกจด้วยกันคือ

- แพ็คเกจ GUI เป็นแพ็คเกจที่เก็บคลาสของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ทั้งหมดและเปรียบเสมือนแพ็คเกจในการเริ่มต้นการทำงานของระบบโดยแพ็คเกจ GUI จะทำการเรียกแพ็คเกจ Translator
- แพ็คเกจ Translator เป็นแพ็คเกจที่เก็บตรรกะ กฎ และข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตทั้งหมด และแพ็คเก็จ Translator จะทำการเรียกแพ็คเกจ UML และ แพ็คเกจ CPN
- แพ็คเกจ UML เป็นแพ็คเกจที่เก็บข้อมูลโครงสร้างทุกอย่างของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล
- แพ็คเกจ CPN ซึ่งเป็นแพ็คเกจที่เก็บข้อมูลโครงสร้างทุกอย่างของกับคัลเลอร์เพทริเน็ต

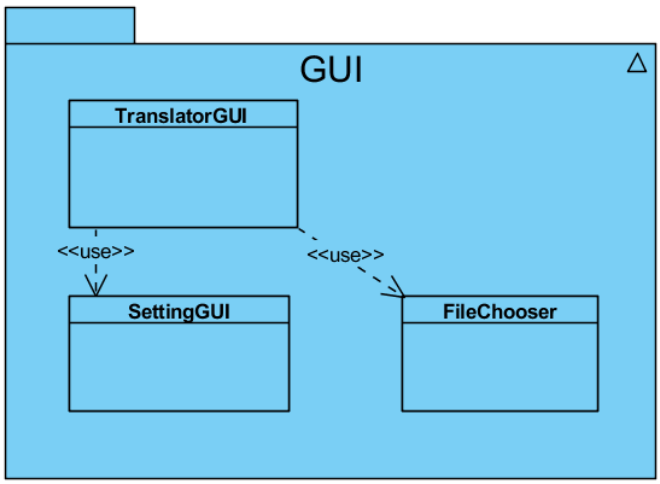
ในรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแพ็คเกจทั้ง 4



รูปที่ 4.3 แผนภาพแพ็คเกจของเครื่องมือที่พัฒนา

4.1.2.1 แพ็คเก็จ GUI

แพ็คเกจ GUI คือแพ็คเกจที่เก็บรวบรวมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ทั้งหมดของระบบทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็น 3 คลาส คือ คลาส TranslatorGUI คลาส FileChooer และคลาส SettingGUI ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรายละเอียดของแต่ละคลาสตามตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.4 แผนภาพคลาสในแพ็คเกจ GUI

ตารางที่ 4.11 กลุ่มของคลาสในแพ็คเกจ GUI

ชื่อคลาส	รายละเอียด
TranslatorGUI	เป็นคลาสหลักของส่วนต่อประสาน ซึ่งจะรวมส่วนต่อประสานของหน้าจอหลัก เป็นตัวเริ่มการทำงานของระบบ และเรียกคลาสย่อยขึ้นมาตามการใช้งาน
FileChooser	ทำหน้าที่ในการเรียกหน้าต่างในการหาที่อยู่และเลือกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ต้องการแปลง
SettingsGUI	ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลการตั้งค่าส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานทั้งหมด และรวมส่วนของซอฟ์ตแวร์ของการจัดตำแหน่งของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

4.1.2.2 แพ็คเกจ Translator

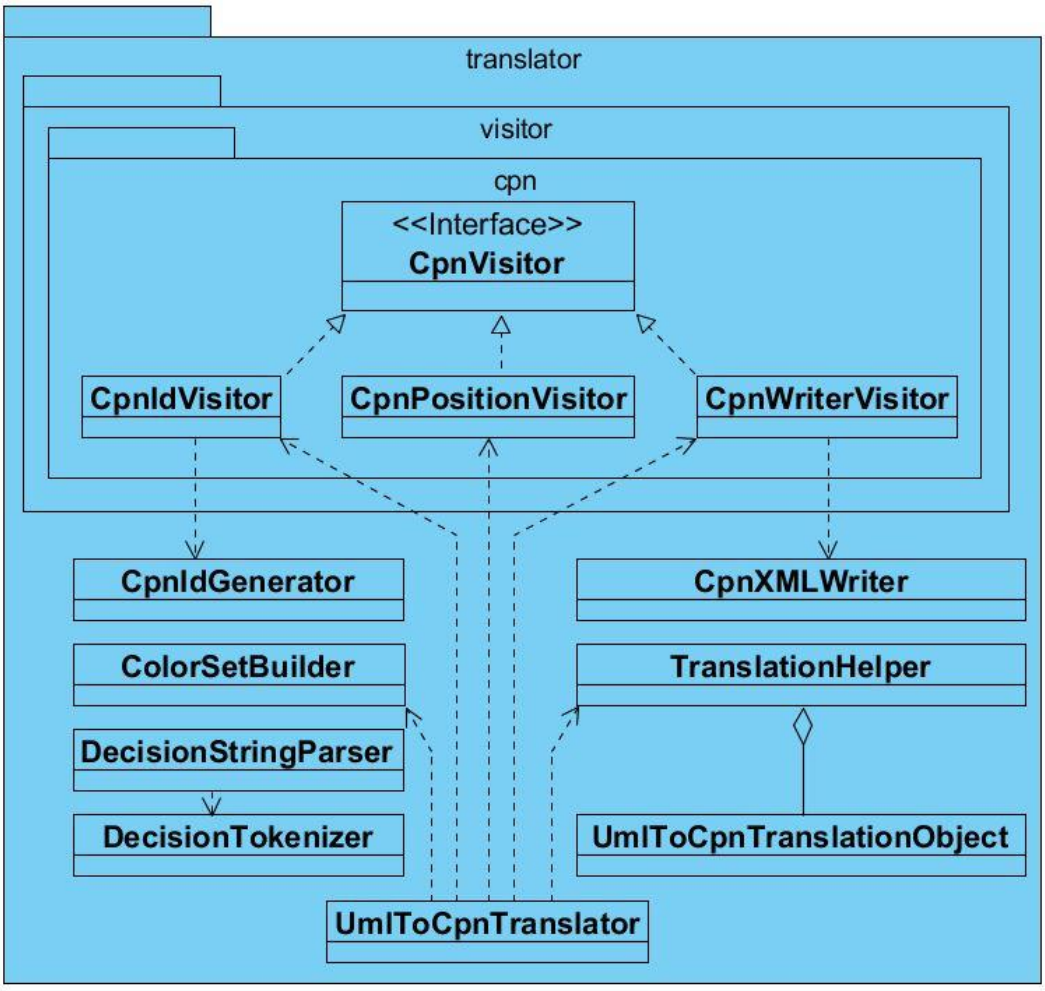
แพ็คเกจ Translator ทำหน้าที่ในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยมีแพ็คเกจ Visitor เป็นแพ็คเกจย่อย และมีรายละเอียดของคลาสที่อยู่ภายในแพ็คเกจ Translator ตามตารางที่ 4.12 และรายละเอียดของคลาสที่อยู่ภายในแพ็คเกจ CPN ซึ่งเป็นแพ็คเกจย่อยของแพ็คเกจย่อย Visitor ตามรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.12 คลาสในแพ็คเกจ Translator

ชื่อคลาส	รายละเอียด
ColorSetBuilder	ทำหน้าที่ในการสร้างคัลเลอร์เซตทั้งหมด
CpnIdGenerator	ทำหน้าที่ในการสร้างเลขรหัส (ID) ให้แต่ละส่วนประกอบ
DecisionStringParser	ทำหน้าที่ในการแปลงข้อความที่ระบุบนโหนดตัดสินใจ
DecisionTokenizer	ทำหน้าที่ในการตัดสายอักขระเป็นส่วนๆ
TranslationHelper	ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำภายใน
UmlToCpnTranslationObject	ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูลของส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล และข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ต
CpnXMLWriter	สร้างแฟ้มเอกสารซีพีเอ็นจากต้นแบบและข้อมูลของส่วนประกอบคัลเลอร์เพทริเน็ต
UmlToCpnTranslator	เป็นคลาสหลักในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต

ตารางที่ 4.13 คลาสในแพ็คเกจ Visitor

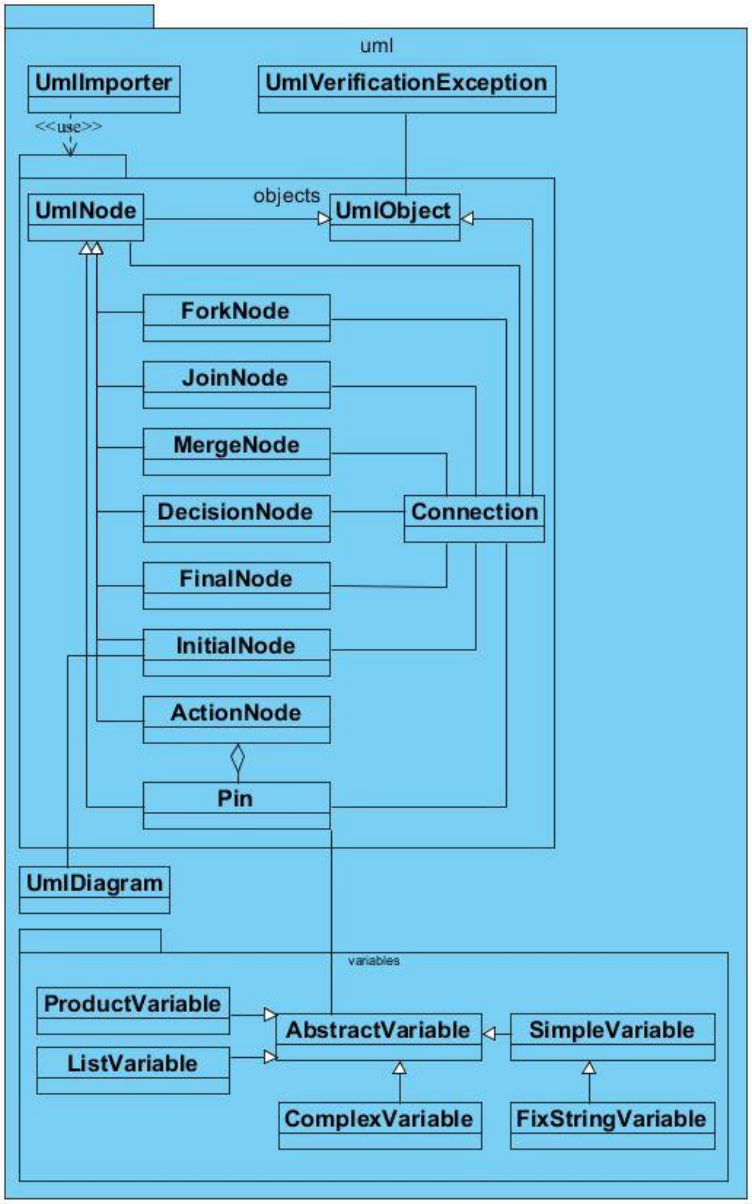
ชื่อคลาส	รายละเอียด
CPNVisitor	อินเตอร์เฟสสำหรับรูปแบบการเยี่ยม (Visitor Pattern)
CPNPositionVisitor	ทำหน้าที่ในการตั้งค่าตำแหน่งของแต่ละโหนด
CPNIdVisitor	ทำหน้าที่ในการตั้งเลขรหัสของแต่ละโหนด
CPNWriterVisitor	ทำหน้าที่ในการสร้างเอกสารซีพีเอ็นของแต่ละโหนด



รูปที่ 4.5 แผนภาพคลาสของแพ็คเกจ Translator

4.1.2.3 แพ็คเกจ UML

แพ็คเกจ UML เป็นแพ็คเกจที่เกี่ยวกับแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งแบ่งออกเป็น แพ็คเกจและคลาสย่อย 5 กลุ่ม คือ คลาส UMLImport คลาส UMLDiagram คลาส UMLVerificationError แพ็คเกจ Object และแพ็คเกจ Variable ซึ่งรายละเอียดของแต่ละแพ็คเกจและคลาสตามตารางที่ 4.14 ตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16



รูปที่ 4.6 แผนภาพคลาสของแพ็คเกจ UML

ตารางที่ 4.14 คลาสในแพ็คเกจ UML

ชื่อคลาส	รายละเอียด
แพ็คเกจ Object	ซึ่งจะรวมคลาสที่เกี่ยวกับส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล ตารางที่ 3.20 แสดงคลาสภายในแพ็คเกจ Object
แพ็คเกจ Variable	เป็นแพ็คเกจที่เก็บคลาสทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทั้งหมดของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล ตารางที่ 3.21 แสดงคลาสภายในแพคเกจ Variable
UMLImporter	ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจากแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลว่าเป็นส่วนประกอบใดของของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล จากนั้นจะทำการส่งไปยัง คลาส UMLDiagram
UMLDiagram	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของแผนภาพกิจกรรมทั้งหมดของแผนภาพกิจกรรมที่จะทำการอ่านได้จากคลาส UMLImport
UMLVerificationError	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดจากแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไม่สมบูรณ์ถูกต้องตามข้อกำหนดในการสร้างแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่ใช้สำหรับเครื่องมือนี้

ตารางที่ 4.15 คลาสในแพ็คเกจ Object

ชื่อคลาส	รายละเอียด
ForkNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของโหนดทางแยก และตรรกะในการที่จะแปลงโหนดทางแยกตามกฎที่กำหนดไว้
ActionNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของโหนดการกระทำ และตรรกะในการที่จะแปลงโหนดการกระทำตามกฎที่กำหนดไว้
Connection	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของเส้นเชื่อม และตรรกะในการแปลงเส้นเชื่อมตามกฎที่กำหนดไว้
DecisionNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของโหนดตัดสินใจ และตรรกะในการที่จะแปลงโหนดตัดสินใจตามกฎที่กำหนดไว้
FinalNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของโหนดสุดท้าย และตรรกะในการที่จะแปลงโหนดสุดท้ายตามกฎที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.15 คลาสในแพ็คเกจ Object(ต่อ)

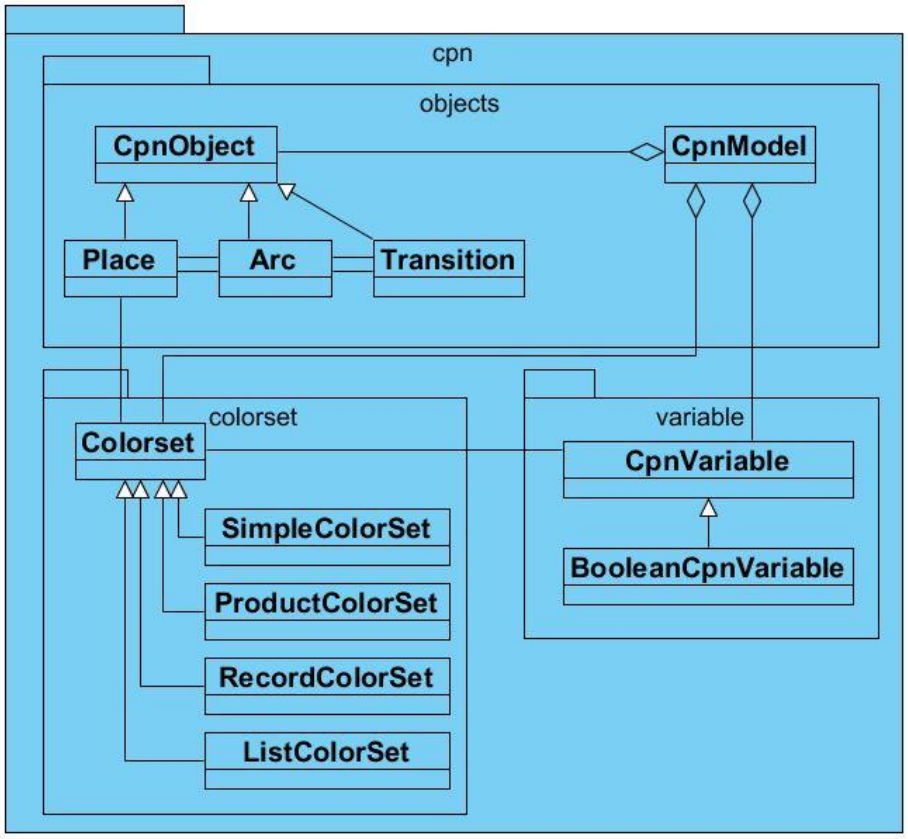
ชื่อคลาส	รายละเอียด
JoinNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของโหนดเชื่อมและตรรกะในการที่จะแปลงโหนดเชื่อมตามกฎที่กำหนดไว้
MergeNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของโหนดผสาน และตรรกะในการที่จะแปลงโหนดผสานตามกฎที่กำหนดไว้
Pin	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของหมุดรับข้อมูลเข้ากับหมุดส่งข้อมูลออก และตรรกะในการที่จะแปลงหมุดรับข้อมูลเข้ากับหมุดส่งข้อมูลออกตามกฎที่กำหนดไว้
UmlNode	ทำหน้าที่เป็นแอ็บสแทรคคลาส (Abstract Class) ซึ่งเป็นคลาสพื้นฐานของทุกยูเอ็มแอลโหนด
UmlObject	ทำหน้าที่เป็นแอ็บสแทรคคลาสสำหรับยูเอ็มแอลทั้งหมด
InitialNode	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของโหนดเริ่มต้น และตรรกะในการแปลงโหนดเริ่มต้นตามกฎที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.16 คลาสของแพ็คเกจ Variable

ชื่อคลาส	รายละเอียด
AbstractVariable	ทำหน้าที่เป็นคลาสพื้นฐานของคลาสตัวแปรทั้งหมดของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล
ComplexVariable	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของตัวแปรแบบผสม
FixStringVariable	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของตัวแปรที่ระบุบนหมุดรับข้อมูลเข้า และหมุดส่งข้อมูลออก
SimpleVariable	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของตัวแปรแบบพื้นฐาน
ProductVariable	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของตัวแปรแบบผลคูณ
ListVariable	ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของตัวแปรแบบรายการ

4.1.2.4 แพ็คเกจ CPN

แพ็คเกจ CPN เป็นแพ็คเกจที่ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลและฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดของคัลเลอร์เพทริเน็ต ซึ่งประกอบไปด้วยแพ็คเกจ Coloeset แพ็คเกจ Object และแพ็คเกจ Variable ดังแสดงใน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.7 แผนภาพแพ็คเกจย่อยและคลาสในแพ็คเกจ CPN

ตารางที่ 4.17 คลาสในแพ็คเกจ CPN

ชื่อคลาส	รายละเอียด
แพ็คเกจ Colorset	ทำหน้าที่ในการแปลงตัวแปรในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นตัวแปรของคัลเลอร์เพทริเน็ต ซึ่งมีคลาสย่อย แสดงในตารางที่ 3.23
แพ็คเกจ Object	แพ็คเกจที่เก็บคลาสของ Object ซีพีเอ็นทั้งหมด รายละเอียดของคลาสในแพ็คเกจนี้แสดงในตารางที่ 3.24
แพ็คเกจ Variable	แพ็คเกจที่เก็บคลาสของตัวแปรซีพีเอ็นทั้งหมด รายละเอียดของคลาสในแพ็คเกจนี้แสดงในตารางที่ 3.25

ตารางที่ 4.18 คลาสในแพ็คเกจ Colorset

ชื่อคลาส	รายละเอียด
Colorset	เป็นแอ็บสแทรคคลาสของคลาสสร้างคัลเลอร์เซตทั้งหมดในคัลเลอร์เพทริเน็ต
RecordColorSet	ทำหน้าที่ในการสร้างคัลเลอร์เซตที่เป็นตัวแปรแบบระเบียน
SimpleColorSet	ทำหน้าที่ในการสร้างคัลเลอร์เซตพื้นฐาน
ListColorSet	ทำหน้าที่ในการสร้างคัลเลอร์เซตที่เป็นตัวแปรแบบรายการ
ProductColorSet	ทำหน้าที่ในการสร้างคัลเลอร์เซตที่เป็นตัวแปรแบบผลคูณ

ตารางที่ 4.19 คลาสในแพ็คเกจ Object

ชื่อคลาส	รายละเอียด
CPNModel	เก็บข้อมูลทั้งหมดของคัลเลอร์เพทริเน็ต
CPNObject	ทำหน้าที่เป็นแอ็บสแทรคคลาสของโหนดในคัลเลอร์เพทริเน็ต
Arc	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของอาร์ค
Place	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของเพลส
Transition	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของทรานซิชัน

ตารางที่ 4.20 คลาสในแพ็คเกจ Variable

ชื่อคลาส	รายละเอียด
CPNVariable	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในการสร้างตัวแปรของคัลเลอร์เพทริเน็ต
BooleanCPNVariable	ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของตัวแปรบูลีนสำหรับการทำฟังก์ชันสุ่ม

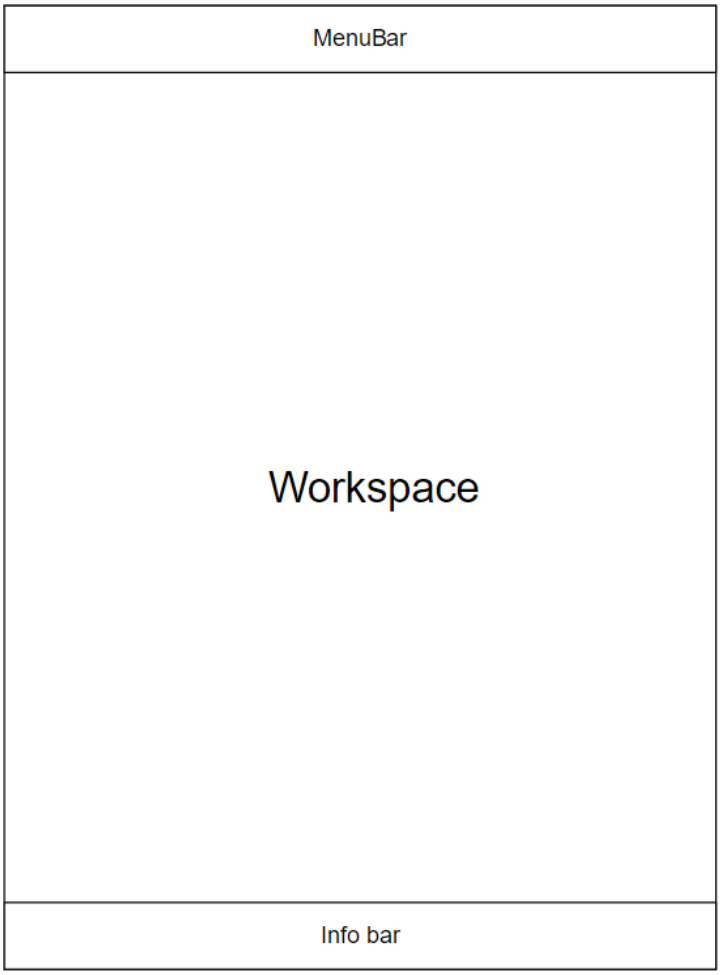
4.1.3 การจัดวางองค์ประกอบ (Layout Design)

การจัดวางองค์ประกอบของฟอร์ม (Form) ประกอบด้วย 3 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนของ แถบเมนู (Menu Bar) ส่วนของพื้นที่ใช้งาน (Workspace) และส่วนของแถบข้อมูล (InfoBar) ดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

1) ส่วนของแถบเมนู แสดงเมนูในการใช้งานเครื่องมือและการตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องมือ

2) ส่วนของพื้นที่ใช้งาน เป็นส่วนใช้งานหลัก

3) ส่วนของแถบข้อมูล เป็นส่วนที่มีการแสดงให้รู้ถึง ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือ รวมถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.8 การจัดวางองค์ประกอบของเครื่องมือ

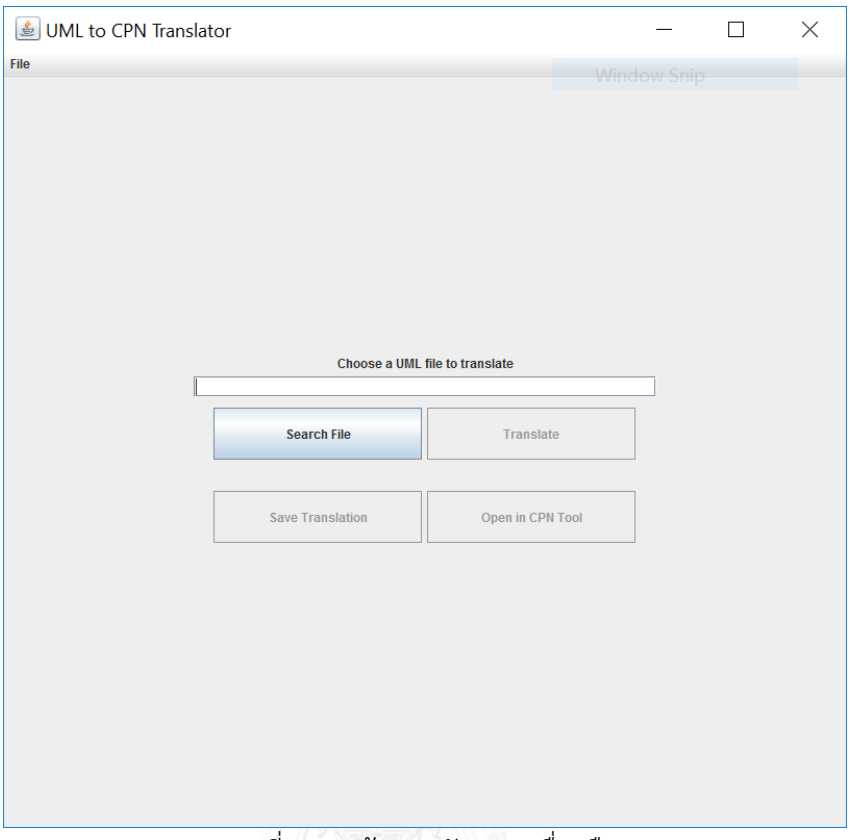
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.4 การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้เพื่อรองรับการนำข้อมูลเข้าหรือคำสั่งเข้าไปสู่ระบบ โดยมีรายละเอียดหน้าจอหลัก หน้าจอการตั้งค่าเครื่องมือ หน้าจอการหาที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ หน้าจอการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

1) หน้าจอหลัก

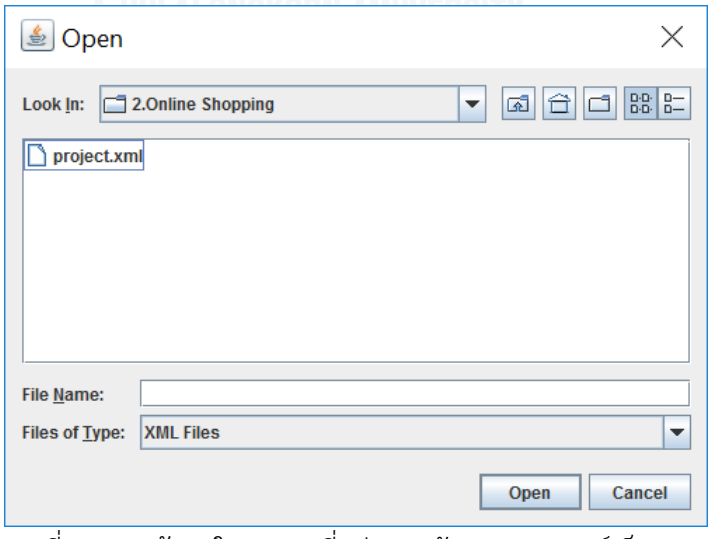
หน้าจอหลักเป็นหน้าจอที่ใช้ในการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องมือ และเป็นหน้าจอที่ใช้ในการเรียกหน้าจอต่างๆ ขึ้นมาใช้งานตามฟังก์ชันของเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 หน้าจอหลักของเครื่องมือ

2) หน้าจอการในการหาที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

หน้าจอในการหาที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าของเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



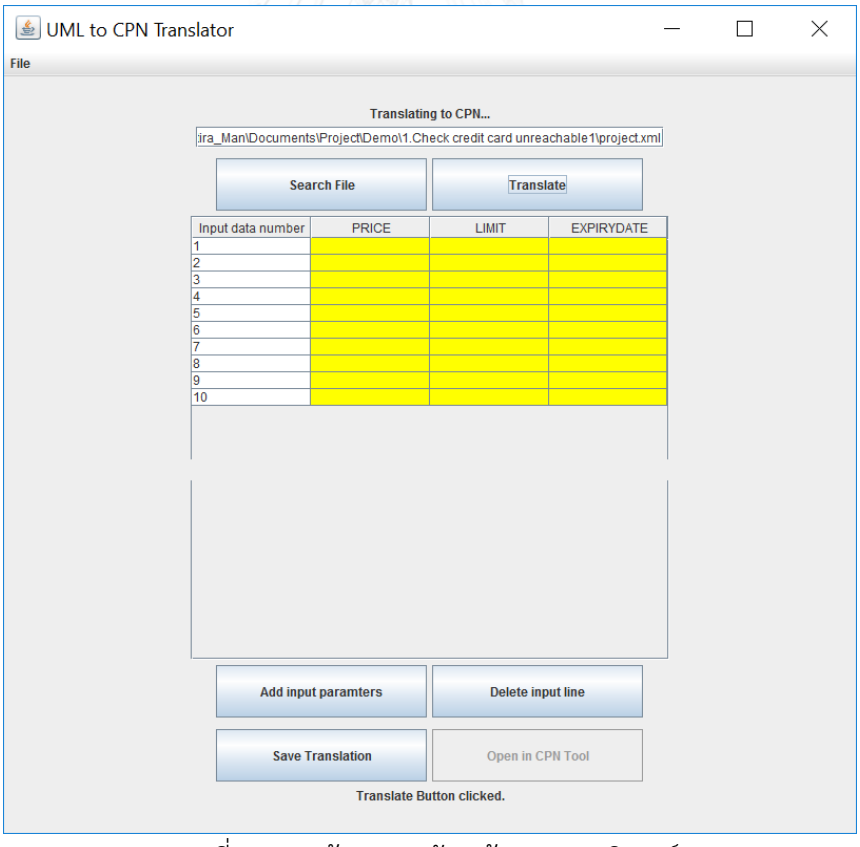
รูปที่ 4.10 หน้าจอในการหาที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

3) หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์

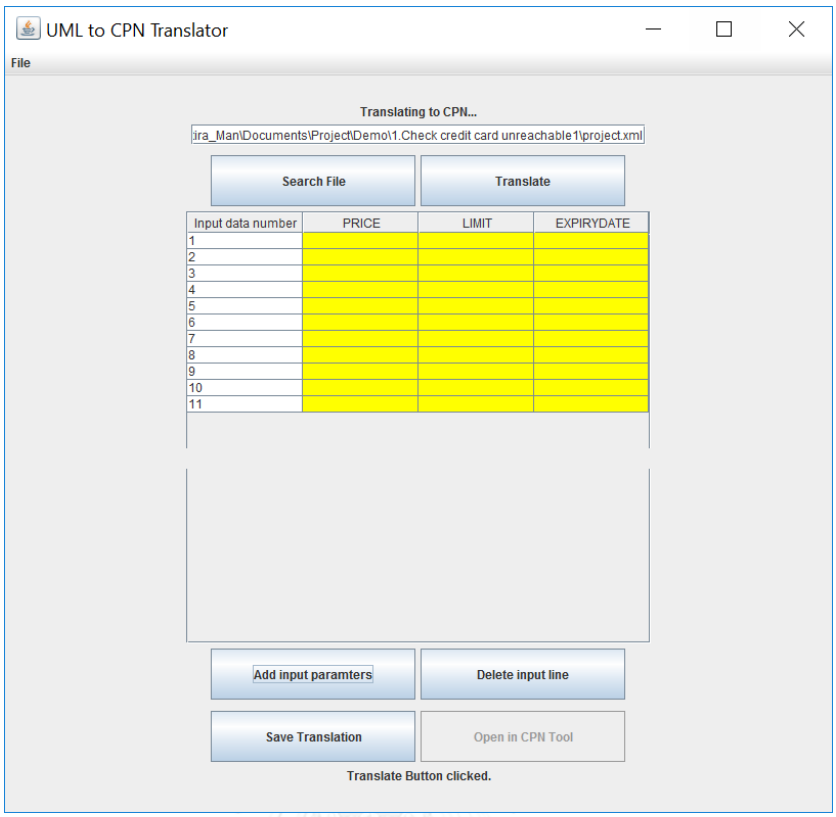
หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์เป็นหน้าจอที่ผู้ใช้งานใช้ในการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ ซึ่งข้อมูลพารามิเตอร์นี้จะทำการแปลงไปเป็นกำหนดค่าตั้งต้นโดยมีการตั้งค่าปริยายจำนวนพารามิเตอร์ไว้ 10 พารามิเตอร์ ดังแสดงใน

รูปที่ 4.11 หากผู้ใช้ต้องการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์มากกว่า 10 พารามิเตอร์ สามารถเพิ่มจำนวนแถวในการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ได้โดยการเลือกปุ่ม Add Input Parameter โดยแถวการป้อนพารามิเตอร์จะเพิ่มขึ้นทีละ 1 แถวต่อการเลือกปุ่มพารามิเตอร์ 1 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และผู้ใช้งานสามารถลบแถวข้อมูลพารามิเตอร์ได้โดยการเลือกแถวที่ต้องการจะลบและเลือกปุ่ม Delete Input Line ดังแสดงในรูปที่ 4.13

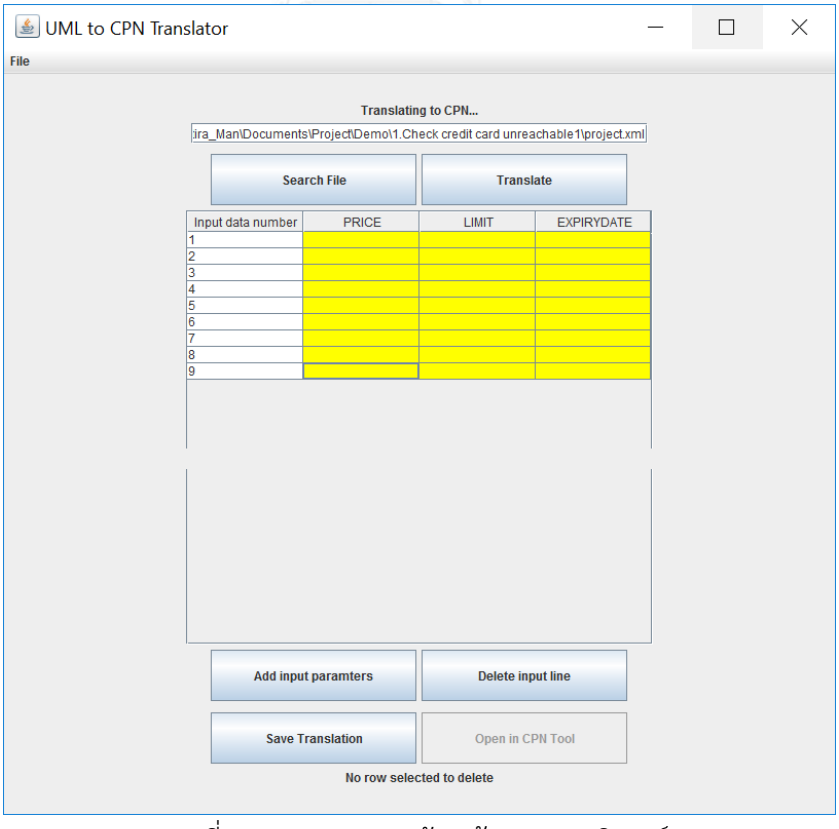
หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์สามารถแสดงการไม่เข้ากัน (Mismatch) ของข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 พารามิเตอร์ Price ถูกกำหนดเป็นแบบจำนวนเต็ม เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลพารามิเตอร์แบบสายอักขระ เครื่องมือจะแสดงการไม่เข้ากันของข้อมูลโดยสีของเซลล์ (Cell) จะเป็นสีแดง และข้อมูลพารามิเตอร์ที่เข้ากันกับชนิดของพารามิเตอร์จะเป็นสีเขียว



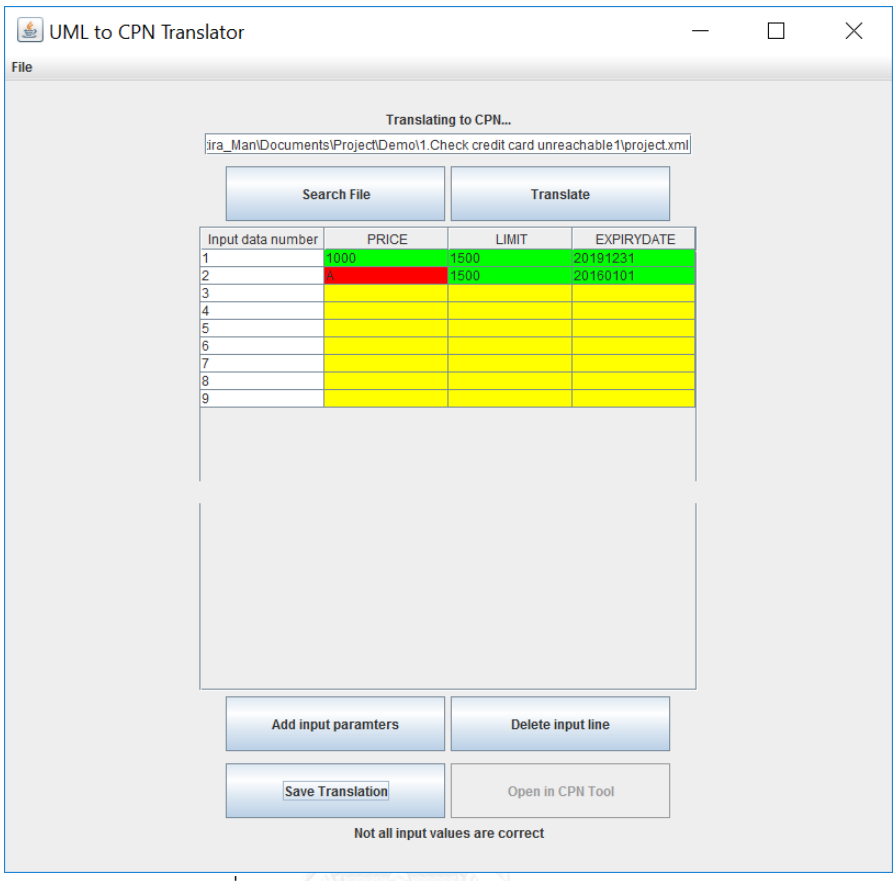
รูปที่ 4.11 หน้าจอการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์



รูปที่ 4.12 การเพิ่มจำนวนแถวในการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์



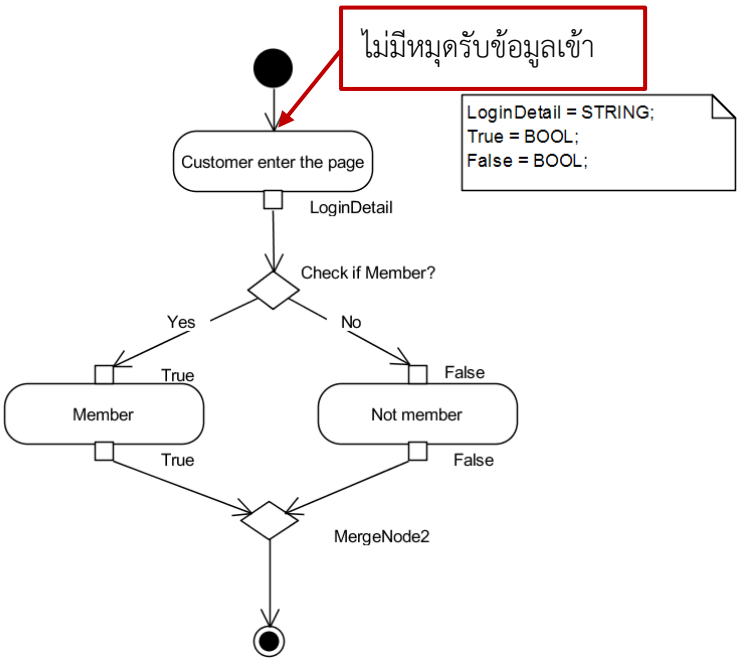
รูปที่ 4.13 การลบแถวป้อนข้อมูลพารามิเตอร์



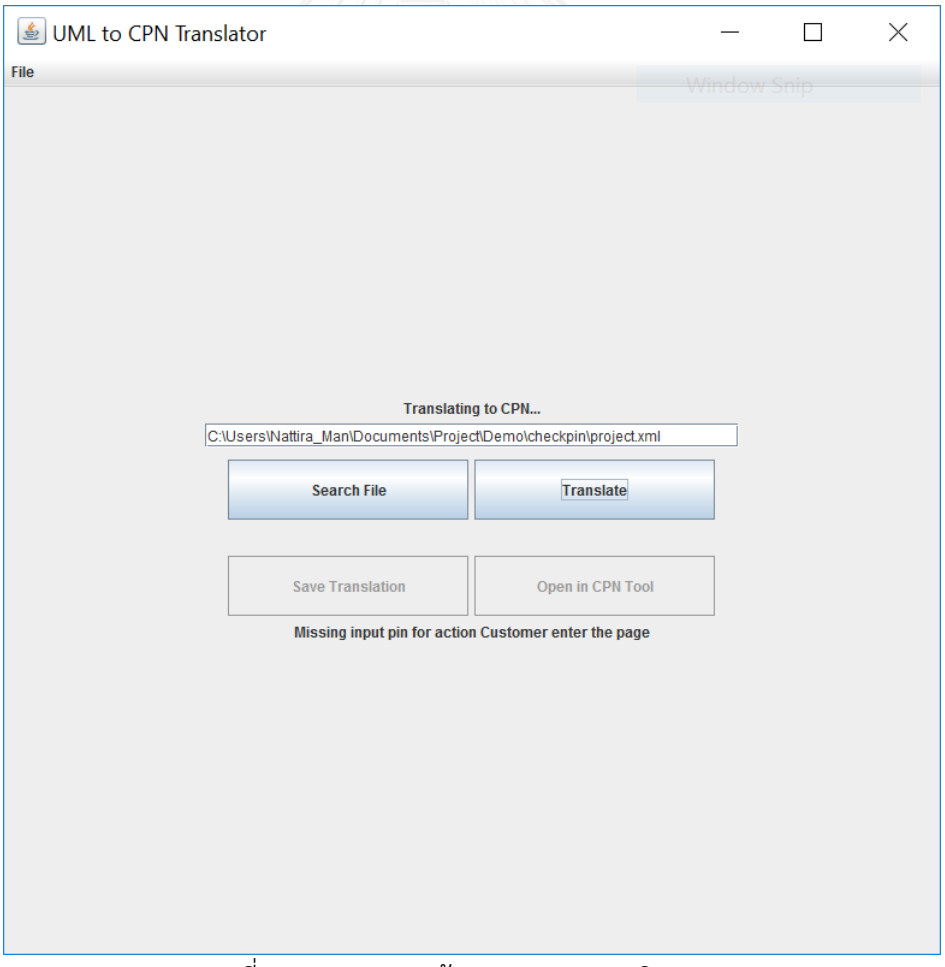
รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงการไม่เข้ากันของข้อมูล

4) หน้าจอในการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

เมื่อผู้ใช้งานนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่มีการระบุข้อมูลไม่ครบถ้วน เครื่องมือจะทำการแสดงข้อความระบุความผิดพลาด ออกมาให้ผู้ใช้งานทราบ ตัวอย่างในรูปที่ 4.15 เป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่ไม่มีการระบุหมุดรับข้อมูลเข้าที่โหนดการกระทำ Customer enter the page เมื่อผู้ใช้นำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลนี้ เครื่องมือจะสามารถทำการตรวจสอบและแสดงข้อความระบุข้อความผิดพลาดให้ผู้ใช้งานทราบว่า ไม่มีหมุดรับข้อมูลเข้าของโหนดการกระทำ Customer enter the page ดังแสดงในรูปที่ 4.16



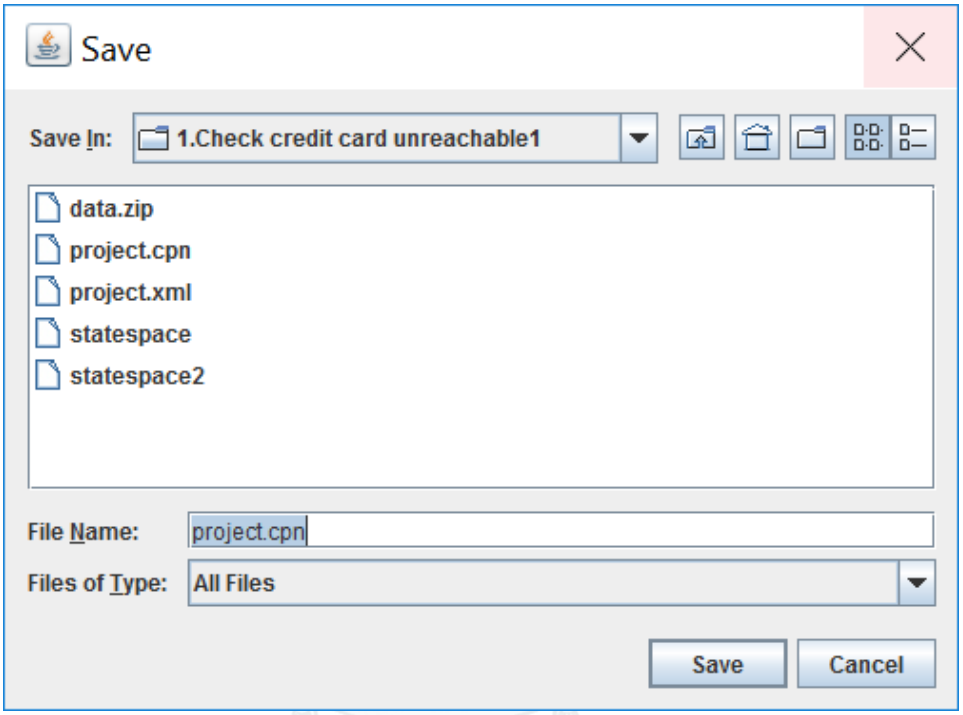
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่ไม่มีหมุดรับข้อมูลเข้า



รูปที่ 4.16 การแสดงข้อความระบุความผิดพลาด

5) หน้าจอการระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

ผู้ใช้งานสามารถทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่เครื่องมือแปลงในรูปแบบแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น โดยทำการเลือกปุ่ม Save Translation ในหน้าจอหลัก และจะไปเรียกหน้าจอระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 หน้าจอการระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตโดยมีสภาพแวดล้อมทางด้านฮาร์ดแวร์ และทางด้านซอฟต์แวร์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1) เครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก หน่วยประมวลผลอินเทลคอร์ไอเซเวน 2.70 กิกะเฮิร์ทซ์ (Intel Core i7 2.70 GHz)

2) หน่วยความจำสำรอง (RAM) 8.0 กิกะไบต์ (8.0 GB)

3) ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 250 กิกะไบต์ (250 GB)

4.3.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1) ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ไมโครซอฟต์วินโดว์เซเวน โพรโพรเฟซชันแนล เซอร์วิสแพค 1 (Microsoft Windows 7 Professional Service Pack 1)

2) เครื่องมือที่ใช้พัฒนา ประกอบด้วย

- Eclipse 4.5.2
- Visual paradigm

3) ภาษาที่ใช้พัฒนา

- จาวา (Java)
- เอกซ์เอ็มแอล (XML)

4.4 ข้อกำหนดการใช้เครื่องมือ

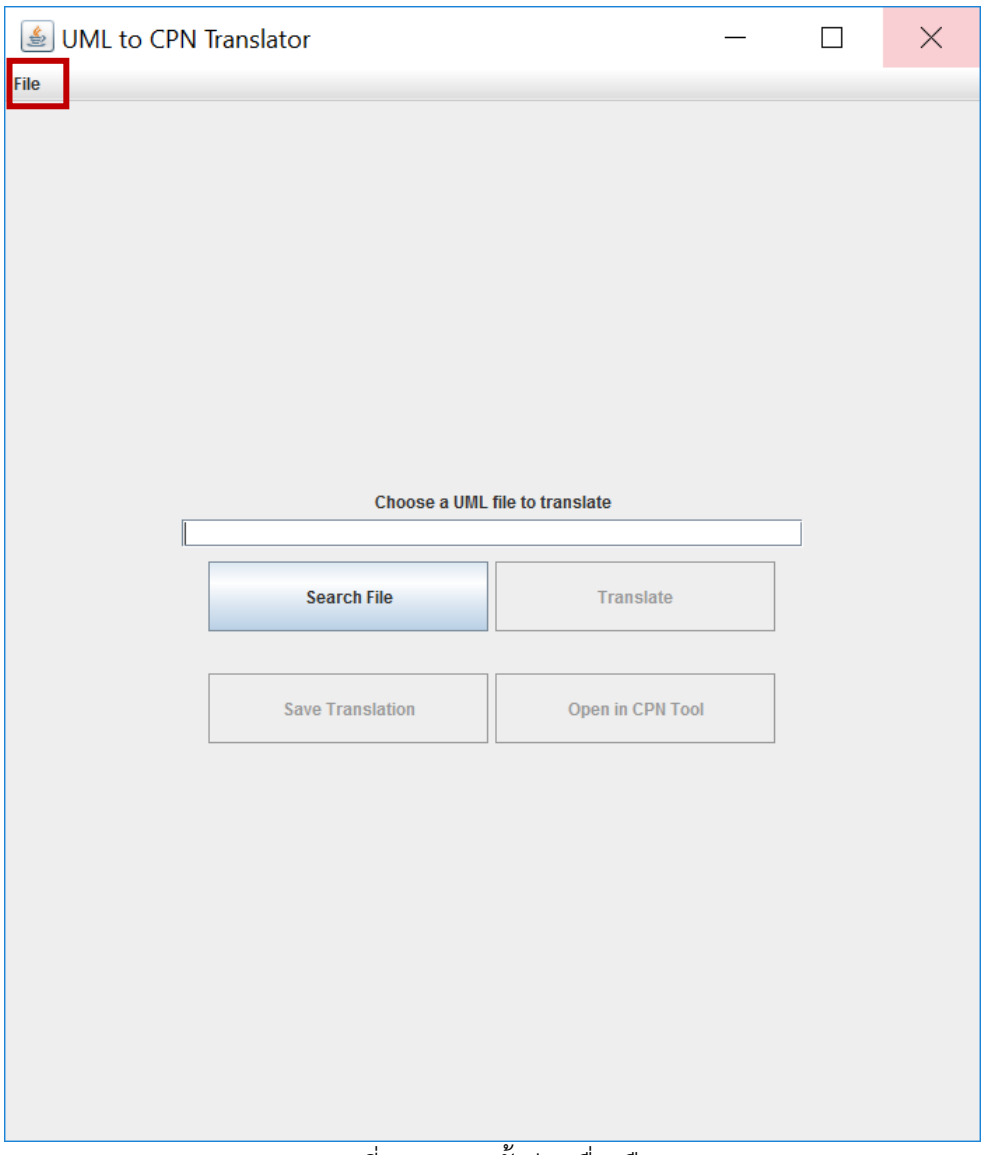
เครื่องมือในการแปลงแผนภาพที่พัฒนาขึ้นมานี้จะทำงานในลักษณะของมัลติแพลทฟอร์ม แต่ผู้วิจัยทำการทดลองบนวินโดว์แอพลิเคชัน โดยผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าดังต่อไปนี้ได้

4.4.1 การตั้งค่าที่อยู่ของซีพีเอ็นทูล

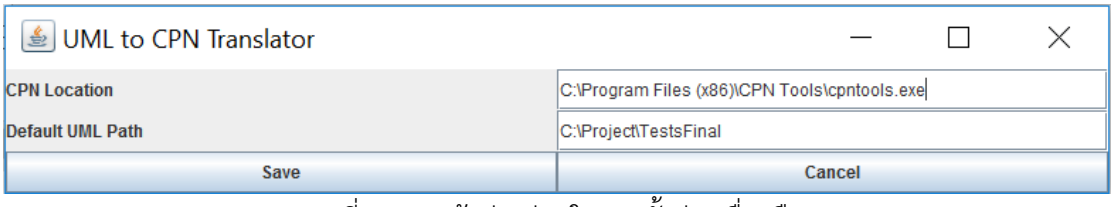
ผู้ใช้งานสามารถเลือก File แล้วเลือก Setting ดังแสดงในรูปที่ 4.18 จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างดังแสดงในรูปที่ 4.19 และในกล่องข้อความ (Text box) CPN Location ผู้ใช้งานสามารถทำการกำหนดที่อยู่ของซีพีเอ็นทูลได้ และเมื่อทำการกำหนดเสร็จแล้วให้เลือกปุ่ม Save เพื่อทำการบันทึกการตั้งค่า หรือเลือกปุ่ม Cancel หากต้องการยกเลิกการตั้งค่า

4.4.2 การตั้งค่าที่อยู่ของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลและแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าที่อยู่ของแฟ้มเอกสารได้โดยการ โดยการเลือก File แล้วเลือก Setting ดังรูปที่ 4.18 จากนั้นจะปรากฏกล่องข้อความดังแสดงในรูปที่ 4.19 ตรง Default Path ผู้ใช้งานสามารถระบุที่อยู่ที่เอกสารเอกซ์เอ็มแอลบันทึกไว้ และเมื่อทำการกำหนดเสร็จแล้วเลือกปุ่ม Save เพื่อทำการบันทึกการตั้งค่า หรือเลือกปุ่ม Cancel หากต้องการยกเลิกการตั้งค่า



รูปที่ 4.18 การตั้งค่าเครื่องมือ



รูปที่ 4.19 หน้าต่างย่อยในการตั้งค่าเครื่องมือ

บทที่ 5
การทดสอบ

การทดสอบมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบเครื่องมือและกฎที่สร้างขึ้นว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องตรง ตามที่ได้กำหนดและออกแบบไว้

5.1 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องมือนี้ผู้วิจัยใช้สภาพแวดล้อมเดียวกันกับสภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4

5.2 แนวทางการทดสอบ

1. ทำการสร้างแผนภาพกิจกรรมและแปลงให้อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลโดยใช้เครื่องมือวิชวลพาราไดม์
2. เครื่องมืออัตโนมัติแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชัน
3. เปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตบนซีพีเอ็นทูล
4. ทำการวิเคราะห์ปริภูมสถานะ และทำการทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้

5.3 กรณีศึกษา

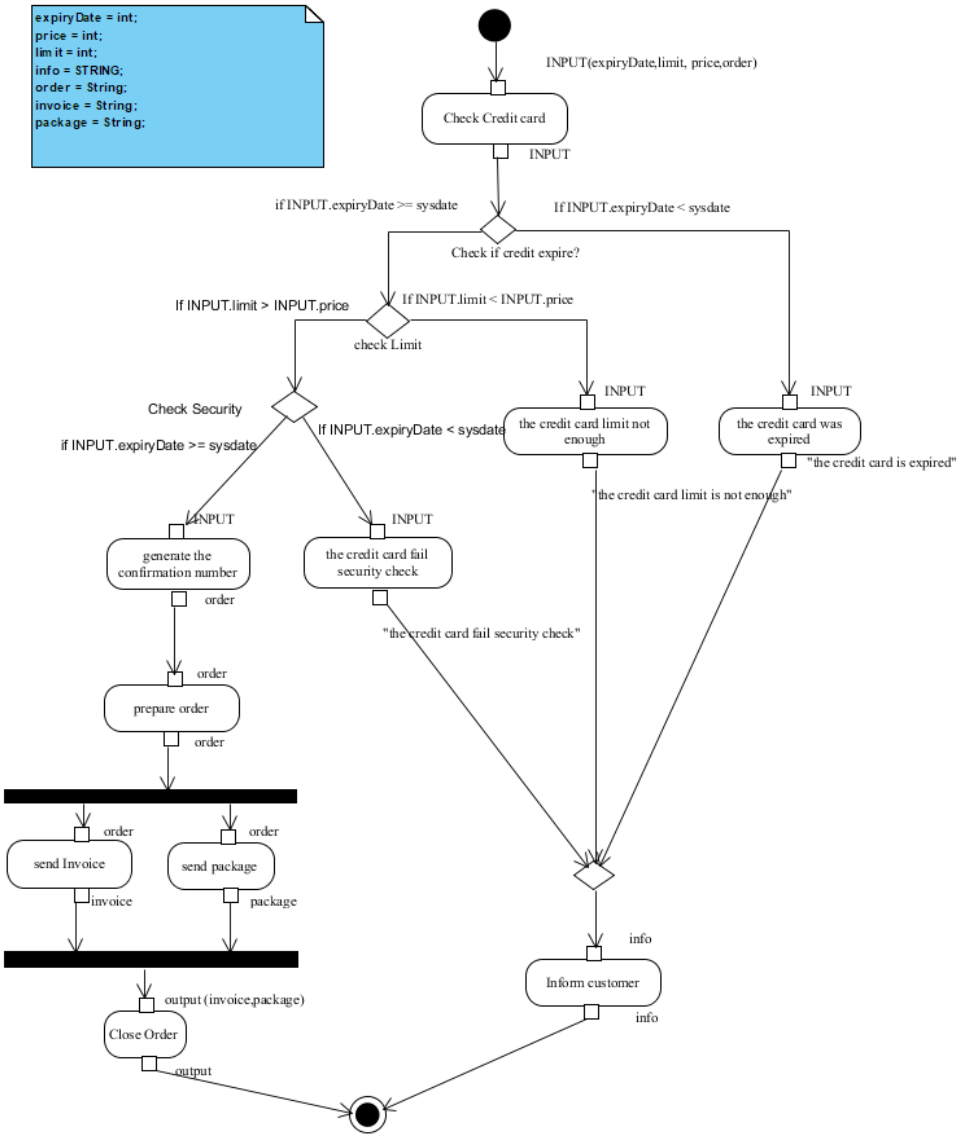
ในการทดสอบกฎและเครื่องมือในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต จะใช้แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 6 แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจเพื่อให้ครอบคลุมส่วนประกอบแผนภาพกิจกรรมที่เครื่องมือรองรับ คือ แผนภาพกิจกรรมการการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต แผนภาพกิจกรรมการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต แผนภาพกิจกรรมการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ แผนภาพกิจกรรมการเปรียบเทียบสินค้า แผนภาพกิจกรรมการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ และแผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้ระบบ และตารางที่ 5.1 เป็นตารางสรุปการครอบคลุมส่วนประกอบของคัลเลอร์เพทริเน็ตและอินสคริปชันในแต่ละกรณีทดสอบ
ก่อนที่จะลงรายละเอียดของแต่ละกรณีทดสอบต่อไป
กรณีศึกษาที่ 1 : การซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต
กรณีศึกษาที่ 2 : การจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต
กรณีศึกษาที่ 3 : การซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ
กรณีศึกษาที่ 4 : การเปรียบเทียบสินค้า
กรณีศึกษาที่ 5 : การคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ
กรณีศึกษาที่ 6 : การเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 5.1 สรุปคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ทำการทดสอบในแต่ละกรณีศึกษา

คัลเลอร์เพทริเน็ต	กรณีศึกษา					
	1	2	3	4	5	6
อินสคริปชันที่เพลส - ชื่อของเพลส	✔	✔	✔	✔	✔	✔
อินสคริปชันที่เพลส - คัลเลอร์เซต	✔	✔	✔	✔	✔	✔
อินสคริปชันที่เพลส - กำหนดค่าตั้งต้น	✔	✔	✔	✔	✔	✔
อินสคริปชันที่อาร์ค	✔	✔	✔	✔	✔	✔
อินสคริปชันที่ทรานซิชัน - ชื่อของทรานซิชัน	✔	✔	✔	✔	✔	✔
อินสคริปชันที่ทรานซิชัน - การ์ด	✔	✔	✘	✔	✔	✘
อินสคริปชันที่ทรานซิชัน - ส่วนโปรแกรม	✔	✔	✔	✘	✔	✔
คัลเลอร์เซตพื้นฐาน - สายอักขระ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
คัลเลอร์เซตพื้นฐาน - จำนวนจริง	✔	✔	✘	✘	✔	✘
คัลเลอร์เซตพื้นฐาน - บูลีน	✘	✘	✘	✘	✘	✔
คัลเลอร์เซตผสม - แบบระเบียน	✔	✔	✘	✘	✘	✘
คัลเลอร์เซตผสม - แบบรายการ	✘	✘	✘	✘	✔	✘
คัลเลอร์เซตผสม - แบบผลคูณ	✘	✘	✘	✔	✘	✘

5.3.1 กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

แผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบเครื่องมืออัตโนมัติการแปลงแผนภาพกิจกรรมที่มีส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมที่งานวิจัยนี้สนใจทุกส่วนประกอบคือ โหนดเริ่มต้น โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก โหนดตัดสินใจ โหนดผสาน โหนดทางแยก โหนดร่วม โหนดสุดท้าย และเส้นเชื่อม เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตว่าสามารถทำได้ถูกต้องหรือไม่ และการทวนสอบโดยใช้การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะว่าสามารถระบุเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้ (Infiesible Path) เกิดขึ้นได้ โดยใช้แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดยเริ่มจากการรับพารามิเตอร์ 4 ตัวคือ รายการสินค้า ราคาของสินค้า วงเงินในบัตร วันเดือนปีที่บัตรหมดอายุ



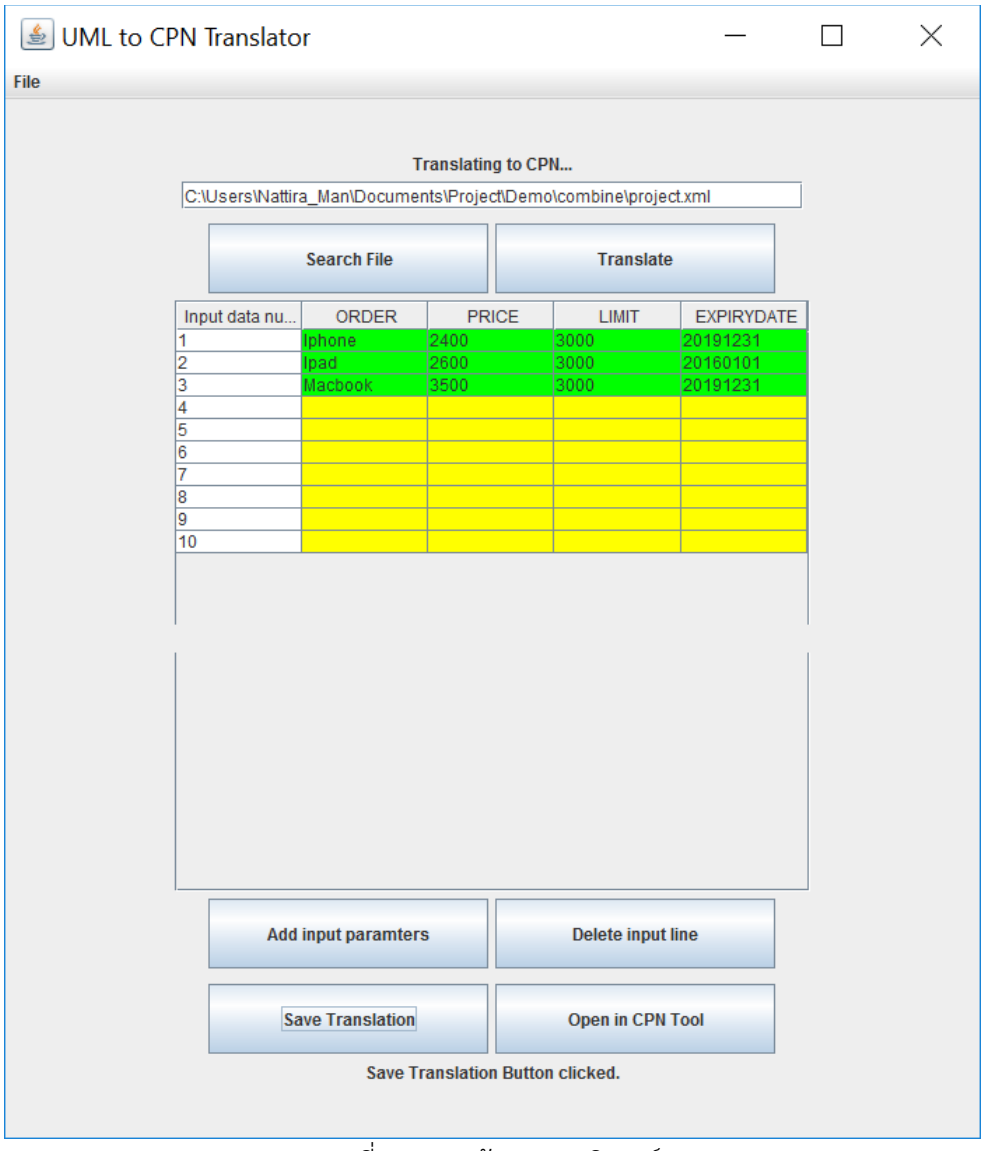
รูปที่ 5.1 แผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

ตารางที่ 5.2 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

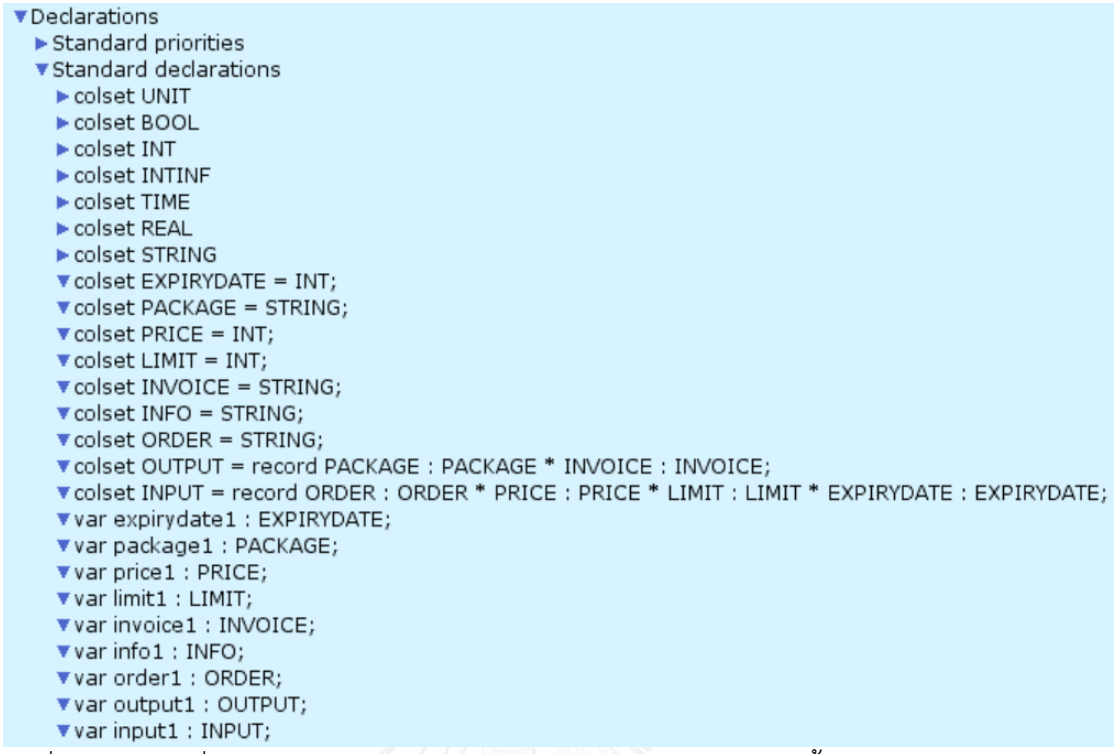
สินค้า	ราคา	วงเงินในบัตร	วันเดือนปีที่หมดอายุ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
Iphone	2400	3000	20191231	The credit card limit is not enough
Ipad	2600	3000	20160101	The credit card is expried
Macbook	3500	3000	20191231	Package และ Invoice

ผลการทดสอบ

เมื่อทำการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ตามตารางที่ 5.2 จากนั้นทำการเลือกปุ่ม Save Translation เพื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตให้อยู่ในรูปแบบเอกสารซีพีเอ็น ดังรูปที่ 5.2 และทำการเลือกปุ่ม Open in CPN tool เพื่อจะแสดงคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้บนซีพีเอ็นทูล เมื่อเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตบนซีพีเอ็นทูลจะเห็นการประกาศตัวแปรและคัลเลอร์เซตในคัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 การป้อนพารามิเตอร์



รูปที่ 5.3 ตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตของแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

รูปที่ 5.4 เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลงแผนภาพกิจกรรมการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิตโดยจะมีกำหนดค่าตั้งต้นเป็นค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุดที่ป้อนเข้าไป คือ

1`{ORDER="Ipad",PRICE=25000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20160101}++

1`{ORDER="Iphone",PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}++

1`{ORDER="MacBook",PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}

รูปที่ 5.5 - รูปที่ 5.11 เป็นการแสดงการจำลองการไหลของข้อมูลพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด เริ่มจากการตรวจสอบว่าบัตรเครดิตหมดอายุหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบกับวันที่ปัจจุบัน จะเห็นว่าชุดข้อมูล 1`{ORDER="Ipad",PRICE=25000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20160101} ก็จะไหลไปยังเพลส Action the credit card was expired ชุดข้อมูล 2 ชุดที่บัตรเครดิตยังไม่หมดอายุ ก็จะไปไหลไปยังโหนดการตรวจสอบว่าของที่ซื้อมีมูลค่าเกินวงเงินในบัตรหรือไม่ ซึ่งก็จะเห็นว่า ข้อมูล 1`{ORDER="MacBook",PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230} จะไหลไปยังเพลส Action the credit card limit is not enough และทั้งสองข้อมูลจะไหลไปยังเพลส Merge3 และไหลไปยังเพลส Final6 ซึ่งเป็นเพลสสุดท้าย ส่วนข้อมูลชุด 1`{ORDER="Iphone",

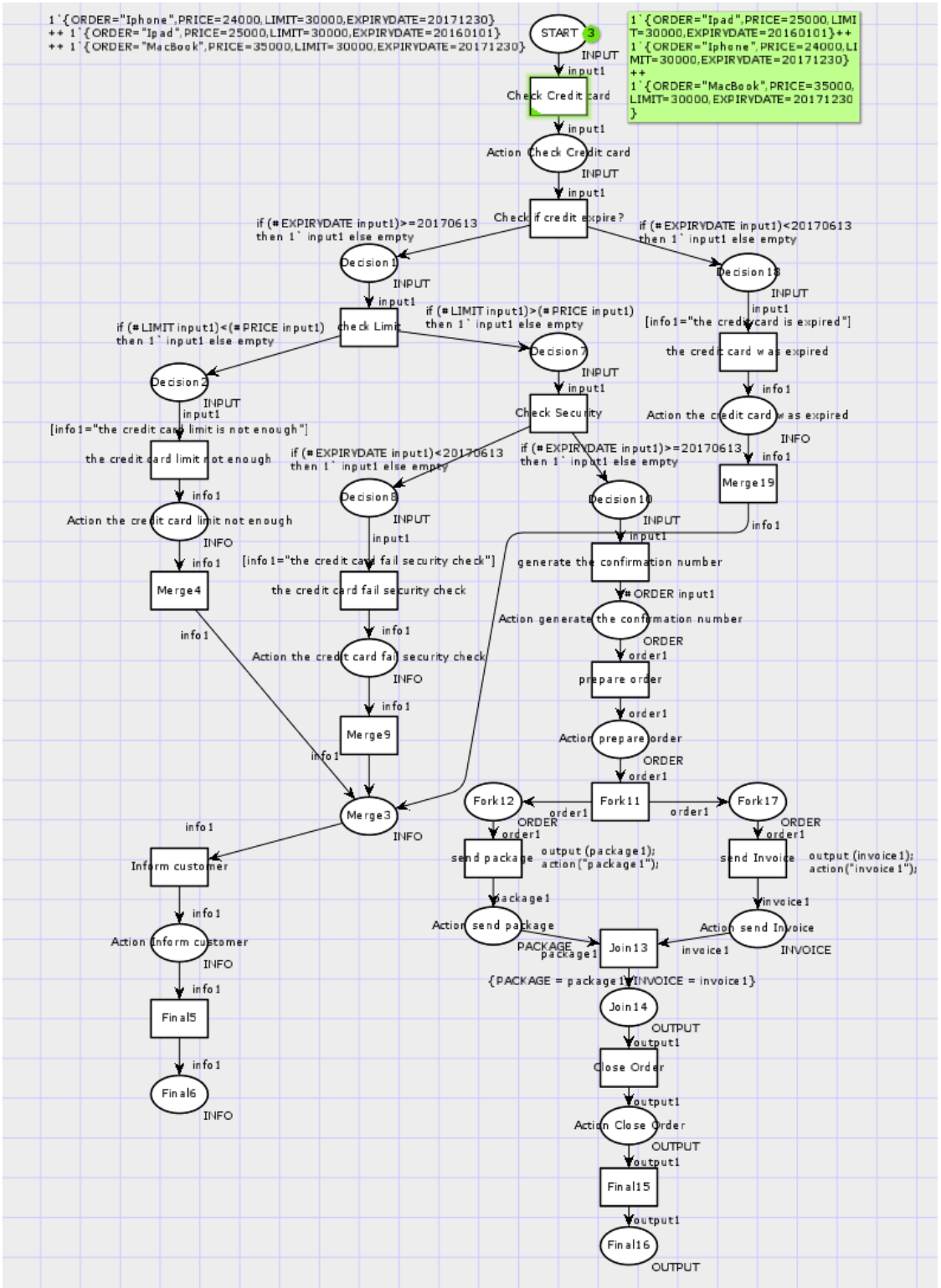
PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230} จะไหลไปยังการตรวจสอบความปลอดภัย โดยการตรวจสอบวันเดือนปีที่บัตรเครดิตหมดอายุอีกครั้ง การตรวจสอบว่าบัตรเครดิตหมดอายุหรือไม่ได้ทำการตรวจสอบแล้ว ดังนั้นข้อมูลจะไหลต่อไปยังเพลส Generate confirmation number และไหลไปยังเพลส Prepare order จากนั้นจะไหลไปยังโหนดทางแยกซึ่งข้อมูลจะแยกไหลแต่จะทำงานไปพร้อมๆกันคือ Send Package และ Send Invoice จากนั้นจะไหลไปรวมกันที่เพลส Join14 และไหลไปยังเพลส Final16 ดังแสดงใน

จากการทดสอบพบว่าเครื่องมืออัตโนมัติแปลงแผนภาพกิจกรรมยูอ็มแอลเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตกับอินสคริปชันได้ผลลัพธ์เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่สามารถจำลองการทำงานโดยซีพีเอ็นทูลเพื่อทวนสอบได้ ซึ่งจะเห็นว่าแผนภาพทำงานได้ถูกต้องและทำให้ทราบว่ามีเส้นทางที่ข้อมูลไม่ได้ไหลผ่านเลยเกิดขึ้นคือไม่มีข้อมูลชุดใดไหลผ่านไปยัง The credit card fail check security ในการตรวจสอบ Security check เลย

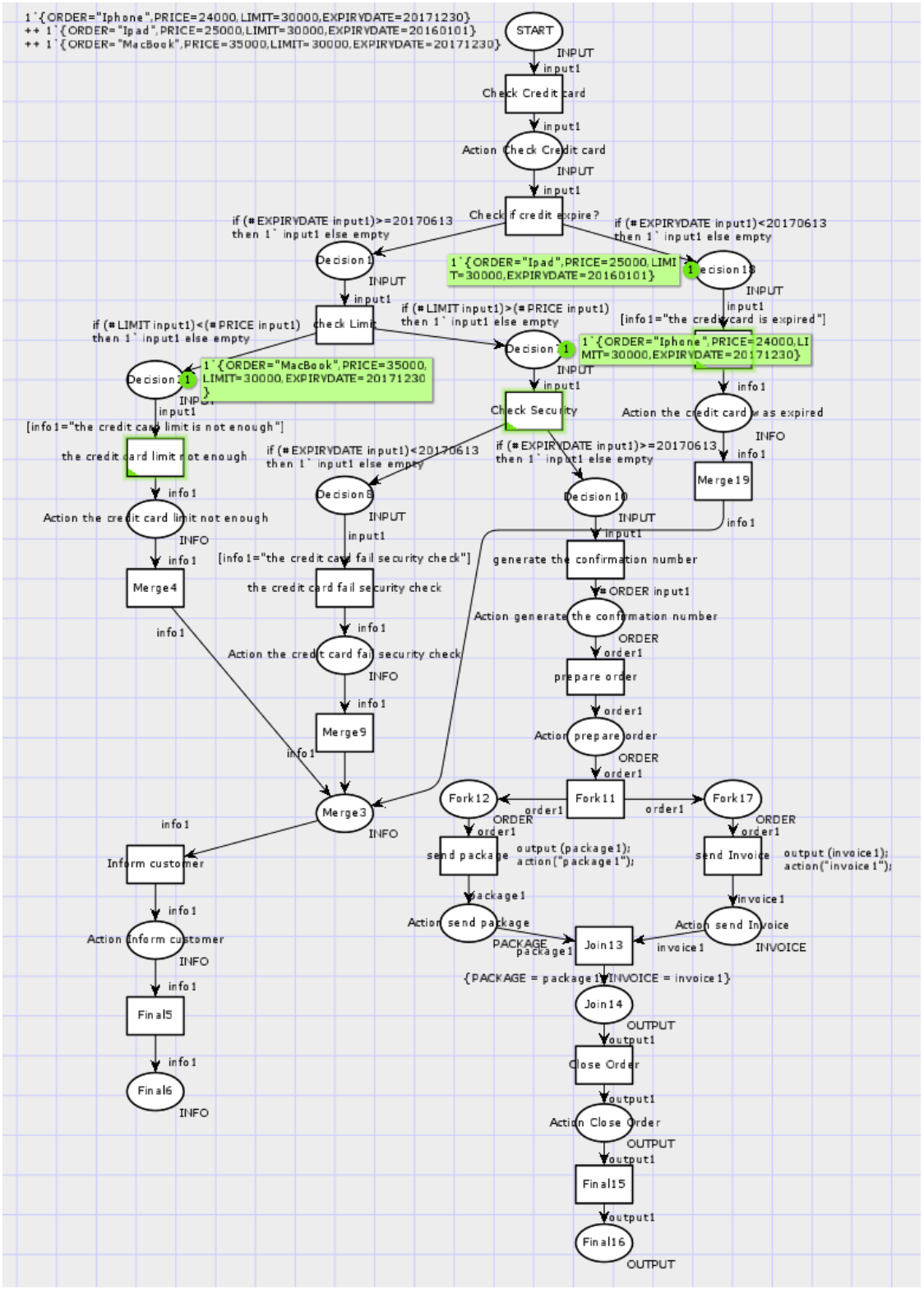
ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

จากรายงานการวิเคราะห์ปริภูมสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.3 ในหัวข้อ Dead Transition Instances พบว่าโหนด New_Page'Credit_card_was_expired และโหนด New_Page'Merge9 เป็นโหนดที่ไม่มีข้อมูลไหลผ่านเลย

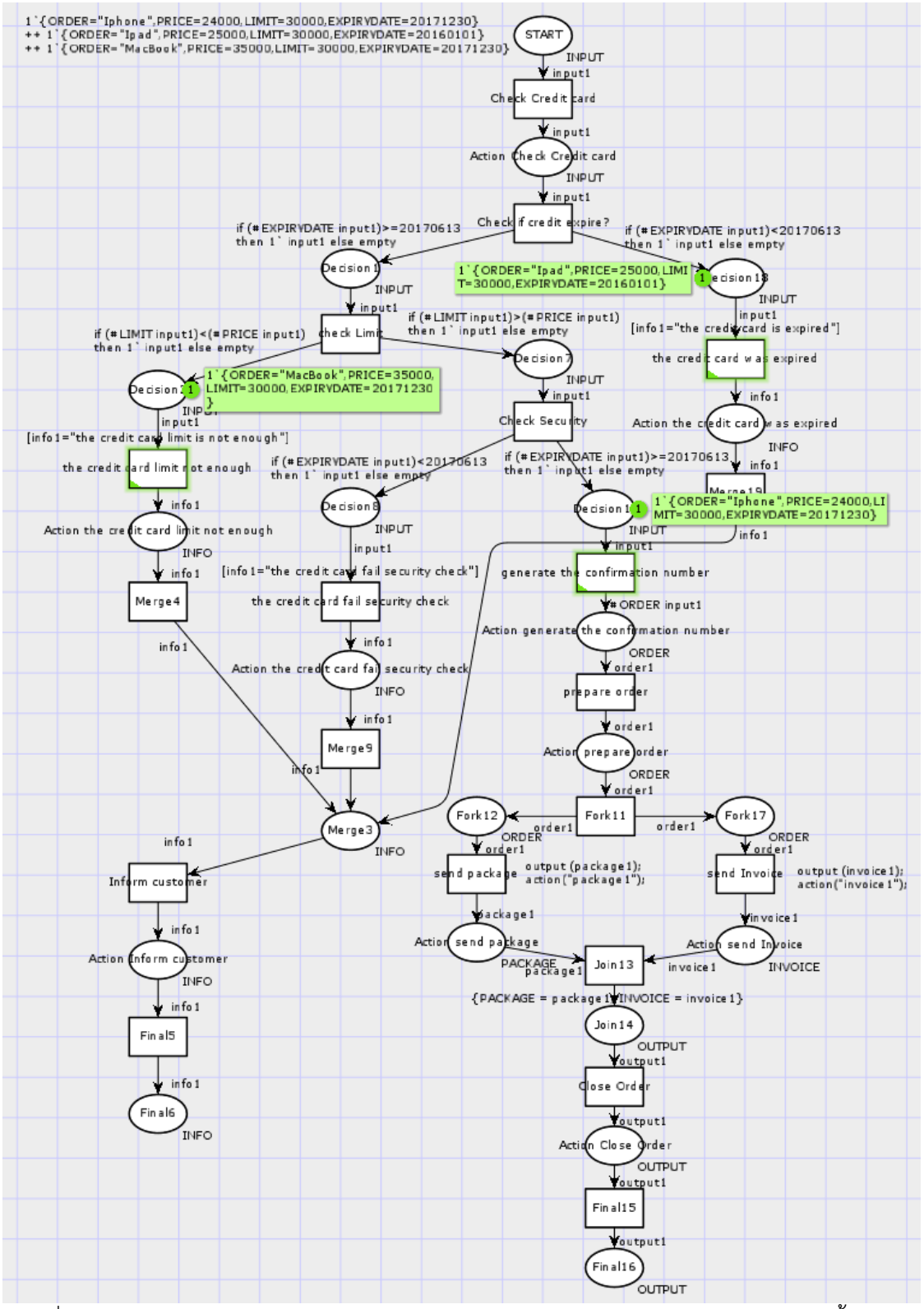
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



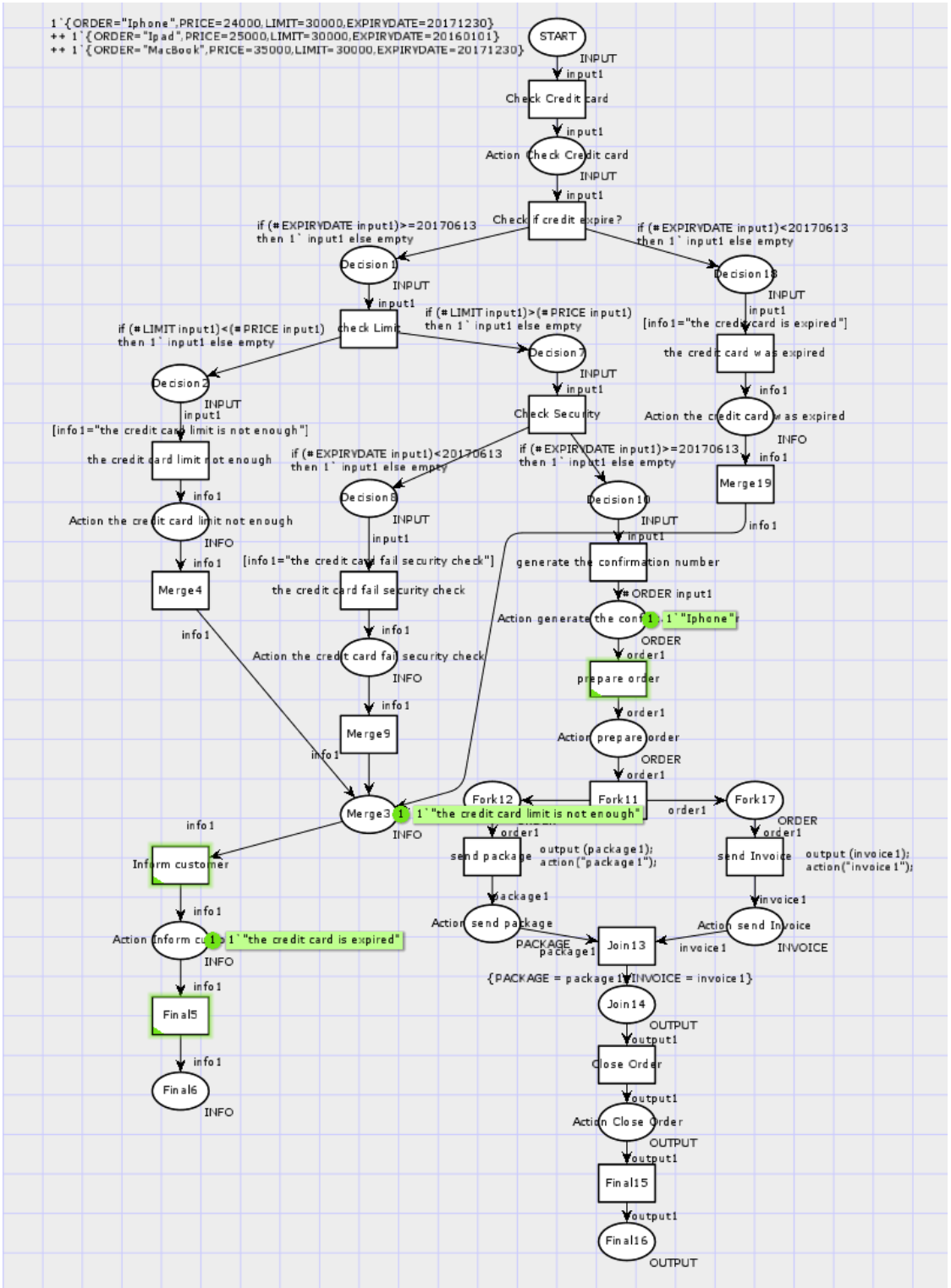
รูปที่ 5.4 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต



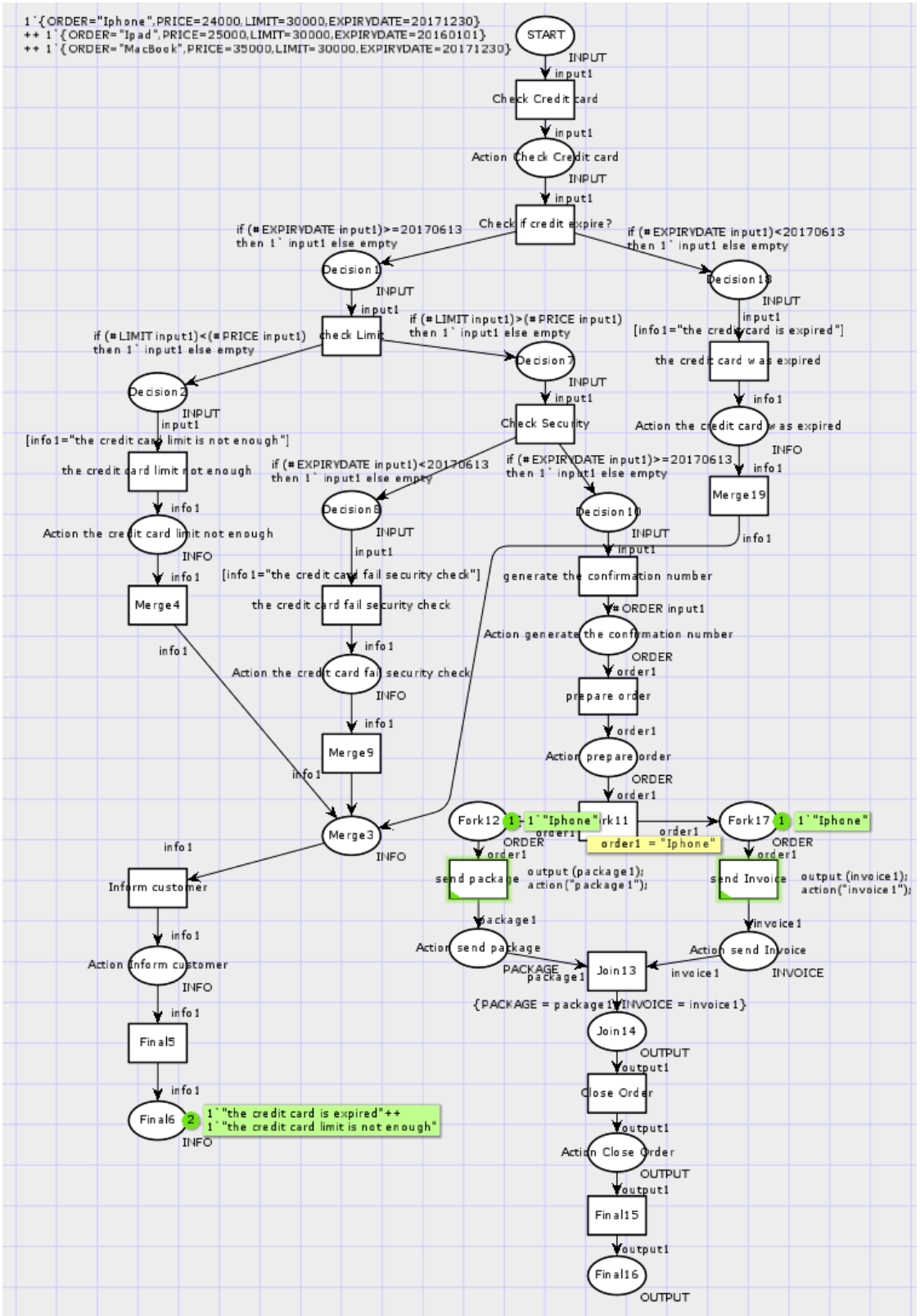
รูปที่ 5.5 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต



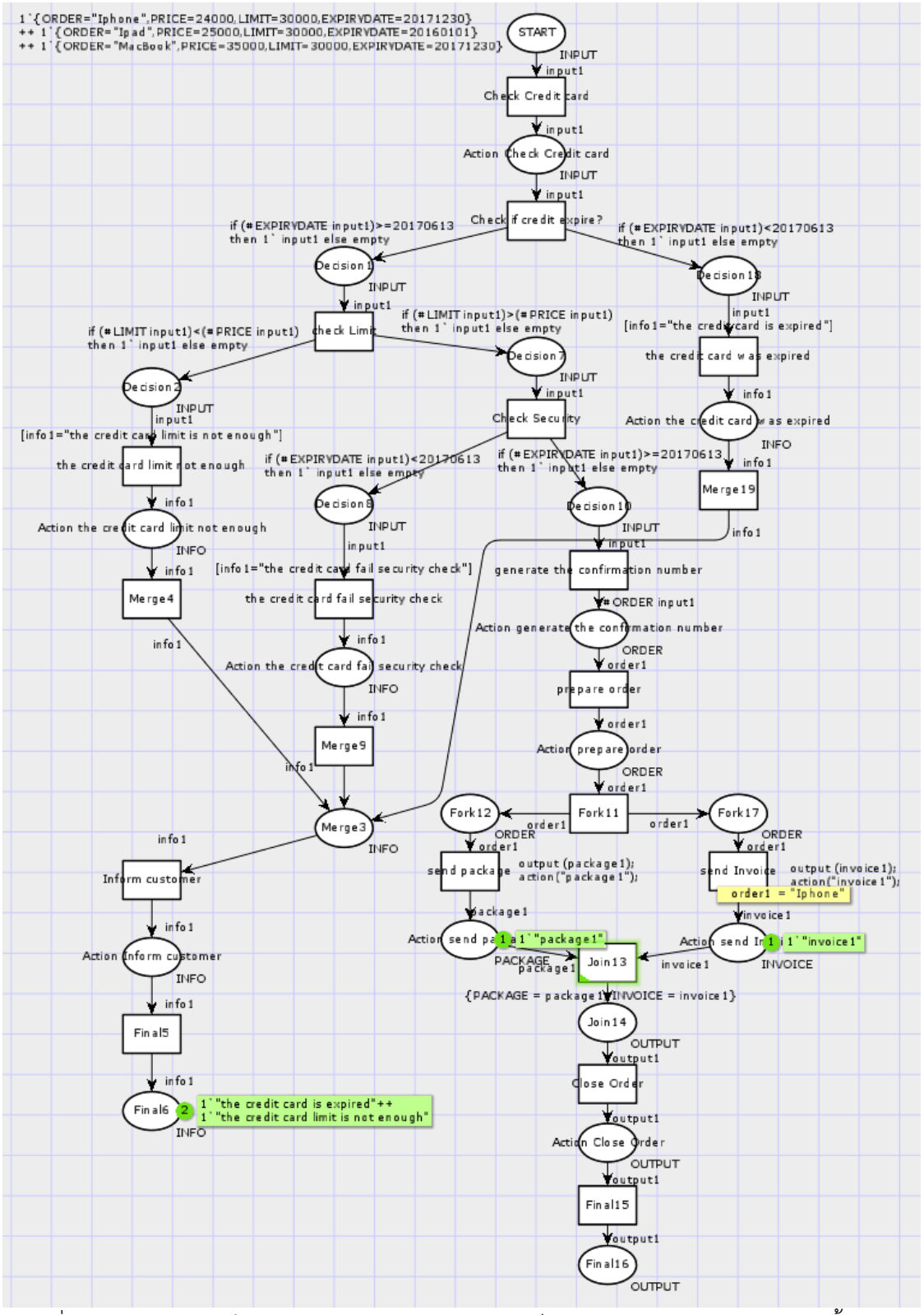
รูปที่ 5.6 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)



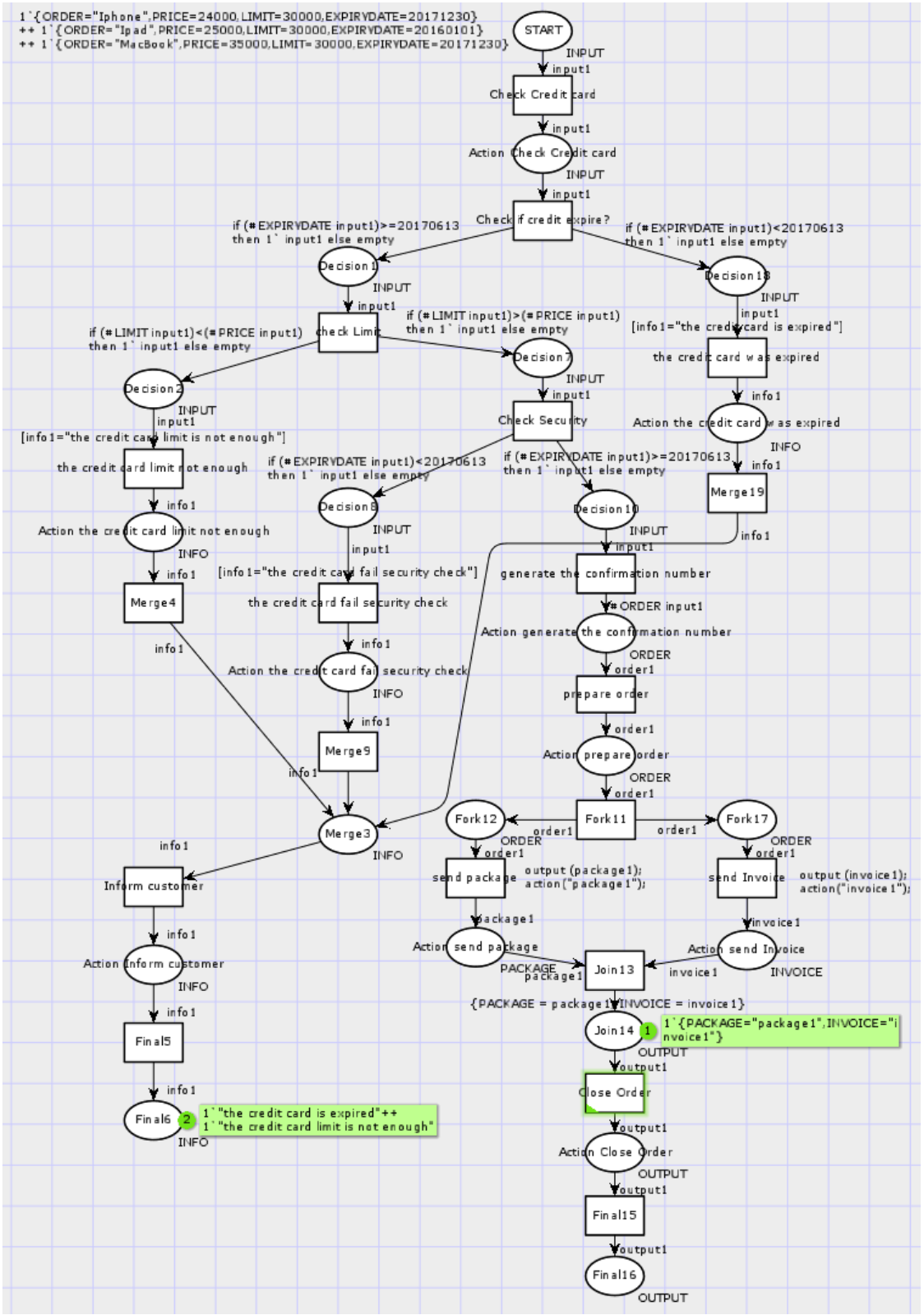
รูปที่ 5.7 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)



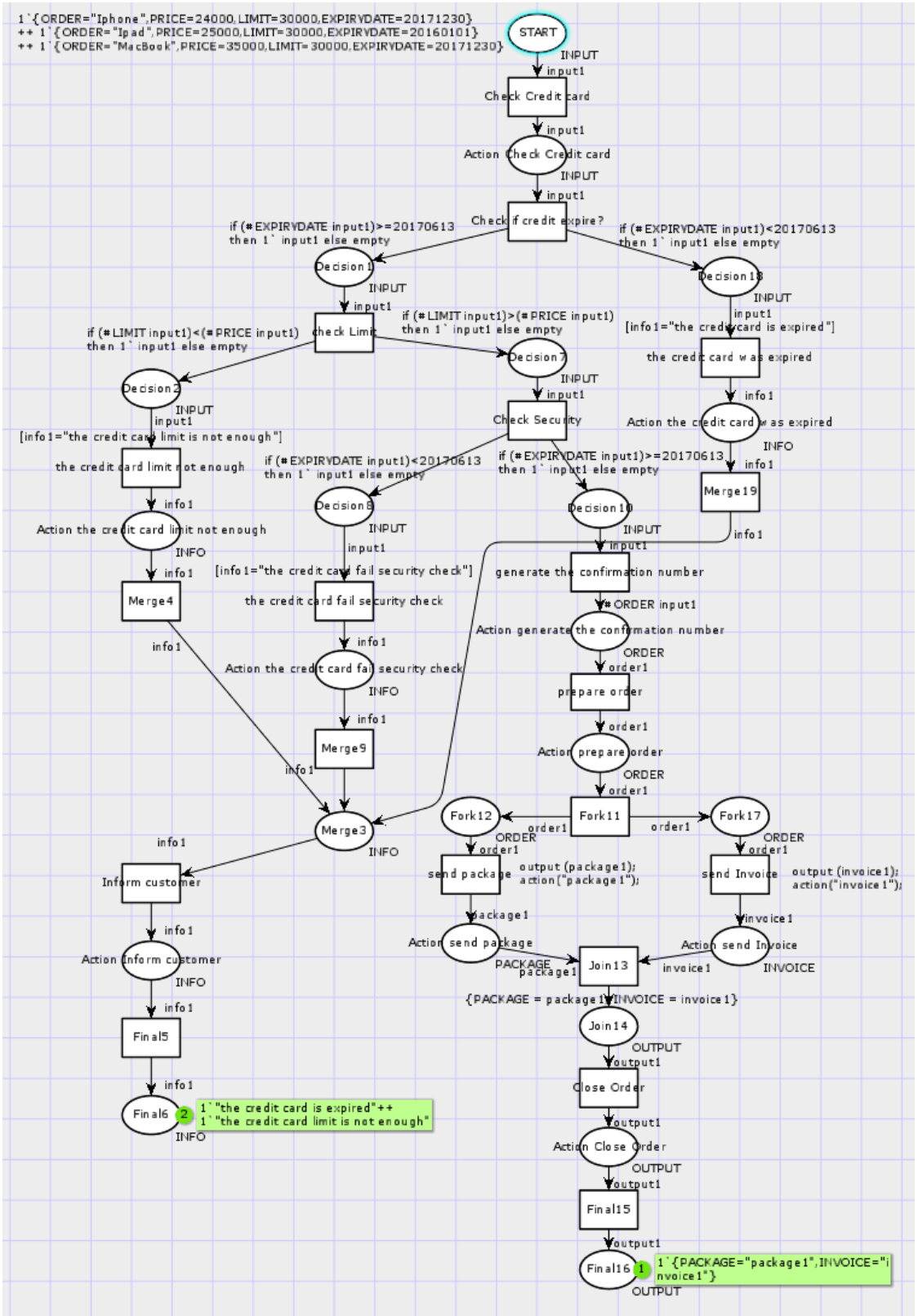
รูปที่ 5.8 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)



รูปที่ 5.9การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)



รูปที่ 5.10 การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)



รูปที่ 5.11การจำลองการไหลของข้อมูลของคัลเลอร์เพทริเน็ตของการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/Demo/combine/project.cpn
Report generated: Tue Jun 13 12:15:45 2017
Statistics

State Space
Nodes: 784
Arcs: 2142
Secs: 0
Status: Full

Scc Graph
Nodes: 784
Arcs: 2142
Secs: 0

Boundedness Properties

Best Integer Bounds

	Upper	Lower
New_Page'Action_Check_Credit_card 1	3	0
New_Page'Action_Close_Order 1	1	0
New_Page'Action_Inform_customer 1	2	0
New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1	1	0
New_Page'Action_prepare_order 1	1	0
New_Page'Action_send_Invoice 1	1	0
New_Page'Action_send_package 1	1	0
New_Page'Action_the_credit_card_fail_security_check 1	0	0
New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1	1	0
New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1	1	0
New_Page'Decision10 1	1	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

New_Page'Decision1 1	2	0
New_Page'Decision18 1	1	0
New_Page'Decision2 1	1	0
New_Page'Decision7 1	1	0
New_Page'Decision8 1	0	0
New_Page'Final16 1	1	0
New_Page'Final6 1	2	0
New_Page'Fork12 1	1	0
New_Page'Fork17 1	1	0
New_Page'Join14 1	1	0
New_Page'Merge3 1	2	0
New_Page'START 1	3	0

Best Upper Multi-set Bounds

New_Page'Action_Check_Credit_card 1

1`{ORDER="Ipad",PRICE=25000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20160101}++

1`{ORDER="Iphone",PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}++

1`{ORDER="MacBook",PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}

New_Page'Action_Close_Order 1

1`{PACKAGE="package1",INVOICE="invoice1"}

New_Page'Action_Inform_customer 1

1`"the credit card is expired"++

1`"the credit card limit is not enough"

New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1

1`"Iphone"

New_Page'Action_prepare_order 1

1`"Iphone"

New_Page'Action_send_Invoice 1

1`"invoice1"

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

```
 New_Page'Action_send_package 1
      1`"package1"
New_Page'Action_the_credit_card_fail_security_check 1
      empty
New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1
      1`"the credit card limit is not enough"
New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1
      1`"the credit card is expired"
New_Page'Decision10 1
      1`{ORDER="Iphone",PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}
New_Page'Decision1 1
      1`{ORDER="Iphone",PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}++
      1`{ORDER="MacBook",PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}
New_Page'Decision18 1
      1`{ORDER="Ipad",PRICE=25000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20160101}
New_Page'Decision2 1
      1`{ORDER="MacBook",PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}
New_Page'Decision7 1
      1`{ORDER="Iphone",PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}
New_Page'Decision8 1
      empty
New_Page'Final16 1
      1`{PACKAGE="package1",INVOICE="invoice1"}
New_Page'Final6 1   1`"the credit card is expired"++
      1`"the credit card limit is not enough"
New_Page'Fork12 1
      1`"Iphone"
New_Page'Fork17 1
      1`"Iphone"
```

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

```
    New_Page'Join14 1
        1`{PACKAGE="package1",INVOICE="invoice1"}
    New_Page'Merge3 1
        1`"the credit card is expired"++
        1`"the credit card limit is not enough"
    New_Page'START 1
        1 `{ORDER="Ipad", PRICE=25000, LIMIT=30000, EXPIRYDATE=20160101}++
        1 `{ORDER="Iphone", PRICE=24000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}++
        1 `{ORDER="MacBook", PRICE=35000,LIMIT=30000,EXPIRYDATE=20171230}

Best Lower Multi-set Bounds
    New_Page'Action_Check_Credit_card 1
        empty
    New_Page'Action_Close_Order 1
        empty
    New_Page'Action_Inform_customer 1
        empty
    New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1
        empty
    New_Page'Action_prepare_order 1
        empty
    New_Page'Action_send_Invoice 1
        empty
    New_Page'Action_send_package 1
        empty
    New_Page'Action_the_credit_card_fail_security_check 1
        empty
```

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1
empty
New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1
empty
New_Page'Decision10 1
empty
New_Page'Decision1 1
empty
New_Page'Decision18 1
empty
New_Page'Decision2 1
empty
New_Page'Decision7 1
empty
New_Page'Decision8 1
empty
New_Page'Final16 1
empty
New_Page'Final6 1
empty
New_Page'Fork12 1
empty
New_Page'Fork17 1
empty
New_Page'Join14 1
empty
New_Page'Merge3 1
empty

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

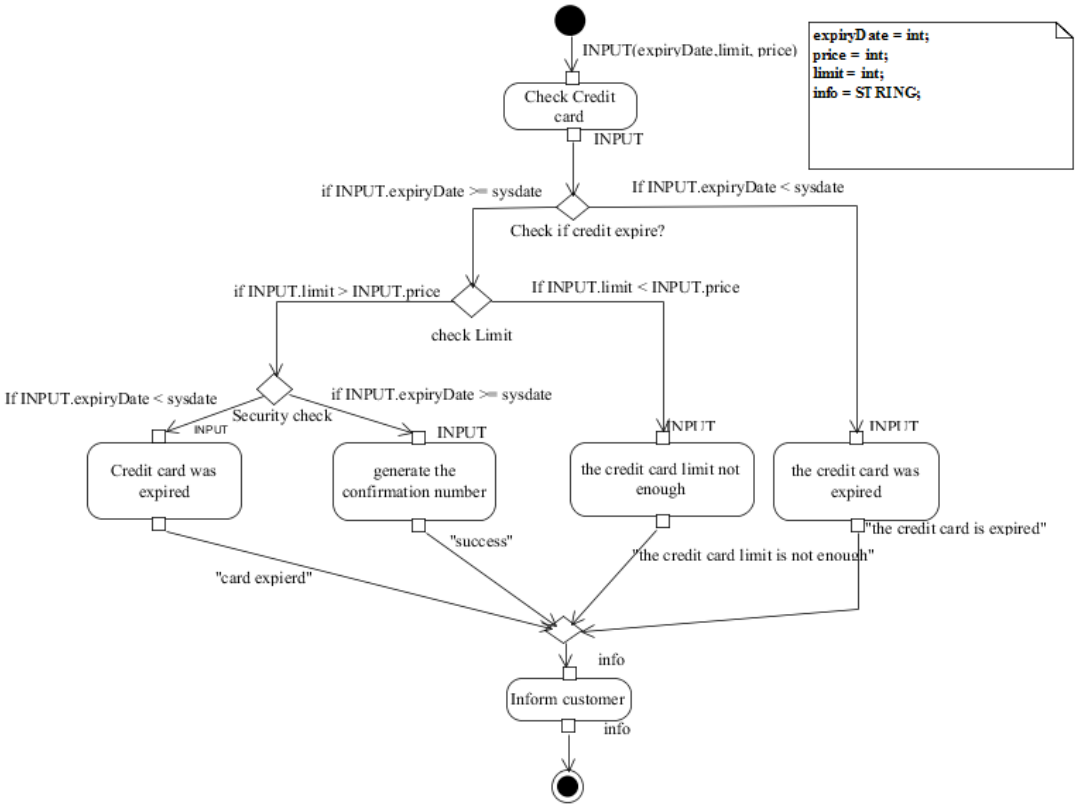
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของแผนภาพการแผนภาพกิจกรรมการซื้อของออนไลน์และจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต(ต่อ)

```
New_Page'START 1
        Empty

Home Properties
------------------------------------------------------------------------
  Home Markings
    [784]

Liveness Properties
------------------------------------------------------------------------
  Dead Markings
    [784]
  Dead Transition Instances
    New_Page'Merge9 1
    New_Page'the_credit_card_fail_security_check 1
  Live Transition Instances
    None

 Fairness Properties
------------------------------------------------------------------------
    No infinite occurrence sequences.
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.2 กรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

กรณีศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบกรณีที่มีการกำหนดหรือระบุข้อมูลผิดพลาดบนแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล โดยใช้แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มดังแสดงในรูปที่ 5.12 และใช้กรณีทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5.4 ทวนสอบด้วยการจำลองการไหลของข้อมูล และวิเคราะห์คัลเลอร์เพทริเน็ตด้วยปริภูมิสถานะ



รูปที่ 5.12 แผนภาพกิจกรรมการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

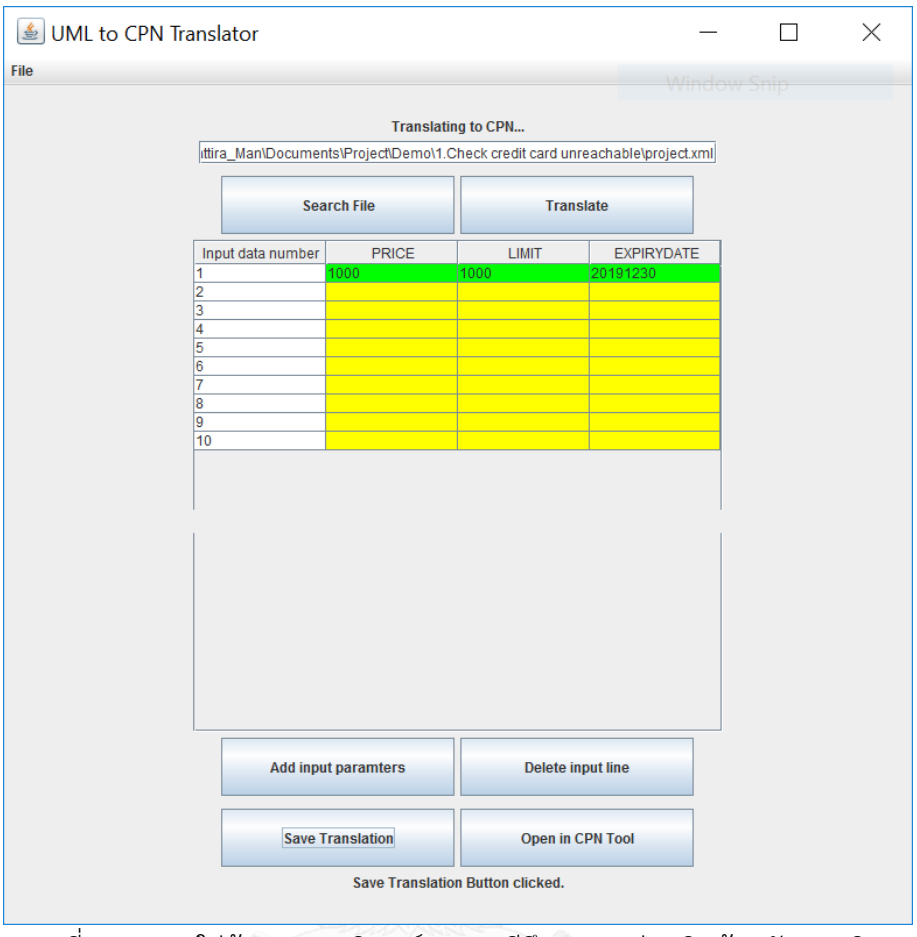
ตารางที่ 5.4 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

ราคา	วงเงินในบัตร	วันเดือนปีที่หมดอายุ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
1000	1000	20191230	ไม่สามารถจำลองการทำงานจบจบโปรแกรมได้

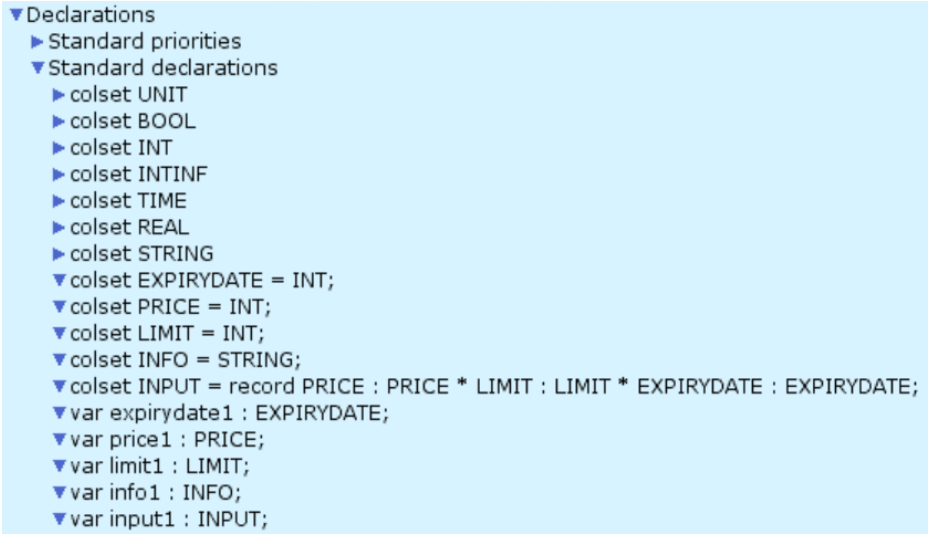
ผลการทดสอบ

เมื่อทำการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตามตารางที่ 5.4 ดังแสดงในรูปที่ 5.13 จากนั้นจึงทำการเลือกปุ่ม Save Translation เพื่อบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ต และเลือกปุ่ม Open in CPN Tool เพื่อที่จะเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ขึ้นมาแสดงบนซีพีเอ็นทูล

รูปที่ 5.14 แสดงถึงตัวแปรและคัลเลอร์เซตในคัลเลอร์เพทริเน็ต

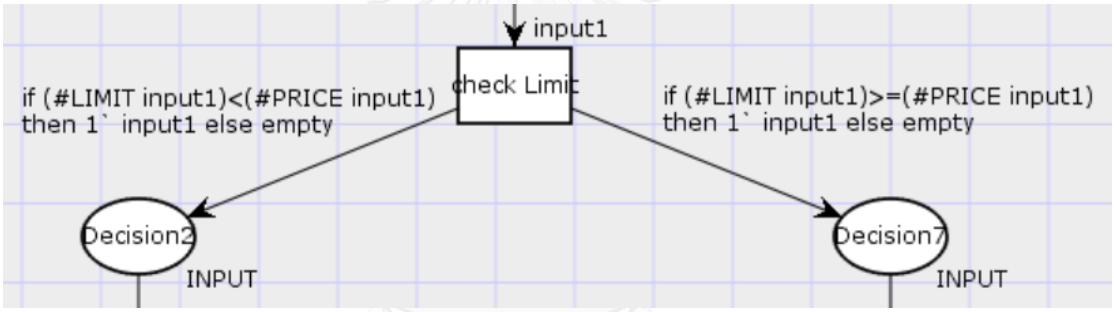


รูปที่ 5.13 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต



รูปที่ 5.14 ตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

และรูปที่ 5.16 เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่เครื่องมือแปลงได้ โดยมีค่ากำหนดตั้งต้นเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนเข้าไปคือ 1`{PRICE=1000,LIMIT=1000,EXPIRYDATE=20191230} และเมื่อทำการจำลองการไหลของข้อมูลโดยใช้ซีพีเอ็นทูลดังแสดงในตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.17 ข้อมูลไหลไปยังโหนดตัดสินใจ Check if Credit expire? เพื่อตรวจสอบวันเดือนปีที่หมดอายุของบัตรเครดิต และข้อมูลไหลไปยังเส้นทางที่บัตรเครดิตยังไม่หมดอายุ จากนั้นจะเป็นการตรวจสอบว่าวงเงินในบัตรเครดิตมีเพียงพอที่จะซื้อสินค้าหรือไม่ โดยข้อมูลจะต้องไหลไปเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง รูปที่ 5.15 แสดงถึงอินสคริปชันระบุบนอาร์คที่เป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจว่าข้อมูลจะไหลไปยังเส้นทางใด แต่เนื่องจากค่ากำหนดตั้งต้น 1`{PRICE=1000,LIMIT=1000,EXPIRYDATE=20191230} ซึ่งมีค่า Limit เท่ากับ 1000 และมีค่าเท่ากันกับค่า Price ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขอินสคริปชันระบุที่อาร์คที่พุ่งออกจากทรานซิชัน Check Limit ทั้งสองเส้นทาง จึงทำให้การจำลองการทำงานจบลง และค่ากำหนดตั้งต้นหายไป ดังแสดงในรูปที่ 5.18

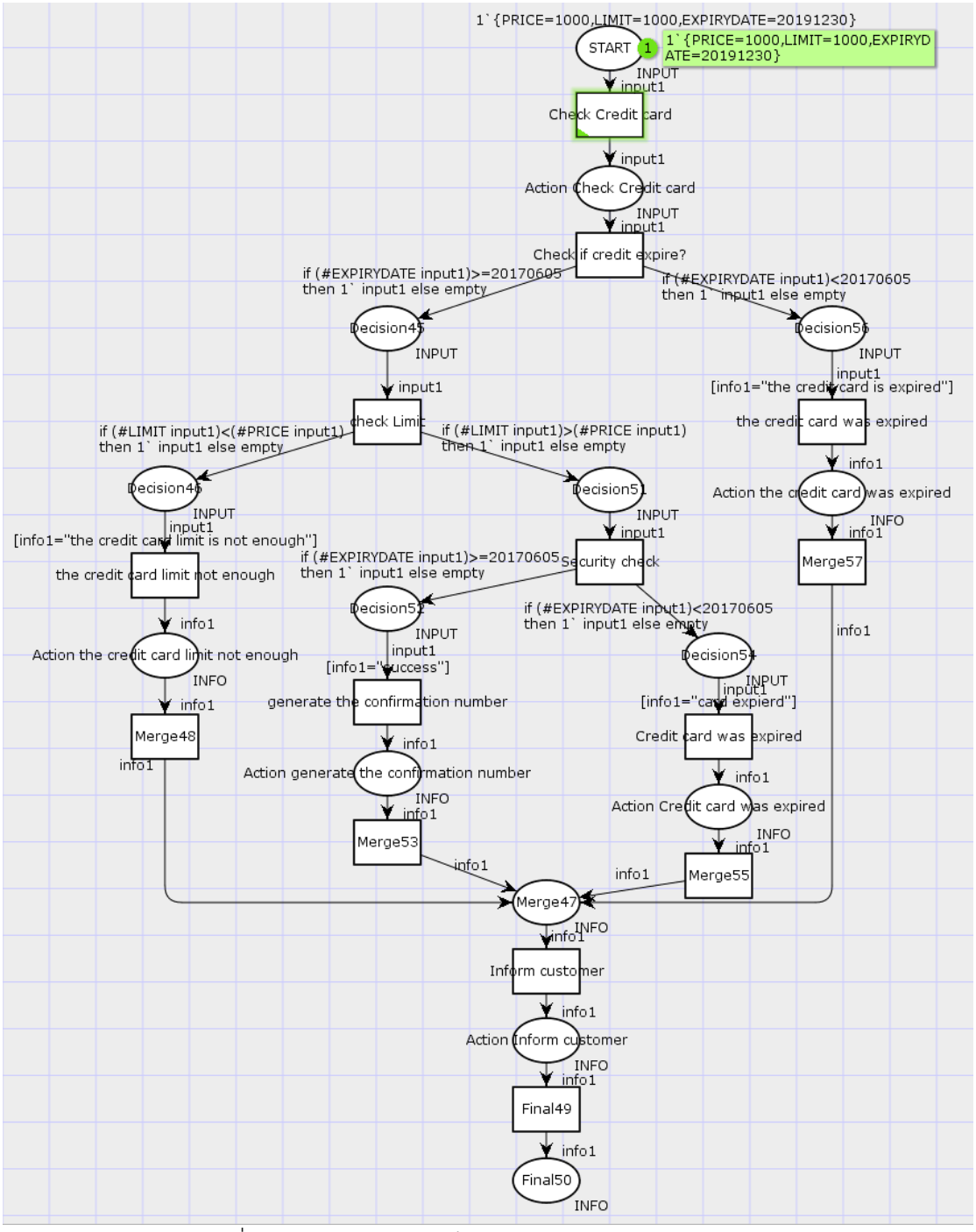


รูปที่ 5.15 อินสคริปชันระบุบนอาร์คสำหรับการตรวจสอบวงเงินในบัตร

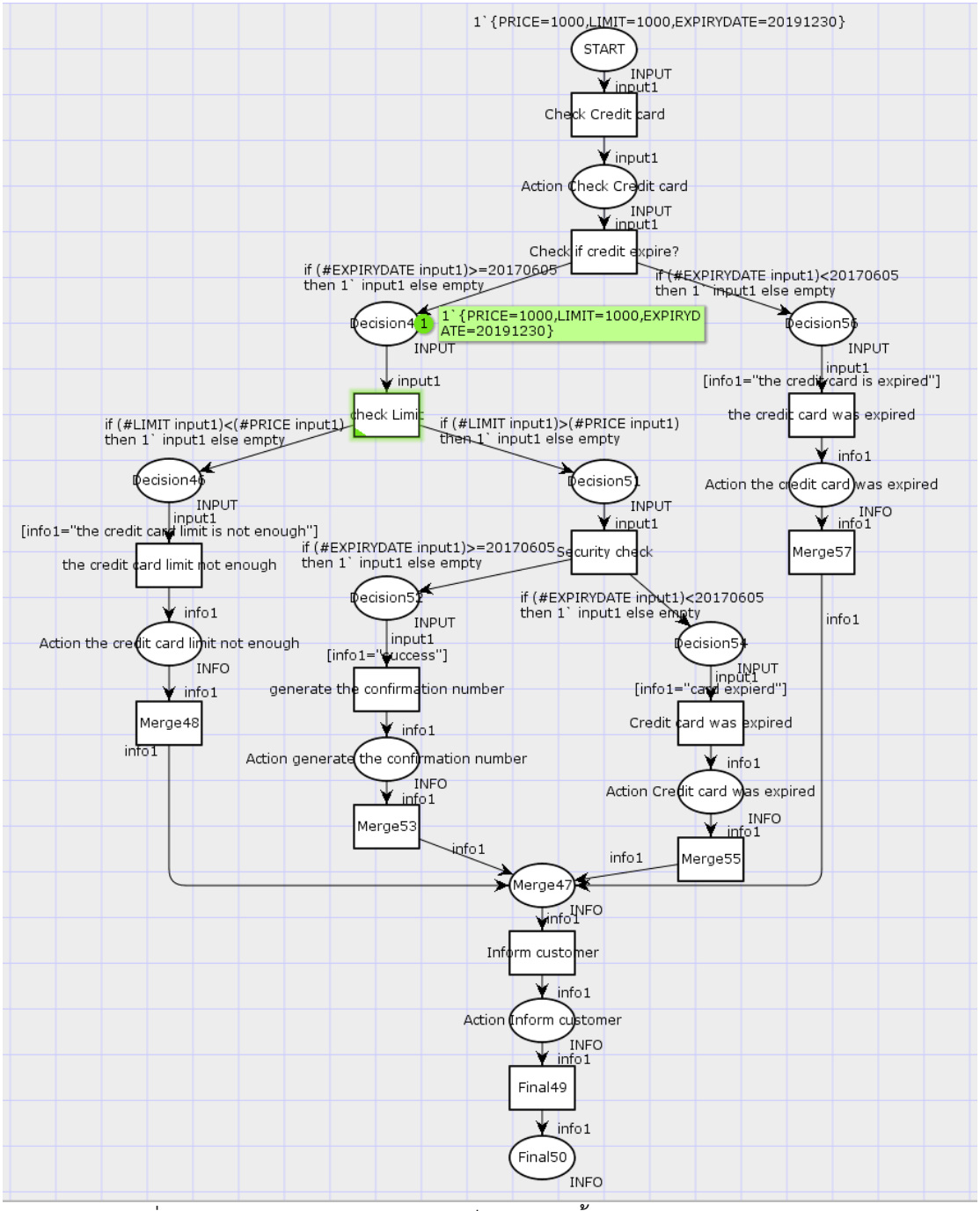
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

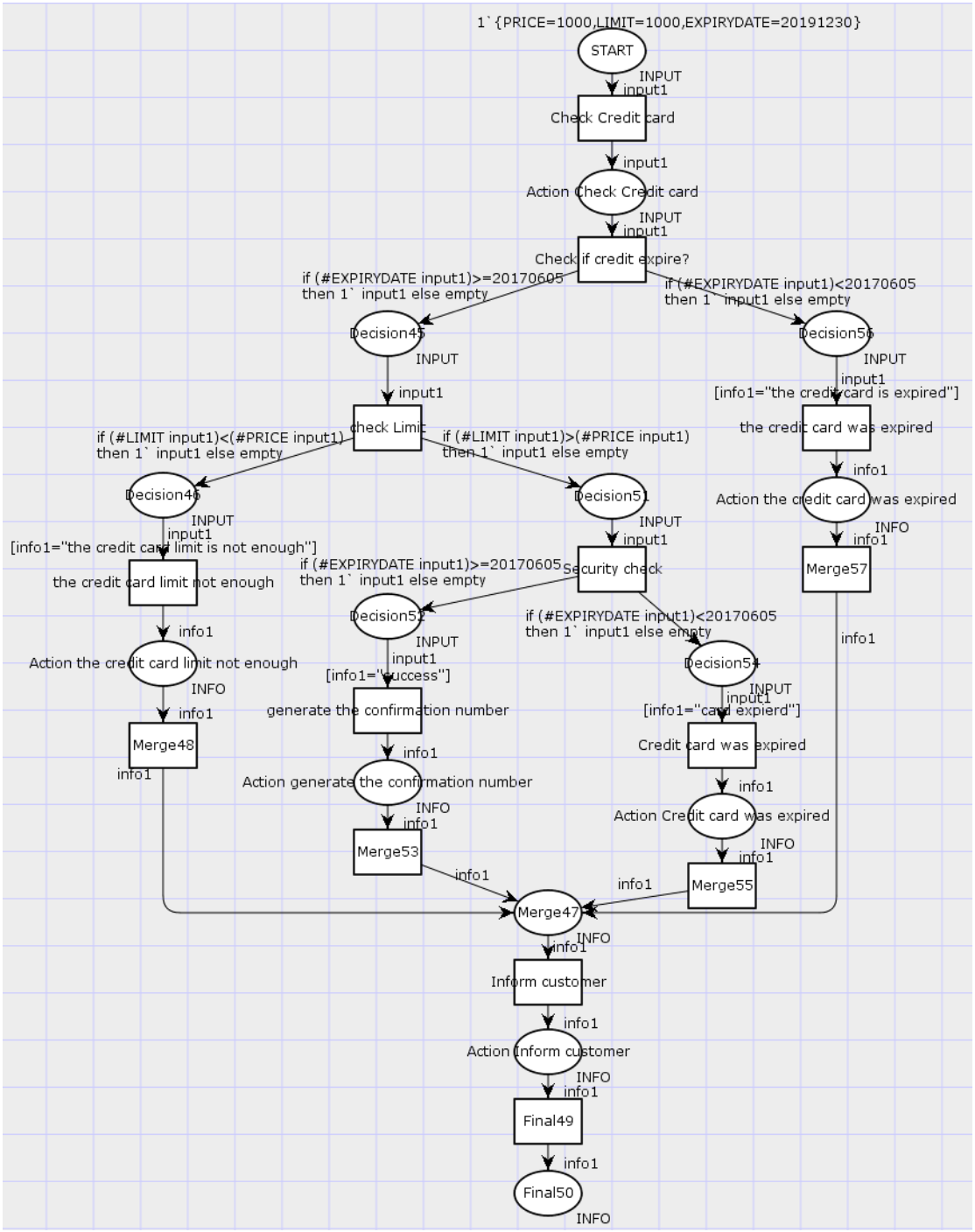
จากรายงานการวิเคราะห์ปริภูมสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิตจะได้รายงานมีรายละเอียดตามตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.16 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต



รูปที่ 5.17 การจำลองคัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้อของจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต



รูปที่ 5.18 การจำลองคัลเลอร์เพทริเน็ตของการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต

CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/Demo/1.Check credit card unreachable1/project.cpn
Report generated: Fri Jun 16 14:21:40 2017

Statistics

State Space
Nodes: 4
Arcs: 3
Secs: 0
Status: Full

Scc Graph
Nodes: 4
Arcs: 3
Secs: 0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Boundedness Properties

Best Integer Bounds

	Upper	Lower
New_Page'Action_Check_Credit_card 1	1	0
New_Page'Action_Credit_card_was_expired 1	0	0
New_Page'Action_Inform_customer 1	0	0
New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1	0	0
New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1	0	0
New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1	0	0
New_Page'Decision45 1	1	0

ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

New_Page'Decision46 1	0	0
New_Page'Decision51 1	0	0
New_Page'Decision52 1	0	0
New_Page'Decision54 1	0	0
New_Page'Decision56 1	0	0
New_Page'Final50 1	0	0
New_Page'Merge47 1	0	0
New_Page'START 1	1	0

Best Upper Multi-set Bounds

New_Page'Action_Check_Credit_card 1

1`{PRICE=1000,LIMIT=1000,EXPIRYDATE=20191230}

New_Page'Action_Credit_card_was_expired 1

empty

New_Page'Action_Inform_customer 1

empty

New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1

empty

New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1

empty

New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1

empty

New_Page'Decision45 1

1`{PRICE=1000,LIMIT=1000,EXPIRYDATE=20191230}

New_Page'Decision46 1

empty

New_Page'Decision51 1

empty

ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

```
    New_Page'Decision52 1
                    empty
    New_Page'Decision54 1
                   empty
    New_Page'Decision56 1
                    empty
    New_Page'Final50 1
                    empty
    New_Page'Merge47 1
                    empty
    New_Page'START 1
                    1`{PRICE=1000,LIMIT=1000,EXPIRYDATE=20191230}

Best Lower Multi-set Bounds
    New_Page'Action_Check_Credit_card 1
                    empty
    New_Page'Action_Credit_card_was_expired 1
                    empty
    New_Page'Action_Inform_customer 1
                    empty
    New_Page'Action_generate_the_confirmation_number 1
                    empty
    New_Page'Action_the_credit_card_limit_not_enough 1
                    empty
    New_Page'Action_the_credit_card_was_expired 1
                    empty
    New_Page'Decision45 1
                    empty
```

ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

```
    New_Page'Decision46 1
                    Empty
    New_Page'Decision51 1
                    empty
    New_Page'Decision52 1
                    empty
    New_Page'Decision54 1
                    empty
    New_Page'Decision56 1
                    empty
    New_Page'Final50 1
                     empty
    New_Page'Merge47 1
                     empty
    New_Page'START 1
                    Empty

Home Properties
-------------------------------------------------------------------
  Home Markings
    [4]

 Liveness Properties
-------------------------------------------------------------------
  Dead Markings
    [4]
  Dead Transition Instances
    New_Page'Credit_card_was_expired 1
    New_Page'Final49 1
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.5 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของกรณีศึกษาการจ่ายเงินด้วยบัตรเครดิต (ต่อ)

New_Page'Inform_customer 1
New_Page'Merge48 1
New_Page'Merge53 1
New_Page'Merge55 1
New_Page'Merge57 1
New_Page'Security_check 1
New_Page'generate_the_confirmation_number 1
New_Page'the_credit_card_limit_not_enough 1
New_Page'the_credit_card_was_expired 1

Live Transition Instances
None

Fairness Properties

No infinite occurrence sequences.

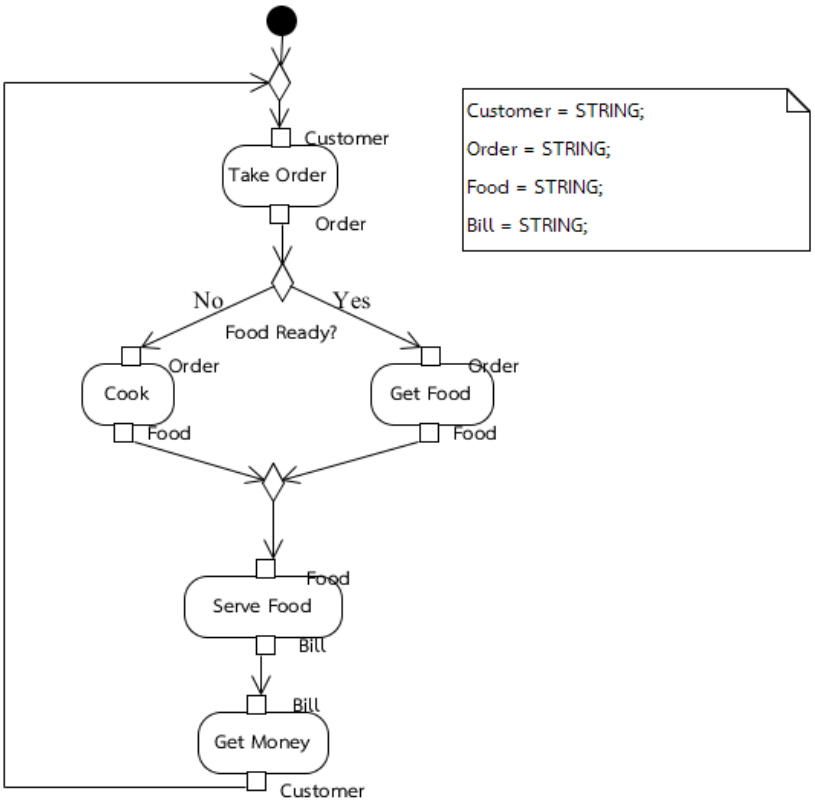
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.3 กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ

แผนภาพกิจกรรมการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบกรณีที่มีการวนซ้ำ รูปที่ 5.19 เป็นแผนภาพกิจกรรมการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ โดยเริ่มจากการรับรายการสั่งอาหารจากลูกค้า ทำการตรวจสอบว่ารายการอาหารที่ลูกค้าสั่งพร้อมเสิร์ฟหรือไม่ โดยในส่วนของโหนดตัดสินใจนี้ Yes และ No จะถูกแปลงไปเป็นอินสคริปชันที่ทรานซิชันแบบส่วนของโปรแกรมในคัลเลอร์เพทริเน็ตเพื่อทำการสุ่มทางเลือกว่าเป็น Yes หรือ No โดยถ้าเป็น Yes จะหมายถึงอาหารพร้อมส่งให้แก่ลูกค้า แต่ถ้าเป็น No คืออาหารยังไม่พร้อมและจะต้องทำการปรุงอาหาร จากนั้นจะทำการส่งอาหารให้กับลูกค้า รับเงินจากลูกค้า และรอรับรายการสั่งอาหารจากลูกค้าคนถัดไปเรื่อยๆ โดยแผนภาพกิจกรรมของกรณีศึกษานี้จะไม่มีโหนดสุดท้าย

ตารางที่ 5.6 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ

รายการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
Pizza	Bill



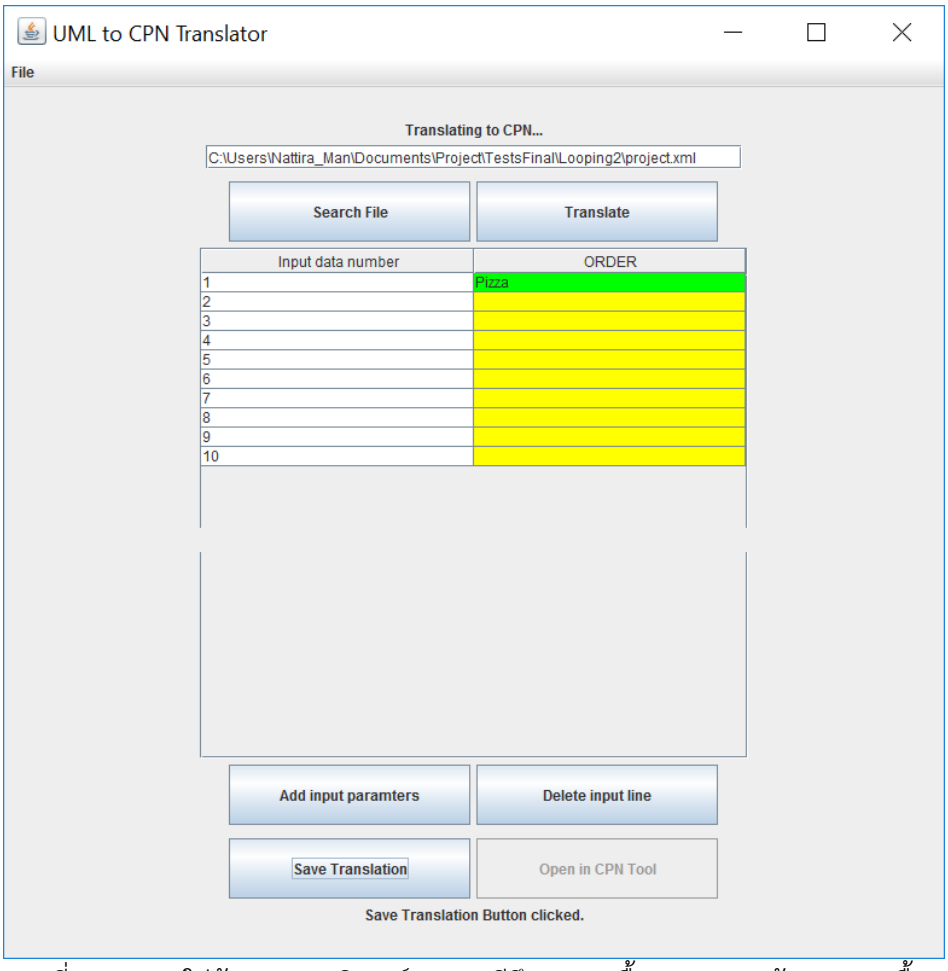
รูปที่ 5.19 แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการทดสอบ

เมื่อทำการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตามตารางที่ 5.6 ดังแสดงในรูปที่ 5.20 และทำการเลือกปุ่ม Save Translation เพื่อบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ไว้แล้ว จากนั้นเลือกปุ่ม Open in CPN Tool เพื่อแสดงคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้บนซีพีเอ็นทูล และเพื่อทำการจำลองการไหลของข้อมูล รูปที่ 5.21 เป็นตัวแปรที่ประกาศขึ้นในคัลเลอร์เพทริเน็ต และรูปที่ 5.22 เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ มีการกำหนดค่าตั้งต้นเป็น Pizza ตามที่ได้ใส่พารามิเตอร์ไว้ เมื่อทำการจำลองการทำงาน จะเห็นการไหลของข้อมูล เมื่อถึงโหนดตัดสินใจ ซึ่งข้อมูลจะต้องไหลไปทางใดทางหนึ่งเท่านั้น โดยจะใช้อินสคริปชันที่ทรานซิชันส่วนของโปรแกรมในการสุ่มค่าเป็นจริงหรือเท็จ ถ้าสุ่มได้ค่าที่เป็นจริง คือ อาหารพร้อมส่งให้ลูกค้า ข้อมูลจะไหลไปยัง Action Get Food ดังแสดงในรูปที่ 5.23 แต่ถ้าสุ่มได้ค่าที่เป็นเท็จ คือ อาหารไม่พร้อมส่งให้ลูกค้า ข้อมูลก็จะไหลไปยัง Action Cook ดังรูปที่ 5.24 และไม่ว่าจะไหลไปทาง

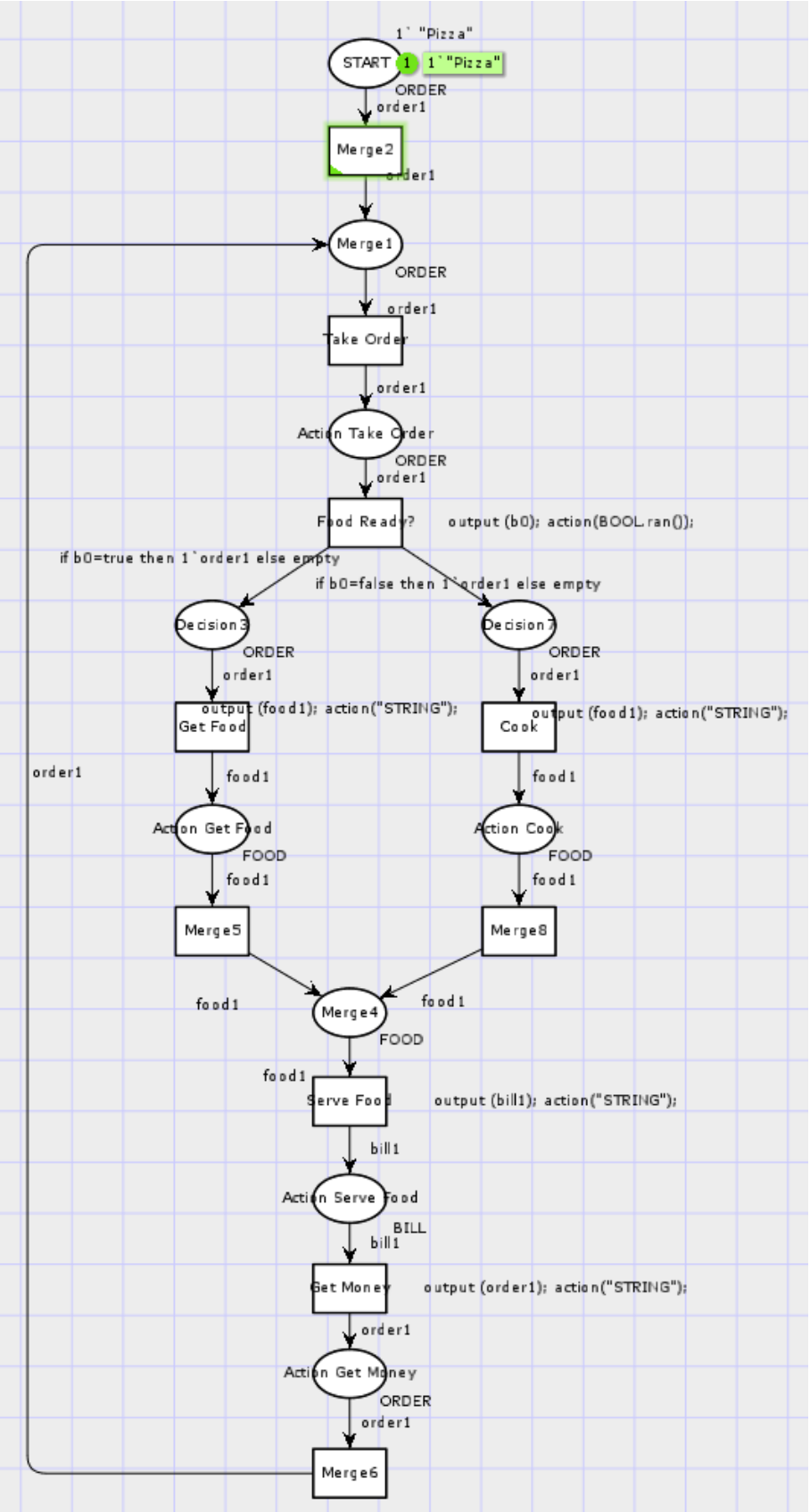
ใดก็ตามข้อมูลก็จะไหลไปยังโหนดผสาน Action Serf Food และไหลไปยัง Action Get Money จากนั้นจะกลับไปรับรายการอาหารจากลูกค้าคนถัดไป ตามรูปที่ 5.25



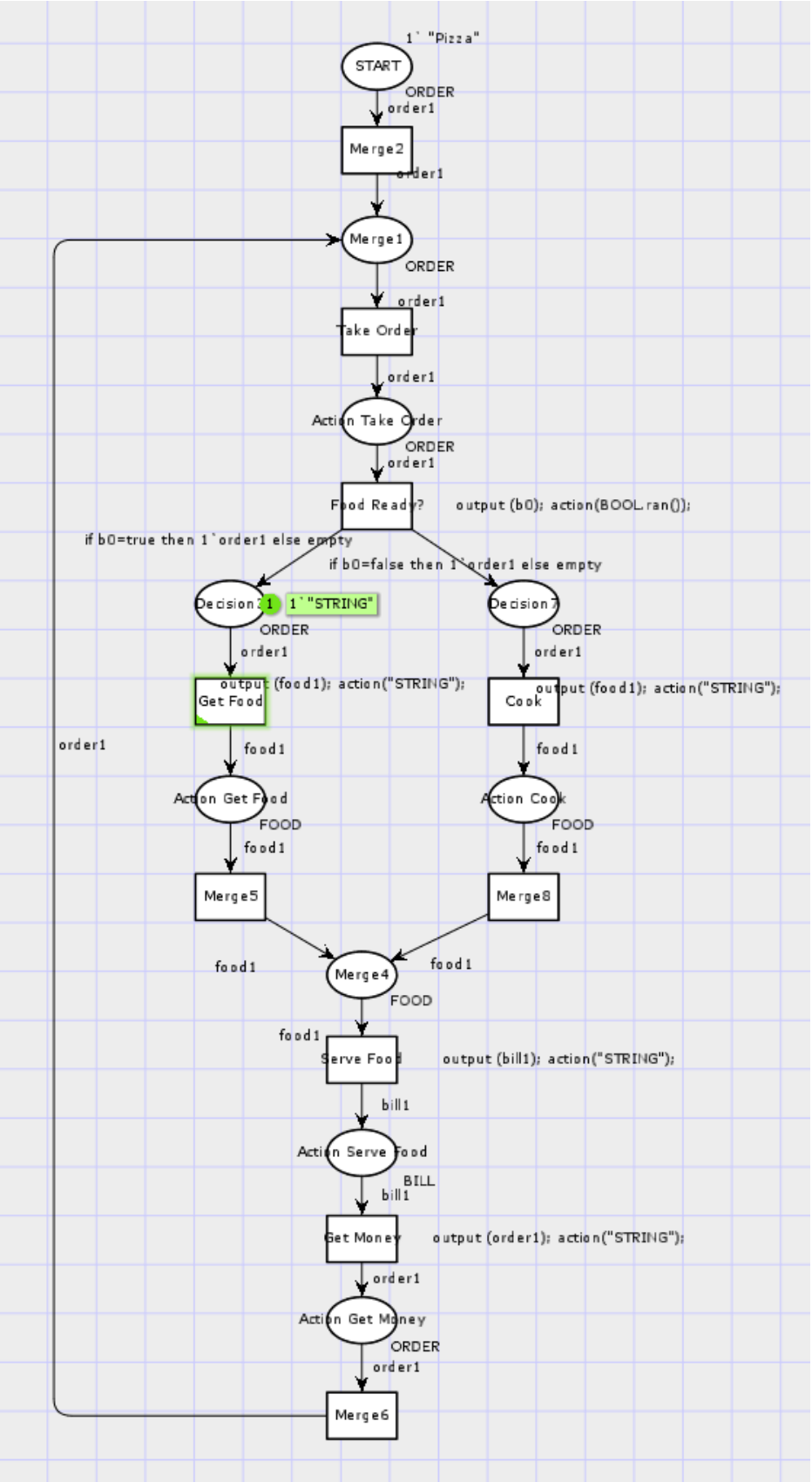
รูปที่ 5.20 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ

```
colset BOOL = bool;
colset INT = int;
colset STRING = string;
colset ORDER = STRING;
colset BILL = STRING;
colset FOOD = STRING;
var order1 : ORDER;
var bill1 : BILL;
var food1 : FOOD;
var b0 : BOOL;
```

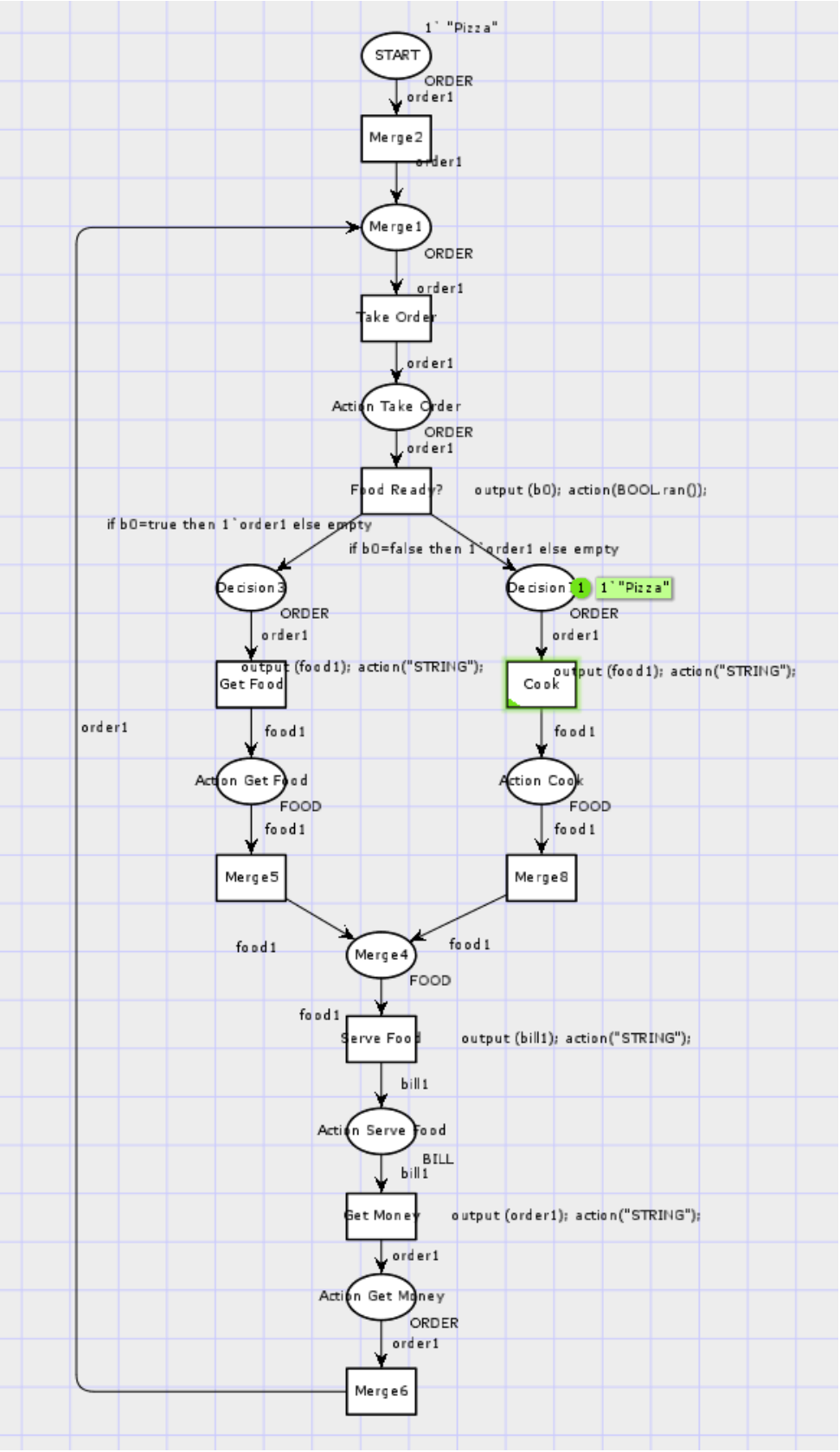
รูปที่ 5.21 ตัวแปรที่ประกาศบนคัลเลอร์เพทริเน็ตการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ



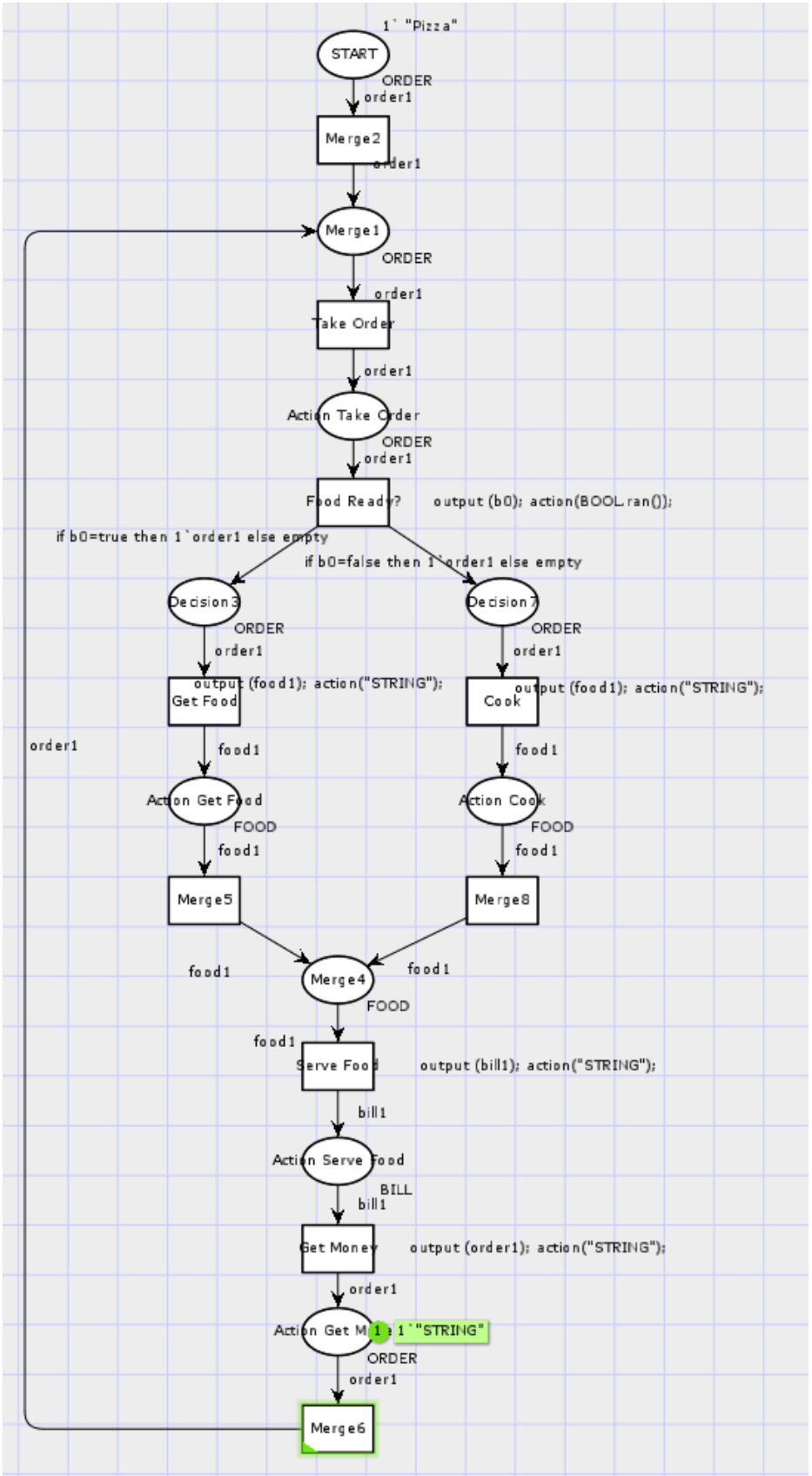
รูปที่ 5.22 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ



รูปที่ 5.23 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่ออาหารพร้อมส่งให้ลูกค้า



รูปที่ 5.24 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่ออาหารไม่พร้อมส่งให้ลูกค้า



รูปที่ 5.25 การจำลองการไหลของข้อมูลเมื่อถึงการวนซ้ำเพื่อไปรับรายการสั่งอาหารจากลูกค้าถัดไป

ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

จากรายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะคัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ

CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/TestsFinal/Looping2/project-1.cpn
Report generated: Sun Mar 19 19:27:12 2017

Statistics

State Space
Nodes: 12
Arcs: 12
Secs: 0
Status: Full

Scc Graph
Nodes: 6
Arcs: 5
Secs: 0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Boundedness Properties

Best Integer Bounds

	Upper	Lower
New_Page'Action_Cook 1	1	0
New_Page'Action_Get_Food 1	1	0
New_Page'Action_Get_Money 1	1	0
New_Page'Action_Serve_Food 1	1	0
New_Page'Action_Take_Order 1	1	0
New_Page'Decision3 1	1	0

ตารางที่ 5.7 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ (ต่อ)

New_Page'Decision7 1	1	0
New_Page'Merge1 1	1	0
New_Page'Merge4 1	1	0
New_Page'START 1	1	0

Best Upper Multi-Set Bounds

New_Page'Action_Cook 1	1`"STRING"
New_Page'Action_Get_Food 1	1`"STRING"
New_Page'Action_Get_Money 1	1`"STRING"
New_Page'Action_Serve_Food 1	1`"STRING"
New_Page'Action_Take_Order 1	1`"Pizza"++1`"STRING"
New_Page'Decision3 1	1`"STRING"
New_Page'Decision7 1	1`"Pizza"
New_Page'Merge1 1	1`"Pizza"++1`"STRING"
New_Page'Merge4 1	1`"STRING"
New_Page'START 1	1`"Pizza"

Best Lower Multi-Set Bounds

New_Page'Action_Cook 1	empty
New_Page'Action_Get_Food 1	empty
New_Page'Action_Get_Money 1	empty
New_Page'Action_Serve_Food 1	empty
New_Page'Action_Take_Order 1	empty
New_Page'Decision3 1	empty
New_Page'Decision7 1	empty
New_Page'Merge1 1	empty
New_Page'Merge4 1	empty
New_Page'START 1	empty

ตารางที่ 5.7 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ (ต่อ)

Home Properties

Home Markings

7 [6 7 8 9 10 ...]

Liveness Properties

Dead Markings

None

Dead Transition Instances

None

Live Transition Instances

New_Page'Food_Ready 1

New_Page'Get_Food 1

New_Page'Get_Money 1

New_Page'Merge5 1

New_Page'Merge6 1

New_Page'Serve_Food 1

New_Page'Take_Order 1

Fairness Properties

Impartial Transition Instances

New_Page'Food_Ready 1

New_Page'Get_Money 1

New_Page'Merge5 1

New_Page'Merge6 1

New_Page'Serve_Food 1

New_Page'Take_Order 1

New_Page'Get_Food 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

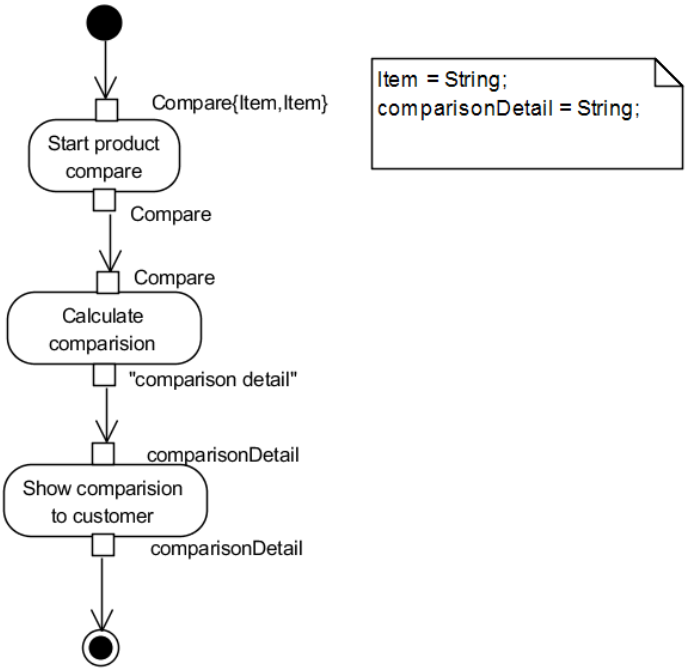
ตารางที่ 5.7 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อ (ต่อ)

Fair Transition Instances
New_Page'Cook 1
New_Page'Merge2 1
New_Page'Merge8 1
Just Transition Instances
None
Transition Instances with No Fairness
None

5.3.4 กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการเปรียบเทียบสินค้า

แผนภาพกิจกรรมการเปรียบเทียบสินค้า มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบการแปลงตัวแปรที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นตัวแปรแบบผลคูณในคัลเลอร์เพทริเน็ต แผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลการเปรียบเทียบสินค้าแสดงใน

รูปที่ 5.26 โดยการทำงานของแผนภาพกิจกรรมเริ่มจากการใส่ชื่อสินค้าที่ต้องการเปรียบเทียบลงไปโดยใช้เครื่องหมายจุลภาค (Comma) คั่นกลางระหว่างรายการสินค้าที่ต้องการจะเปรียบเทียบ และทำการแสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบ



รูปที่ 5.26 แผนภาพกิจกรรมการเปรียบเทียบสินค้า

ตารางที่ 5.8 กรณีทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกรณีศึกษาการเปรียบเทียบสินค้า

สินค้า	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
iPhone7, SamsungS7	Comparison detail

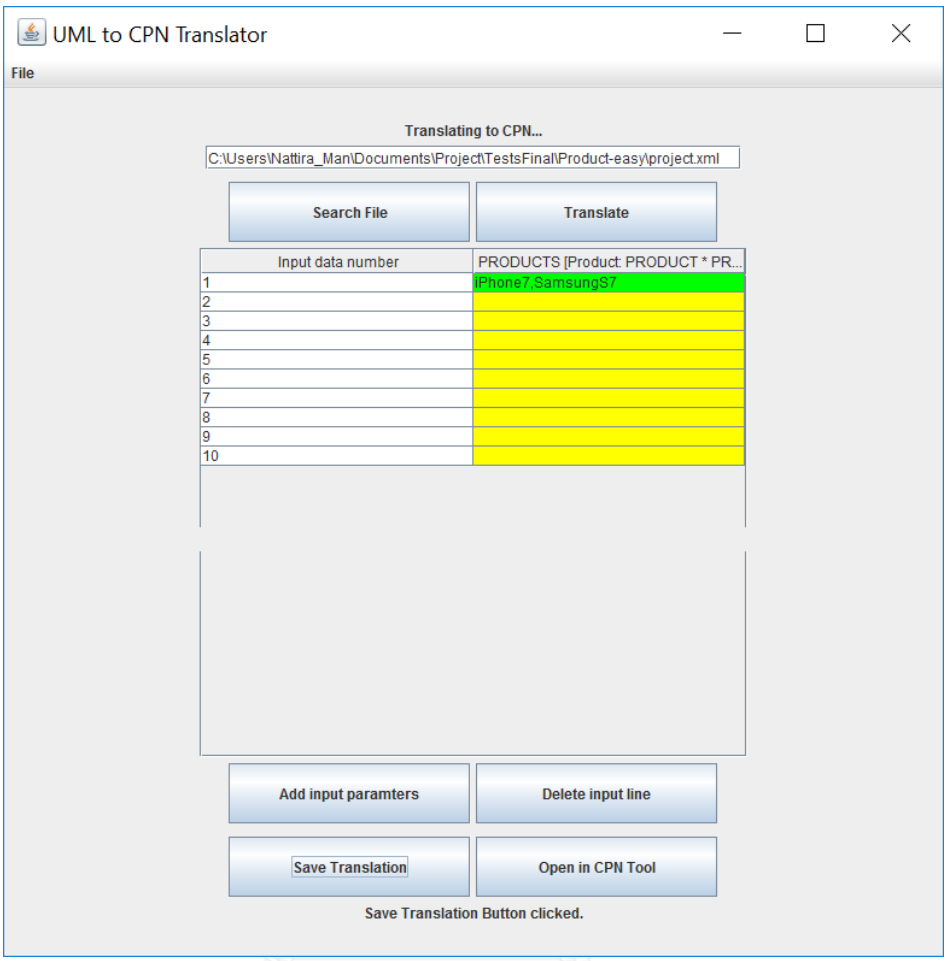
ผลการทดสอบ

เมื่อทำการทดสอบโดยใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตามตารางที่ 5.8 ดังแสดงในรูปที่ 5.27 จากนั้นจึงเลือกปุ่ม SaveTranslation เพื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่เครื่องมือแปลงไว้ แล้วเลือกปุ่ม Open in CPN Tool เพื่อนำเอาคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ออกมาแสดงบนซีพีเอ็นทูล รูปที่ 5.28 เป็นตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตซึ่งได้มาจากการแปลงตัวแปร ข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออกนั่นเอง ซึ่งจะเห็นว่ามี คัลเลอร์เซตชื่อ COMPARE ถูกประกาศเป็นคัลเลอร์เซตแบบผลคูณของคัลเลอร์เซต Item สองตัว รูปที่ 5.29 เป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลง โดยมีค่าตั้งต้นเป็น 1` (“iPhone7, SamsungS7”) ตามที่ใส่ข้อมมูลพารามิเตอร์เข้าไป และเมื่อเริ่มการจำลองการไหลของข้อมูลดังแสดงรูปที่ 5.30 เมื่อมีการไหลผ่านทรานซิชัน calculate comparison จะได้ข้อมูลออกมาเป็น comparison detail ซึ่งเป็นรายละเอียดการเปรียบเทียบสินค้า และรูปที่ 5.31 รายละเอียดการเปรียบเทียบสินค้าจะถูกนำไปแสดง จากการจำลองการทำงานนี้จะเห็นว่าข้อมูลไหลถูกต้องตามหลักการของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลและได้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็น Comparison detail

ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

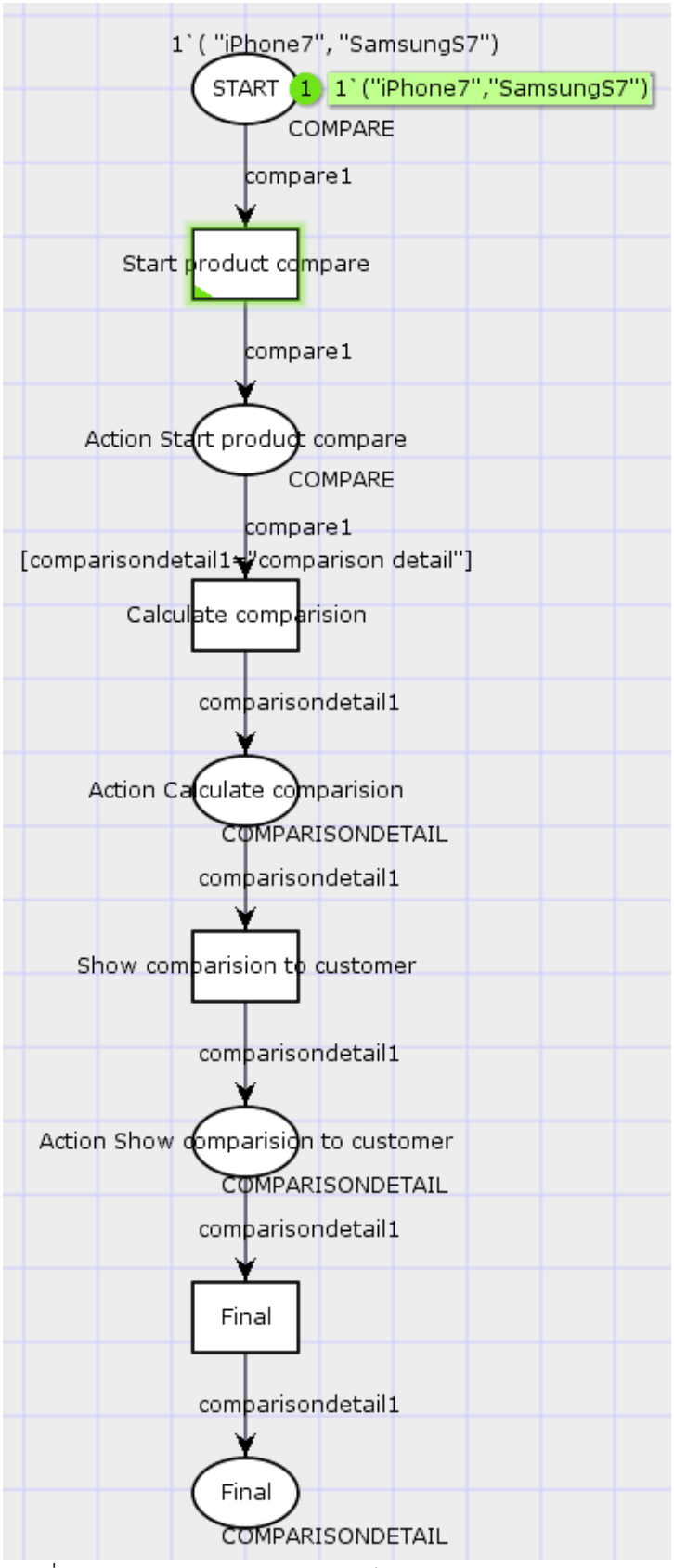
จากรายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะคัลเลอร์เพทริเน็ตของการซื้ออาหารจากร้านสะดวกซื้อดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

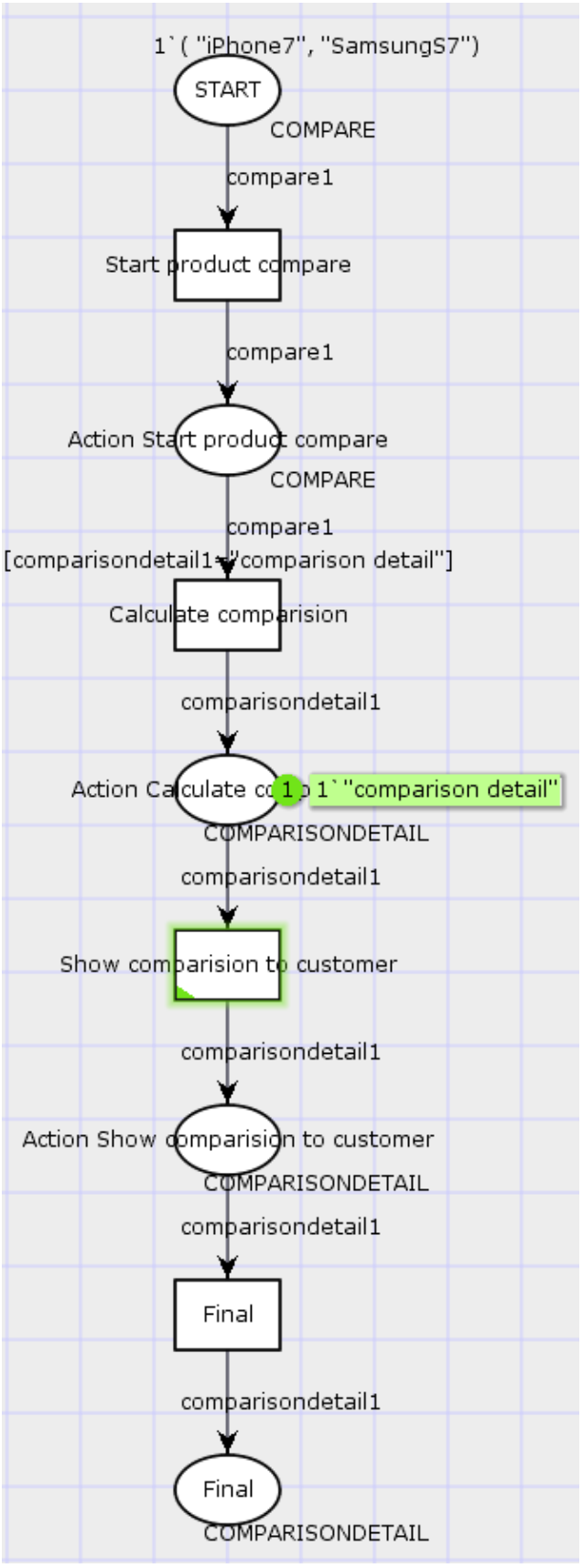


รูปที่ 5.27 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการเปรียบเทียบสินค้า

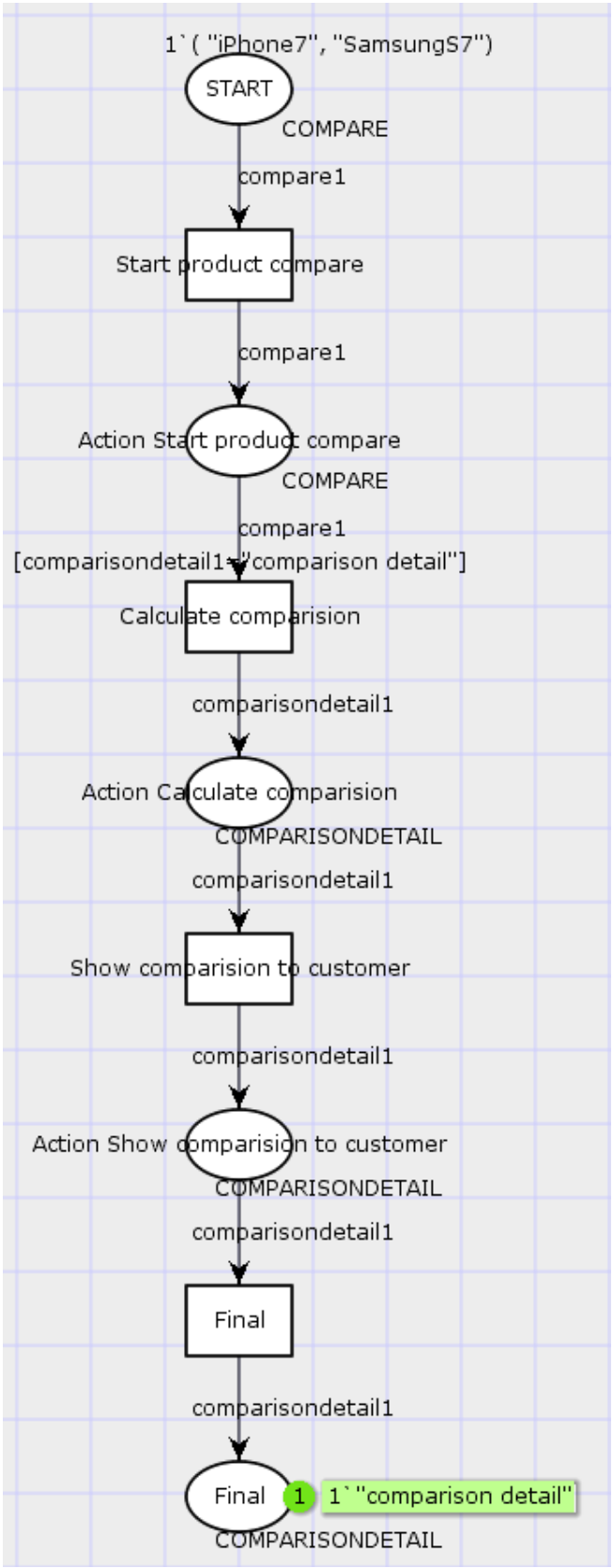
รูปที่ 5.28 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า



รูปที่ 5.29 แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตของการเปรียบเทียบสินค้า



รูปที่ 5.30 จำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า



รูปที่ 5.31 จำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเปรียบเทียบสินค้า (ต่อ)

ตารางที่ 5.9 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเปรียบเทียบสินค้า

```
CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/TestsFinal/Pr
oduct-easy/project.cpn
Report generated: Sat Apr 22 19:15:53 2017

 Statistics
------------------------------------------------------------

  State Space
     Nodes:  5
     Arcs:   4
     Secs:   0
     Status: Full

  Scc Graph
     Nodes:  5
     Arcs:   4
     Secs:   0


 Boundedness Properties
------------------------------------------------------------

  Best Integer Bounds
                              Upper      Lower
     New_Page'Action_Calculate_comparision 1
                              1          0
     New_Page'Action_Show_comparision_to_customer 1
                              1          0
     New_Page'Action_Start_product_compare 1
                              1          0
     New_Page'Final 1         1          0
     New_Page'START 1         1          0

  Best Upper Multi-Set Bounds
     New_Page'Action_Calculate_comparision 1
                           1`"comparison detail"
     New_Page'Action_Show_comparision_to_customer 1
                           1`"comparison detail"
     New_Page'Action_Start_product_compare 1
                           1`("iPhone7","SamsungS7")
     New_Page'Final 1      1`"comparison detail"
     New_Page'START 1      1`("iPhone7","SamsungS7")

  Best Lower Multi-Set Bounds
     New_Page'Action_Calculate_comparision 1
                           empty
     New_Page'Action_Show_comparision_to_customer 1
                           empty
```

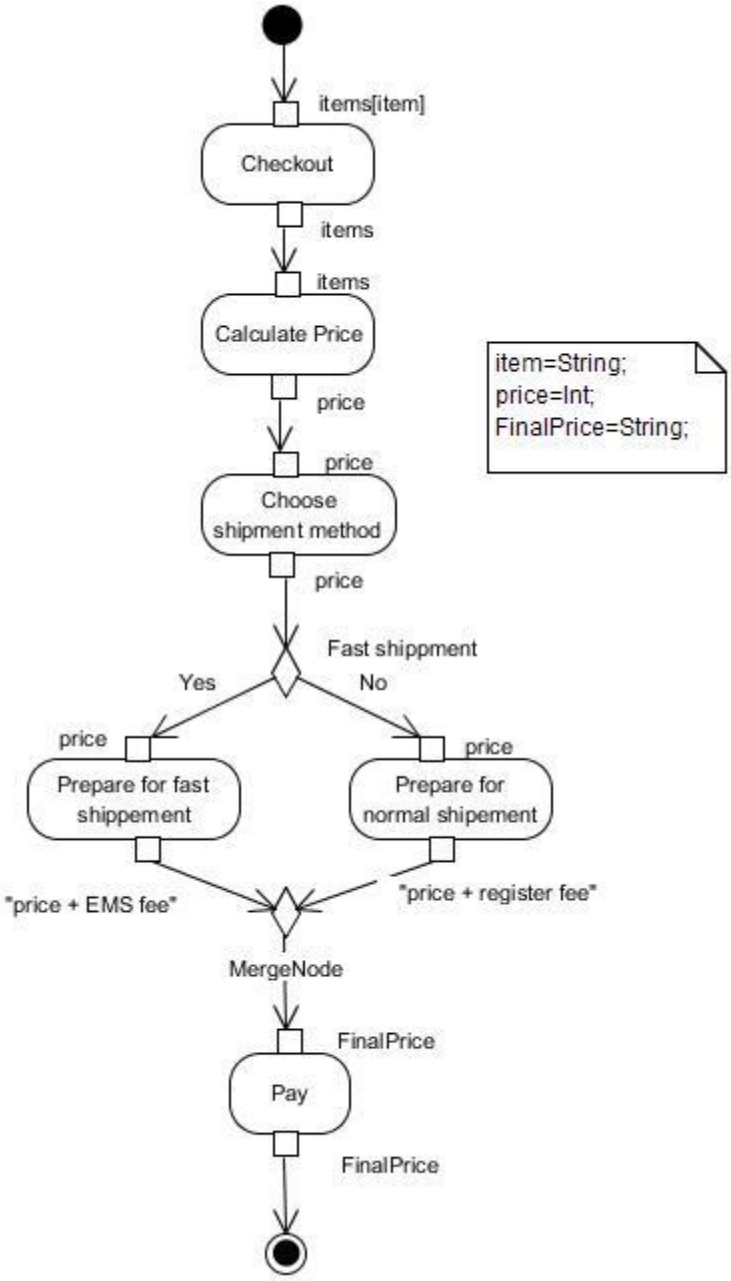
ตาราง 5.9 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเปรียบเทียบสินค้า (ต่อ)

```
     New_Page'Action_Start_product_compare 1
                          empty
     New_Page'Final 1     empty
     New_Page'START 1     empty


 Home Properties
-----------------------------------------------------------------

  Home Markings
     [5]


 Liveness Properties
-----------------------------------------------------------------

  Dead Markings
     [5]

  Dead Transition Instances
     None

  Live Transition Instances
     None


 Fairness Properties
-----------------------------------------------------------------
     No infinite occurrence sequences.
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.5 กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ

แผนภาพกิจกรรมการการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบการแปลงตัวแปรที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นตัวแปรแบบรายการในคัลเลอร์เพทริเน็ต รูปที่ 5.32 คือแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล โดยการทำงานของแผนภาพเริ่มจากการใส่รายการสินค้าทั้งหมดที่ต้องการสั่งซื้อ และเมื่อถึงโหนดทางแยกเพื่อทำการเลือกว่าจะให้ส่งสินค้าโดยการส่งแบบเร่งด่วน หรือส่งแบบลงทะเบียนธรรมดา เมื่อทำการเลือกแล้วก็จะได้ราคาสุดท้ายของรายการทั้งหมดรวมด้วยค่าบริการในการส่งของ



รูปที่ 5.32 แผนภาพกิจกรรมการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ

ตารางที่ 5.10 กรณีทดสอบของกรณีศึกษาการคิดเงินจากรายการสั่งซื้อ

รายการสินค้า	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
Iphone7, Charging, Case	FinalPrice
Power bank	FinalPrice
iPadmini, Case	FinalPrice

ผลการทดสอบ

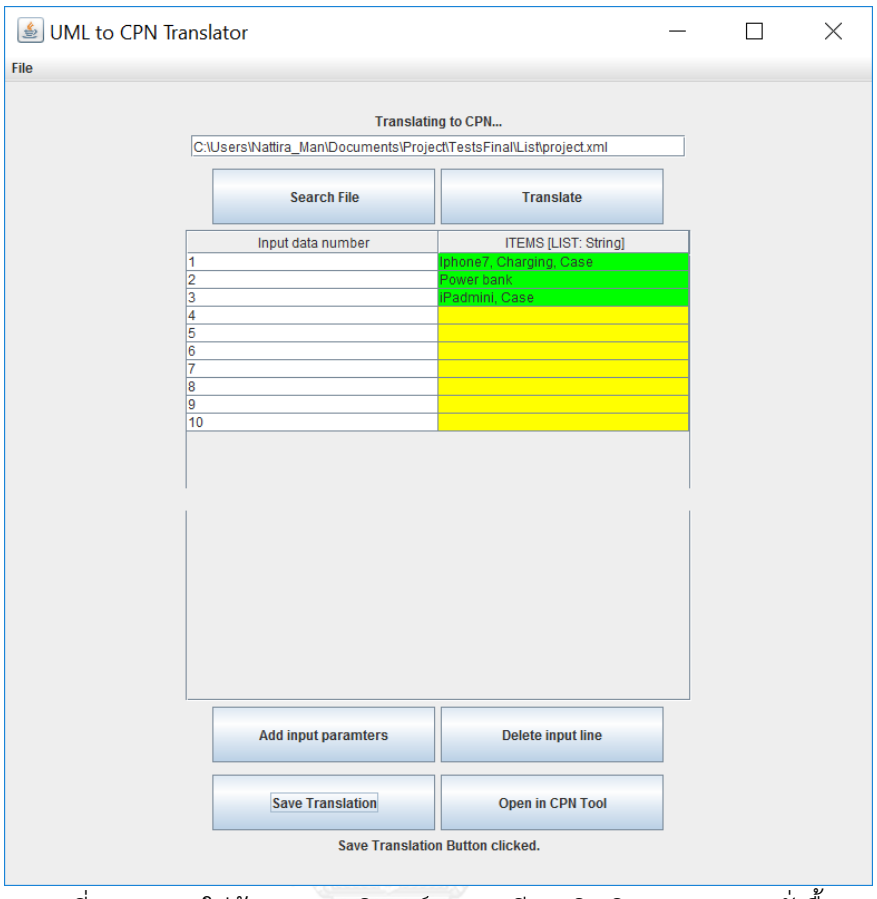
เครื่องมือทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อเรียบร้อยแล้วก็จะมาถึงการทดสอบการจำลองการทำงานของเครื่องมือ โดยใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตามตารางที่ 5.10 รูปที่ 5.34 เป็นตัวแปรและคัลเลอร์เซตที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ต คัลเลอร์เซต ITEMS ประกาศเป็นคัลเลอร์เซตแบบลิสต์ที่ประกอบไปด้วยคัลเลอร์เซตพื้นฐาน Item ซึ่งประกาศเป็นคัลเลอร์เซตพื้นฐานแบบสายอักขระ และจะได้คัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.35 มีพารามิเตอร์ 3ตัวคือ

```
1`["IPhone7","Charging","Case”] ++
1`["Powerbank”] ++
1`["iPadmini","Case"]
```

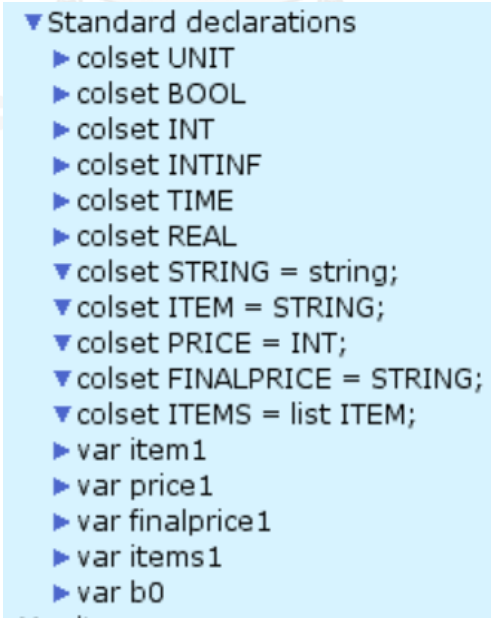
ตามที่ใส่ข้อมูลพารามิเตอร์เข้าไป เมื่อจำลองการทำงานเพื่อดูการไหลของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5.35 จะเห็นว่าข้อมูลไหลไปตามโหนดการกระทำถูกต้อง เมื่อไหลไปถึงโหนดตัดสินใจซึ่งข้อมูลหนึ่งชุดจะไหลไปทางใดทางหนึ่งเท่านั้น จากรูปที่ 5.36 มีข้อมูลหนึ่งชุดไหลไปทางการส่งสินค้าแบบเร่งด่วน และข้อมูลอีกชุดหนึ่งไหลไปยังการส่งสินค้าแบบลงทะเบียนธรรมดา ซึ่งข้อมูลที่ไหลไปทางส่งแบบเร่งด่วนก็จะได้ผลออกมาเป็นราคาสินค้าบวกกับราคาค่าบริการการส่งแบบเร่งด่วน และข้อมูลที่ไหลไปทางการส่งสินค้าแบบลงทะเบียนธรรมดาก็จะได้ราคาสินค้าบวกด้วยค่าบริการในการส่งสินค้าแบบลงทะเบียนธรรมดาดังแสดงในรูปที่ 5.37 และข้อมูลรายการสินค้าทั้งสามตัวจะไหลไปยังโหนดสุดท้ายซึ่งจะเป็นราคาของสินค้าและค่าบริการในการส่งสินค้าทั้ง 3 รายการดังแสดงใน
รูปที่ 5.38

ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

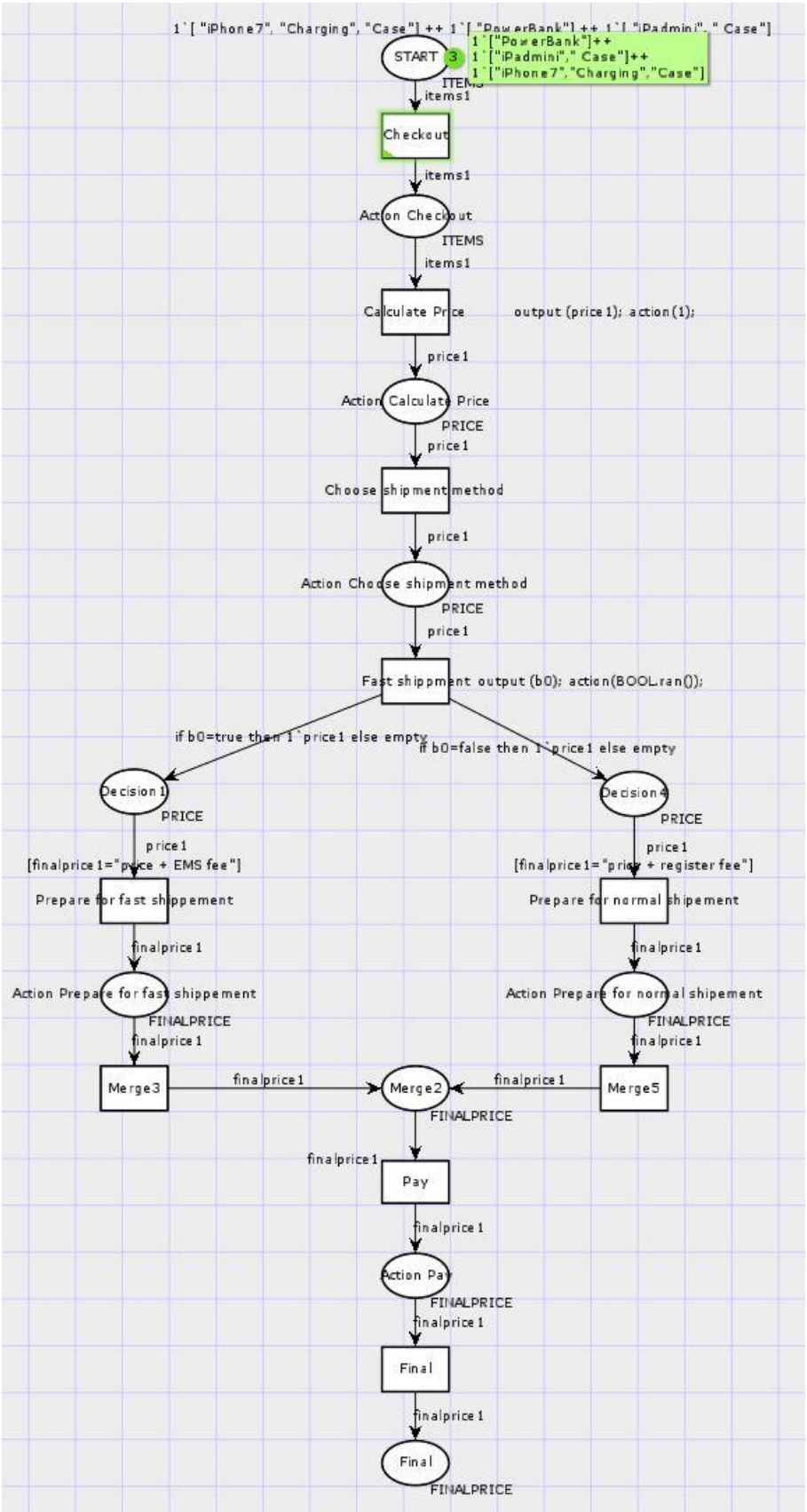
เมื่อทำการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดเงินจากรายการสั่งซื้อ จะได้รายละเอียดของรายงานตามตารางที่ 5.11



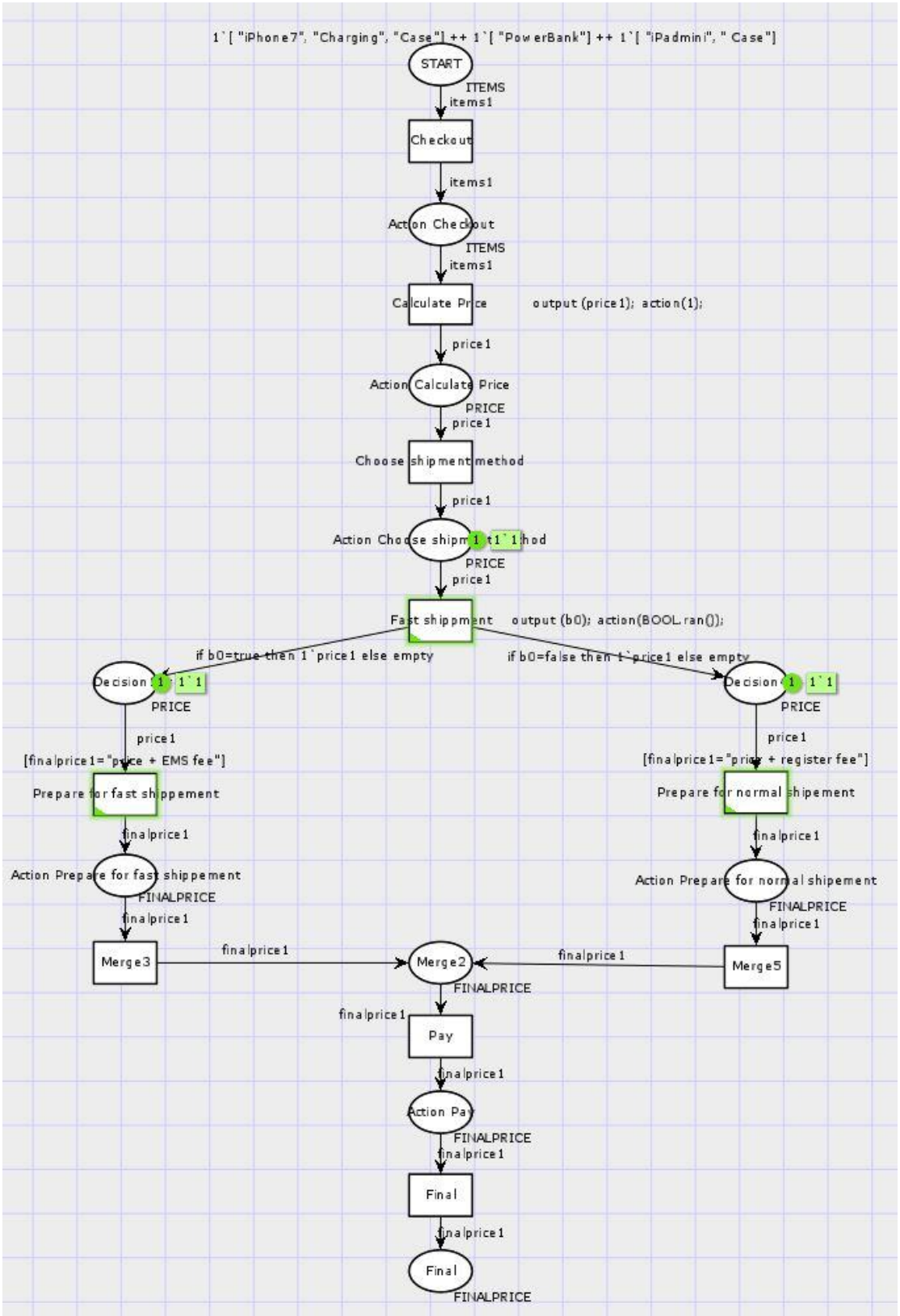
รูปที่ 5.33 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีการคิดเงินจากรายการสั่งซื้อ



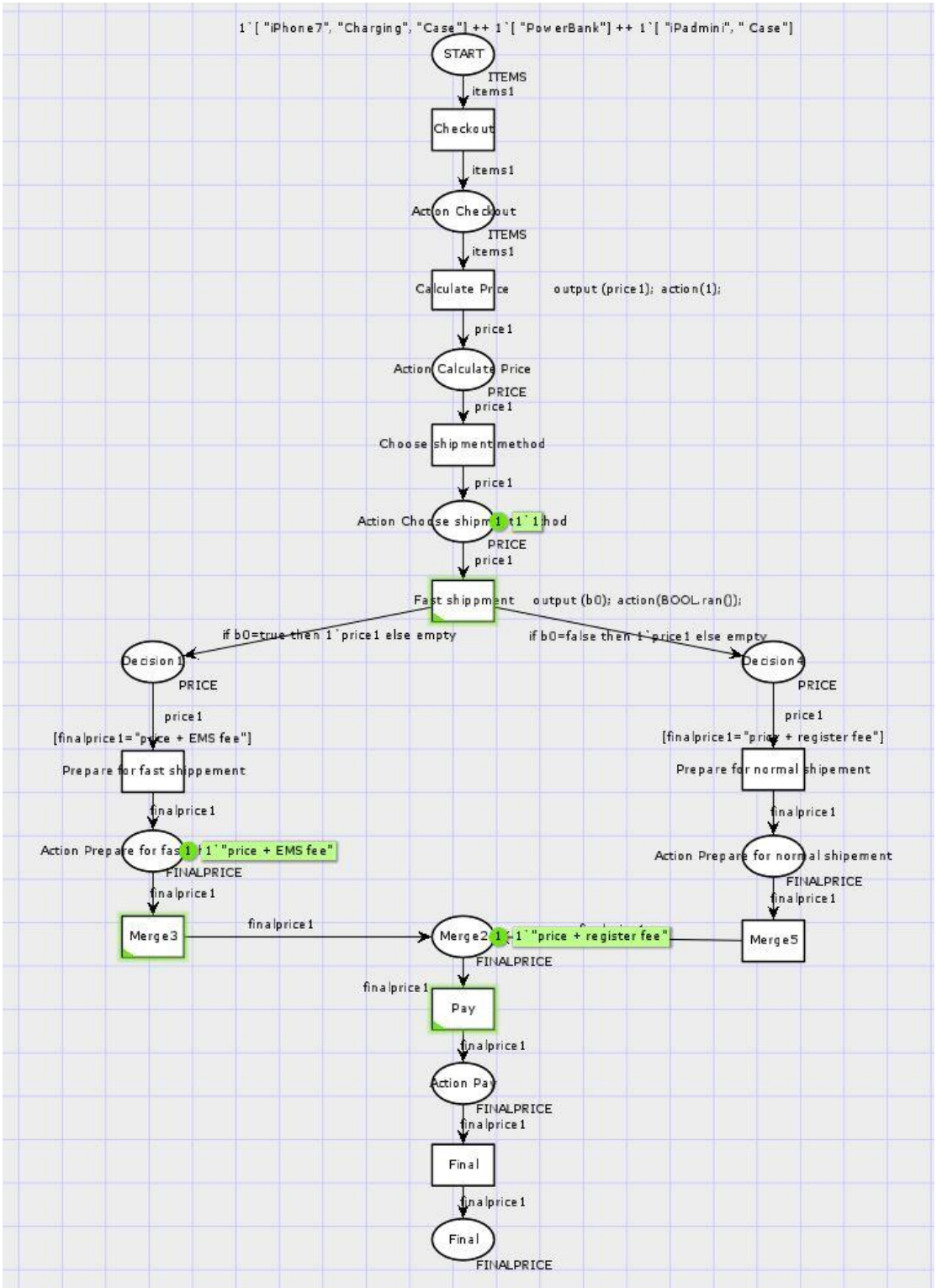
รูปที่ 5.34 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาของจากรายการสั่งซื้อ



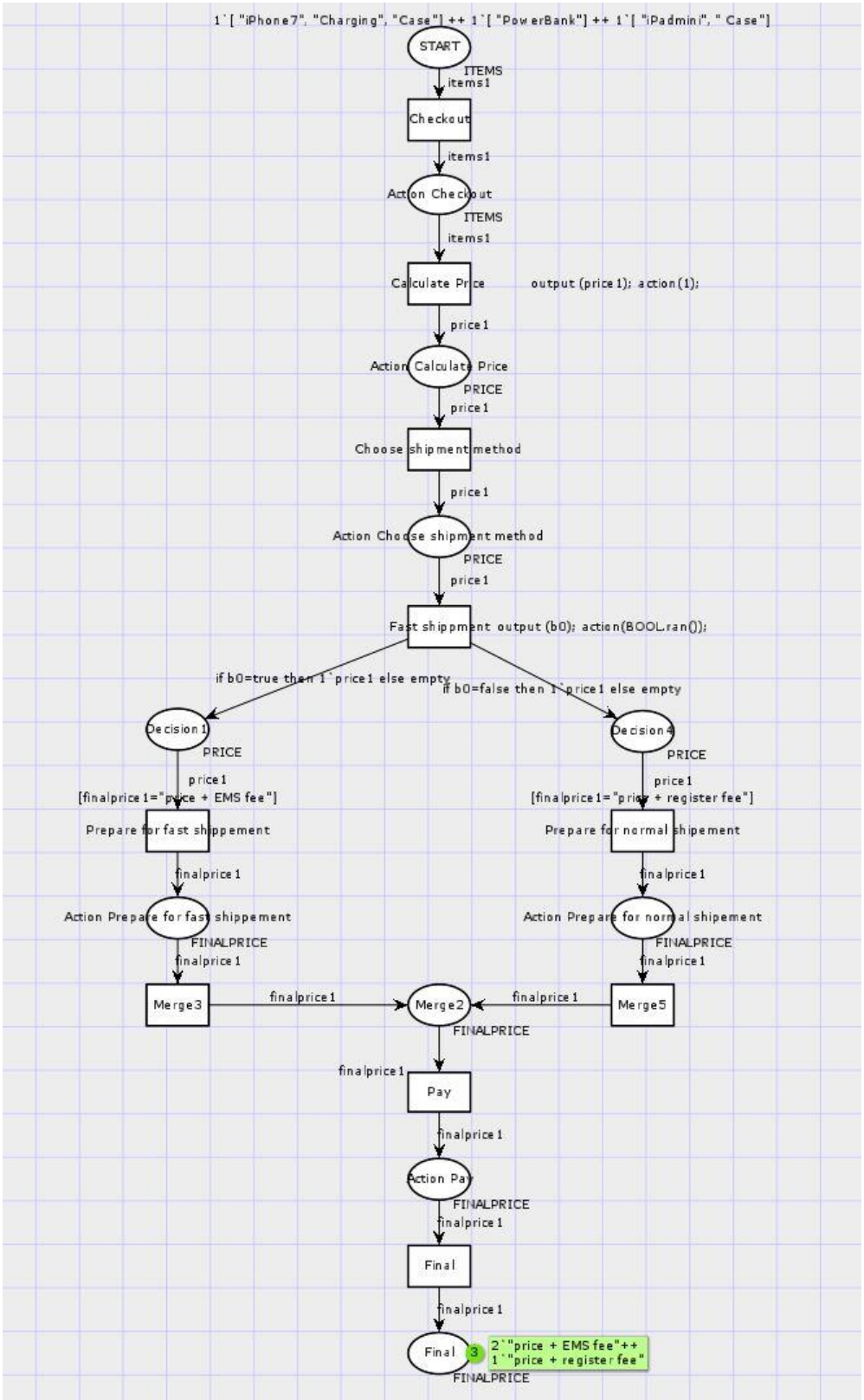
รูปที่ 5.35 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ



รูปที่ 5.36 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ



รูปที่ 5.37 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ)



รูปที่ 5.38 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ)

ตารางที่ 5.11 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ

```
CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/TestsFinal/Li
st/project2.cpn
Report generated: Thu Apr 27 05:06:28 2017


 Statistics
------------------------------------------------------------------
  State Space
     Nodes:  949
     Arcs:   2306
     Secs:   1
     Status: Full

  Scc Graph
     Nodes:  949
     Arcs:   2306
     Secs:   0


 Boundedness Properties
------------------------------------------------------------------

  Best Integer Bounds
                                                 Upper       Lower
     New_Page'Action_Calculate_Price 1             3           0
     New_Page'Action_Checkout 1                    3           0
     New_Page'Action_Choose_shipment_method 1
                                                   3           0
     New_Page'Action_Pay 1                         3           0
     New_Page'Action_Prepare_for_fast_shippement 1
                                                   3           0
     New_Page'Action_Prepare_for_normal_shipement 1
                                                   3           0
     New_Page'Decision1 1                          3           0
     New_Page'Decision4 1                          2           0
     New_Page'Final 1                              3           0
     New_Page'Merge2 1                             3           0
     New_Page'START 1                              3           0

Best Upper Multi-Set Bounds
     New_Page'Action_Calculate_Price 1
                          3`1
     New_Page'Action_Checkout 1
                          1`["IPhone7","Charging","Case”] ++
                          1`["Powerbank”] ++
                         1`["iPadmini","Case"]
     New_Page'Action_Choose_shipment_method 1
                          3`1
```

ตารางที่ 5.11 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ)

```
     New_Page'Action_Pay 1
                         3`"price + EMS fee"++
                        3`"price + register fee"
     New_Page'Action_Prepare_for_fast_shippement 1
                         3`"price + EMS fee"
     New_Page'Action_Prepare_for_normal_shipement 1
                         3`"price + register fee"
     New_Page'Decision1 1
                         3`1
     New_Page'Decision4 1
                         2`1
     New_Page'Final 1    3`"price + EMS fee"++
                        3`"price + register fee"
     New_Page'Merge2 1   3`"price + EMS fee"++
                        3`"price + register fee"
     New_Page'START 1    1`["IPhone7","Charging","Case”] ++
                        1`["Powerbank”] ++
                        1`["iPadmini","Case"]

Best Lower Multi-Set Bounds
     New_Page'Action_Calculate_Price 1
                         empty
     New_Page'Action_Checkout 1
                         empty
     New_Page'Action_Choose_shipment_method 1
                         empty
     New_Page'Action_Pay 1
                         empty
     New_Page'Action_Prepare_for_fast_shippement 1
                         empty
     New_Page'Action_Prepare_for_normal_shipement 1
                         empty
     New_Page'Decision1 1
                         empty
     New_Page'Decision4 1
                         empty
     New_Page'Final 1    empty
     New_Page'Merge2 1   empty
     New_Page'START 1    empty

Home Properties
------------------------------------------------------------
  Home Markings
     None
Liveness Properties
------------------------------------------------------------
  Dead Markings
     [946,947,948,949]
```

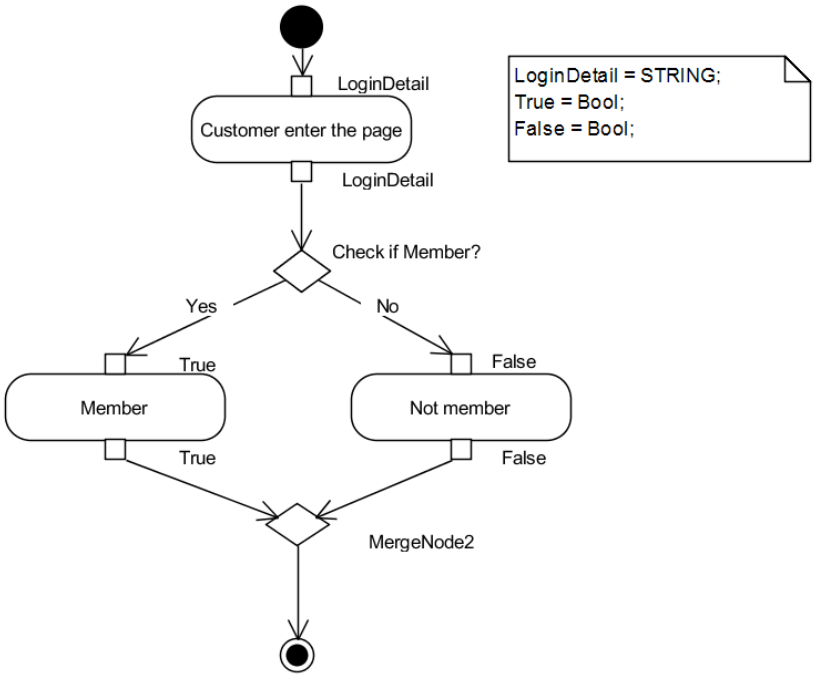
ตารางที่ 5.11 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการคิดราคาสินค้าจากรายการสั่งซื้อ (ต่อ)

```
Dead Transition Instances
     None

  Live Transition Instances
     None


 Fairness Properties
------------------------------------------------------------------
     No infinite occurrence sequences.
```

5.3.6 กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ

แผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบในกรณีการแปลงตัวแปรที่ประกาศในแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เซตพื้นฐานแบบบูลีน

รูปที่ 5.39เป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลของการเก็บสถิติผู้ที่เข้าใช้งานระบบ โดยการทำงานของแผนภาพคือผู้ที่เข้าใช้งานจะต้องทำการใส่ข้อมูลการเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลของผู้ใช้งานระบบเป็นสมาชิกหรือไม่ ซึ่งสุดท้ายจะเป็นข้อมูลสถิติว่าผู้ที่ใช้งานระบบเป็นสมาชิกกี่คนและที่ไม่เป็นสมาชิกกี่คน



รูปที่ 5.39 แผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 5.12 กรณีทดสอบของกรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ

ชื่อที่ใช้ในการเข้าใช้งานระบบ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
Nadech	TRUE หรือ FALSE
Nattira	TRUE หรือ FALSE
Yaya	TRUE หรือ FALSE

ผลการทดสอบ

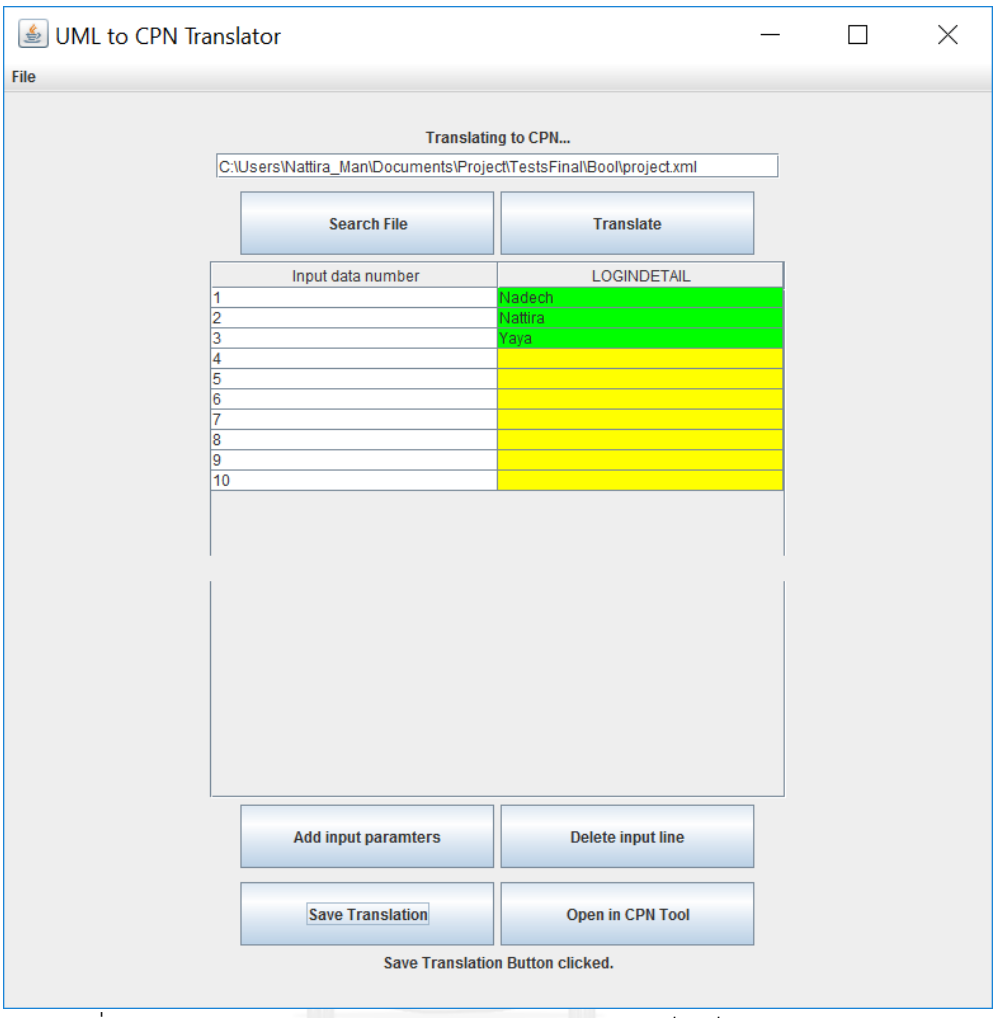
เมื่อทำการจำลองการทำงานของเครื่องมือโดยการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตาม ตารางที่ 5.12 ดังแสดงในรูปที่ 5.40 จากนั้นจึงเลือกปุ่ม Save Translation เพื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลง และเลือกปุ่ม Open in CPN Tool เพื่อเรียกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้มาแสดงบนซีพีเอ็นทูล จากรูปที่ 5.41 เป็นตัวแปรที่ประกาศในคัลเลอร์เพทริเน็ตจะเห็นว่ามีการประกาศคัลเลอร์เซต TRUE และคัลเลอร์เซต FALSE เป็นคัลเลอร์เซตแบบบูลีน และได้คัลเลอร์เพทริเน็ตดังแสดงในรูปที่ 5.42 ซึ่งมีค่าตั้งต้นดังนี้

```
1`"Nadech"++
1`"Nattira"++
1`"Yaya"
```

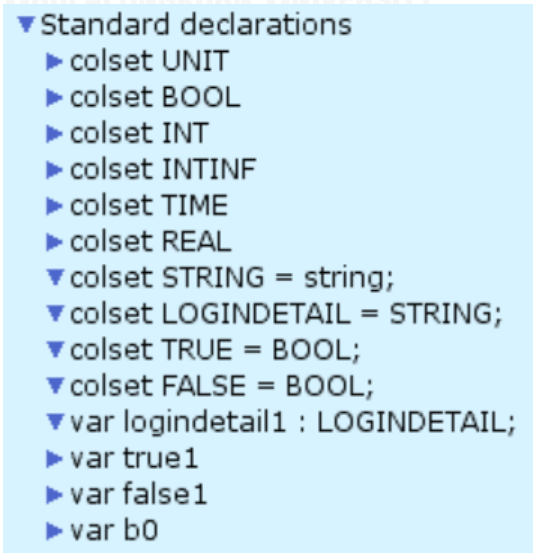
ซึ่งเป็นไปตามข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใส่เข้าไป เมื่อทำการจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตไปจนเจอโหนดตัดสินใจข้อมูลแต่ละตัวจะไหลไปทางใดทางหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 5.43 และรูปที่ 5.44 ถ้าหากผู้ใช้งานไม่ได้เป็นสมาชิกก็จะได้ผลออกมาเป็น false และถ้าหากผู้ใช้งานเป็นสมาชิกก็จะได้ผลออกมาเป็น true และข้อมูลทั้งสามชุดจะไหลไปยังโหนดสุดท้ายแล้วได้ผลรวมออกมาว่าผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก 2 คน และไม่ได้เป็นสมาชิก 1 คน ดังแสดงในรูปที่ 5.45

ผลการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะ

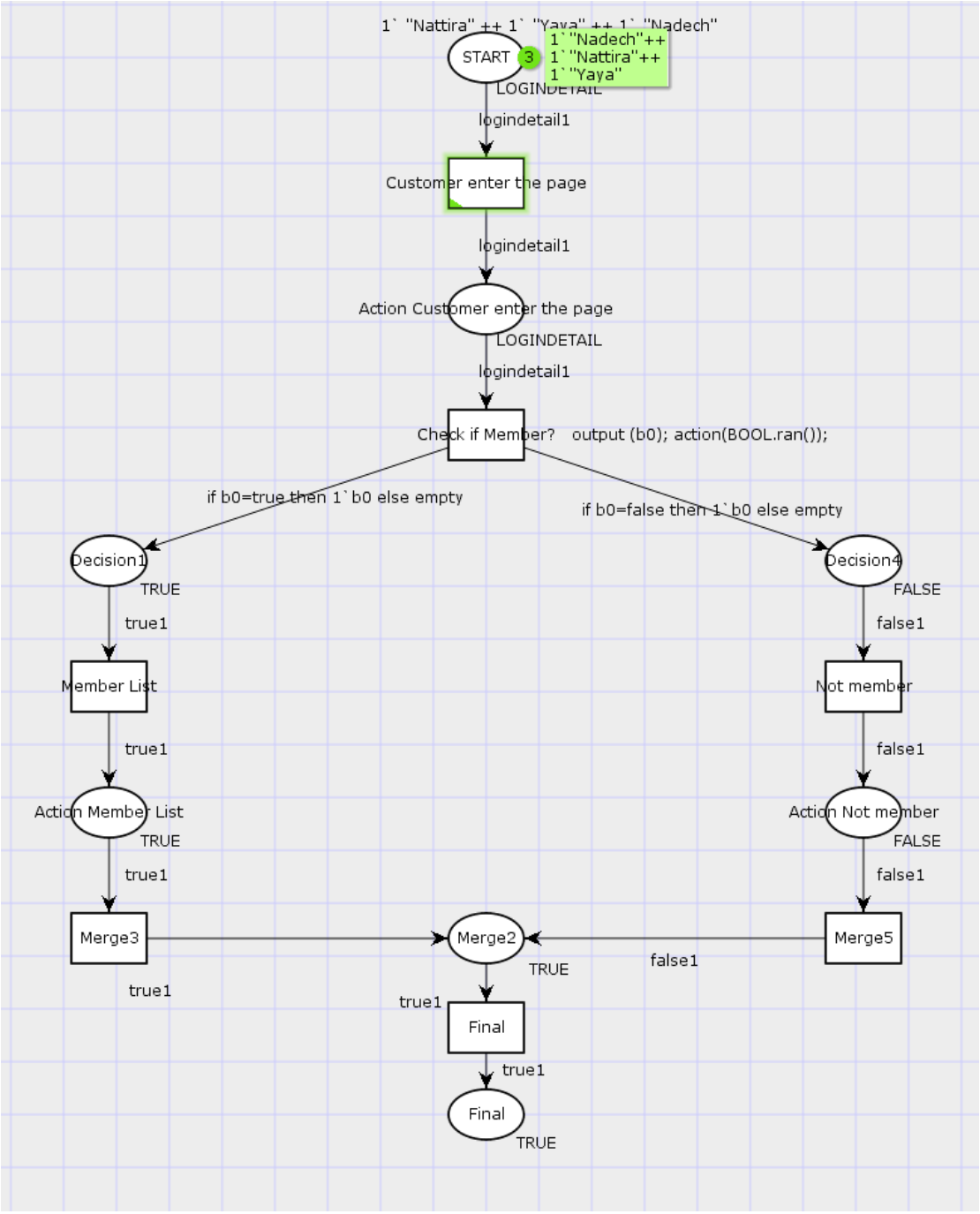
เมื่อทำการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของคัลเลอร์เพทริเน็ตเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ จะได้รายละเอียดของรายงานตามตารางที่ 5.13



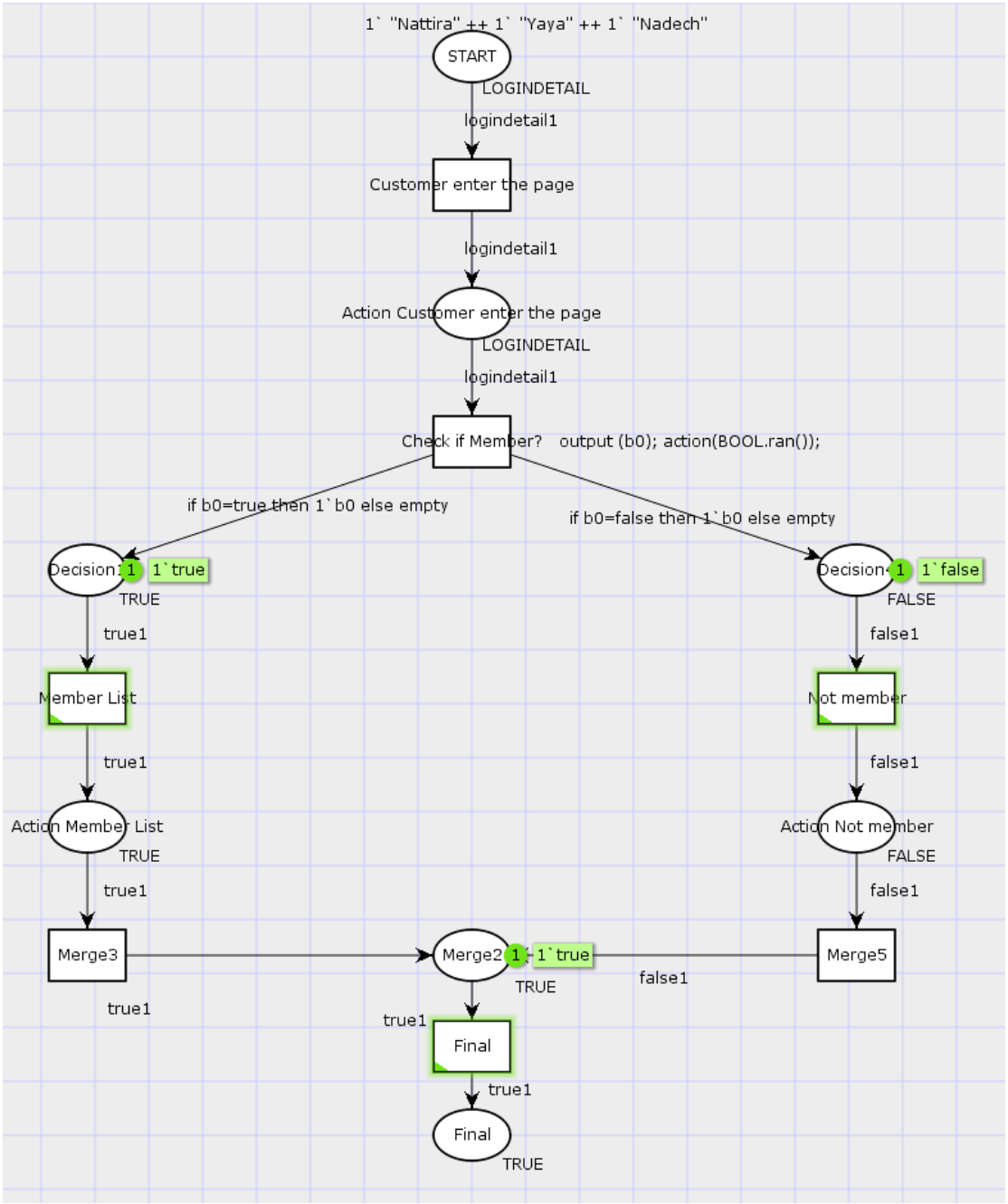
รูปที่ 5.40 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของกรณีศึกษาการเก็บเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ



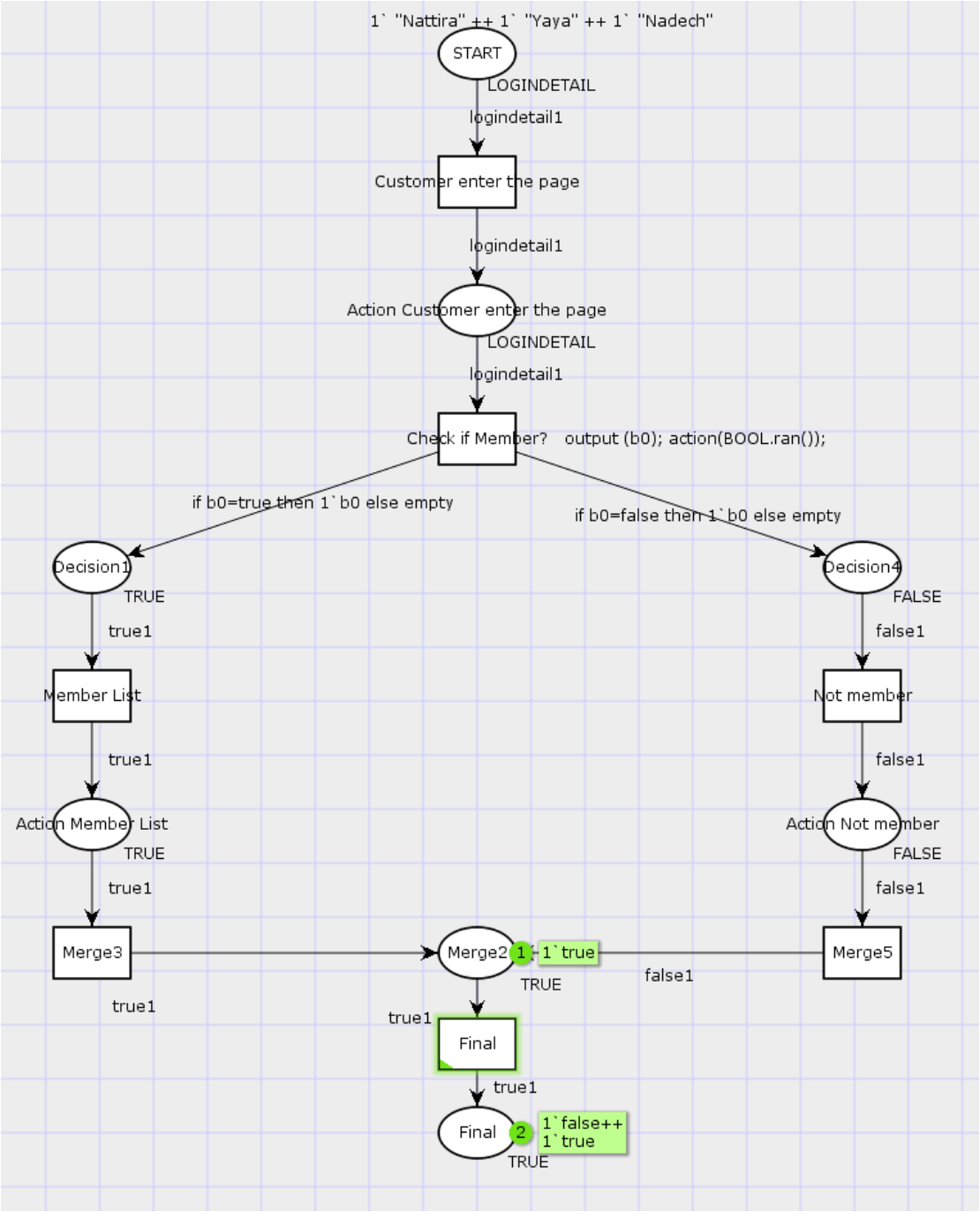
รูปที่ 5.41 ตัวแปรและคัลเลอร์เซตของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ



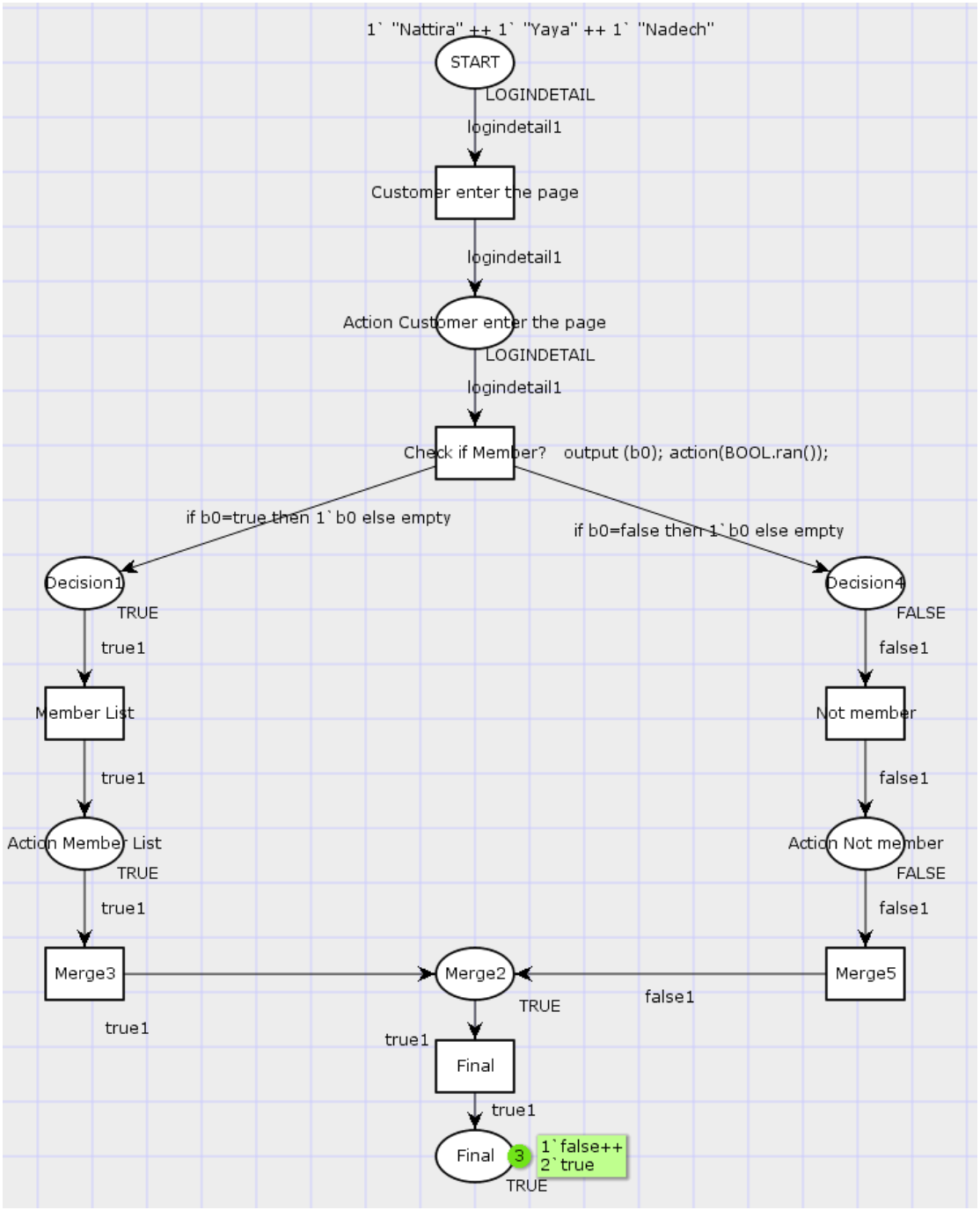
รูปที่ 5.42 คัลเลอร์เพทริเน็ตของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ



รูปที่ 5.43 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ



รูปที่ 5.44 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ (ต่อ)



รูปที่ 5.45 การจำลองการทำงานของคัลเลอร์เพทริเน็ตการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ (ต่อ)

ตารางที่ 5.13 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ

```
CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/Nattira_Man/Documents/Project/TestsFinal/Bo
ol/project.cpn
Report generated: Thu Apr 27 23:35:17 2017


 Statistics
------------------------------------------------------------

  State Space
     Nodes:  388
     Arcs:   875
     Secs:   0
     Status: Full

  Scc Graph
     Nodes:  388
     Arcs:   875
     Secs:   0


 Boundedness Properties
------------------------------------------------------------

  Best Integer Bounds
                                                 Upper       Lower
     New_Page'Action_Customer_enter_the_page 1
                                                 3           0
     New_Page'Action_Member_List 1               3           0
     New_Page'Action_Not_member 1                3           0
     New_Page'Decision1 1                        3           0
     New_Page'Decision4 1                        3           0
     New_Page'Final 1                            3           0
     New_Page'Merge2 1                           3           0
     New_Page'START 1                            3           0

Best Upper Multi-Set Bounds
     New_Page'Action_Customer_enter_the_page 1
                          1`"Nadech"++
                          1`"Nattira"++
                          1`"Yaya"
     New_Page'Action_Member_List 1
                          3`true
     New_Page'Action_Not_member 1
                          3`false
     New_Page'Decision1 1
                          3`true
     New_Page'Decision4 1
                          3`false
```

ตารางที่ 5.13 รายงานการวิเคราะห์ปริภูมิสถานะของการเก็บสถิติผู้ใช้งานระบบ (ต่อ)

```
     New_Page'Final 1    3`false++
                         3`true
     New_Page'Merge2 1   3`false++
                         3`true
     New_Page'START 1    1`"Nadech"++
                         1`"Nattira"++
                         1`"Yaya"

  Best Lower Multi-Set Bounds

     New_Page'Action_Customer_enter_the_page 1
                         empty
     New_Page'Action_Member_List 1
                         empty
     New_Page'Action_Not_member 1
                         empty
     New_Page'Decision1 1
                         empty
     New_Page'Decision4 1
                         empty
     New_Page'Final 1    empty
     New_Page'Merge2 1   empty
     New_Page'START 1    empty


 Home Properties
-----------------------------------------------------------------
  Home Markings
     None


 Liveness Properties
-----------------------------------------------------------------

  Dead Markings
     [385,386,387,388]

  Dead Transition Instances
     None

  Live Transition Instances
     None


 Fairness Properties
-----------------------------------------------------------------
     No infinite occurrence sequences.
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องมือที่พัฒนาโดยใช้กรณีศึกษาแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 6 กรณีศึกษาด้วยกัน ทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต โดยใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ตามกรณีทดสอบที่กำหนดขึ้น พบว่าเครื่องมือสามารถแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตตามกฎที่สร้างขึ้นมาได้อย่างถูกต้อง เห็นได้ว่ากรณีศึกษาที่ใช้ในการทดสอบคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้สามารถจำลองการทำงานเพื่อดูการไหลของข้อมูล การทดสอบการไหลของข้อมูลสามารถทำได้ถูกต้อง และสามารถนำคัลเลอร์เพทริเน็ตไปวิเคราะห์ด้วยปริภูมิสถานะโดยใช้ซีพีเอ็นทูลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการออกแบบกฎและพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ครอบคลุมถึงอินสคริปชัน เพื่อให้แผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้สามารถเปิดใช้งานกับซีพีเอ็นทูลได้ทันทีโดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องทำอะไรเพิ่ม โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอกฎในการแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมที่สนใจ และแผนภาพกิจกรรมต้องมีการกำหนดตัวแปรตามที่กำหนดในงานวิจัยนี้

สำหรับการทวนสอบคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จะทำการทวนสอบโดยใช้กรณีศึกษา 6 กรณีด้วยกัน เพื่อให้ครอบคลุมทุกส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมที่สนใจ พบว่าเครื่องมือสามารถแปลงแผนภาพกิจกรรมไปเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตได้ถูกต้องตามกฎที่กำหนดไว้และสามารถเปิดและทำการทวนสอบโดยซีพีเอ็นทูลได้ เพื่อดูการไหลของข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เช่นถ้าเป็นโหนดทางแยก ข้อมูลจะสามารถไหลขนานกันได้ทุกเส้นข้อมูลที่พุ่งออกจากโหนดทางแยก แต่ถ้าเป็นโหนดตัดสินใจ ข้อมูลจะไหลไปทางใดทางหนึ่งเท่านั้นโดยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดที่ระบุบนโหนดตัดสินใจ และการวิเคราะห์ด้วยปริภูมิสถานะของแผนภาพทำให้สามารถทราบว่าแผนภาพกิจกรรมที่สร้างขึ้นมามีเส้นทางใดที่ไม่มีข้อมูลไหลผ่านเลยบ้าง

เครื่องมืออัตโนมัตินี้จะช่วยให้ผู้ใช้งานที่ต้องการทวนสอบแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่สร้างขึ้นโดยใช้ซีพีเอ็นทูลได้โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องยุ่งยากในการประกาศตัวแปร การสร้างค่ากำหนดตั้งต้น และการเขียนอินสคริปชันในคัลเลอร์เพทริเน็ต

6.2 ข้อจำกัด

1) เครื่องมือสามารถแปลงส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล 8 ส่วนประกอบด้วยกัน คือ โหนดการกระทำที่มีหมุดรับข้อมูลเข้าและหมุดส่งข้อมูลออก โหนดเริ่มต้น โหนดตัดสินใจ โหนดผสาน โหนดทางแยก โหนดร่วม โหนดสุดท้าย และเส้นเชื่อมเท่านั้น

2) แผนภาพกิจกรรมที่นำมาแปลงเป็นแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลต้องมีการใส่ค่าตัวแปรตามที่กำหนดอย่างถูกต้อง (Well defined)

3) เครื่องมือที่พัฒนาสนับสนุนคัลเลอร์เซตประเภทบูลีน สายอักขระ จำนวนเต็ม และแบบระเบียนเท่านั้น

4) เครื่องมือที่พัฒนาสนับสนุนอินสคริปชัน ชื่อของเพลส คัลเลอร์เซต การกำหนดค่าตั้งต้น นิพจน์ที่อาร์ค ชื่อทรานซิชัน และอินสคริปชันส่วนโปรแกรมที่ทรานซิชันเท่านั้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

เครื่องมือในการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตในงานวิจัยนี้ ยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้

1) พัฒนาเครื่องมือให้ครอบคลุมทุกส่วนประกอบของแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอล

2) พัฒนาเครื่องมือให้สามารถลดจำนวนดัมมีโหนดลงได้

3) พัฒนาเครื่องมือให้สนับสนุนคัลเลอร์เซตประเภทอื่นได้

4) พัฒนาเครื่องมือให้สนับสนุนอินสคริปชันแบบเวลาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] G. Om, "Unified Modeling Language: Superstructure version 2.0, formal/05-07-04," 2005.

[2] K. Jensen and L. M. Kristensen, *Coloured Petri nets: modelling and validation of concurrent systems*. Springer Science & Business Media, 2009.

[3] K. Jensen, S. Christensen, P. Huber, and M. Holla. CPN TOOLS [Online].

[4] L. Zhu and Y. Wang, "From UML activity diagrams to CPN: An automatic transforming method," in *Computing and Convergence Technology (ICCCT), 2012 7th International Conference on*, 2012, pp. 955-959: IEEE.

[5] M. A. Vladimiriovich, V. A. Alexandrovich, and R. D. Olegovich, "Automatic translation UML activity diagrams to Petri net," in *Control and Communications (SIBCON), 2015 International Siberian Conference on*, 2015, pp. 1-4: IEEE.

[6] B. Agarwal, "Some Rules to Transform Activity Diagrams into Colored Petri Nets," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN,* pp. 2277-3878, 2012.

[7] S. Maqbool, "Transformation of a core scenario model and activity diagrams into petri nets," University of Ottawa (Canada), 2005.

[8] R. Data, "W3Schools Online Web Tutorials," *Online Document available on:* http://www. *w3schools. com, Last visited: 23rd July,* 2008.

[9] M. CPN, "An extension of standard ML," ed.

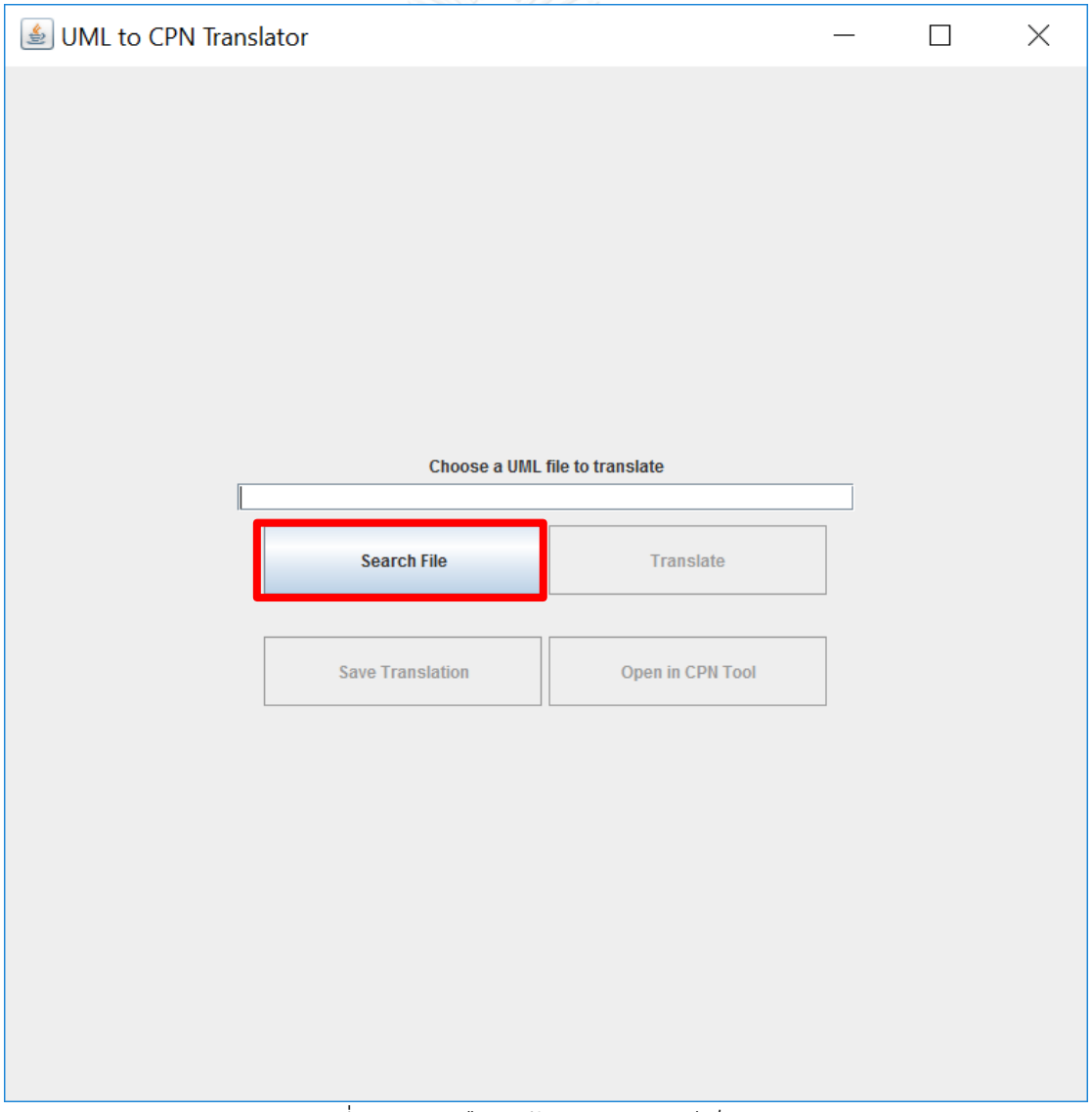
ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน

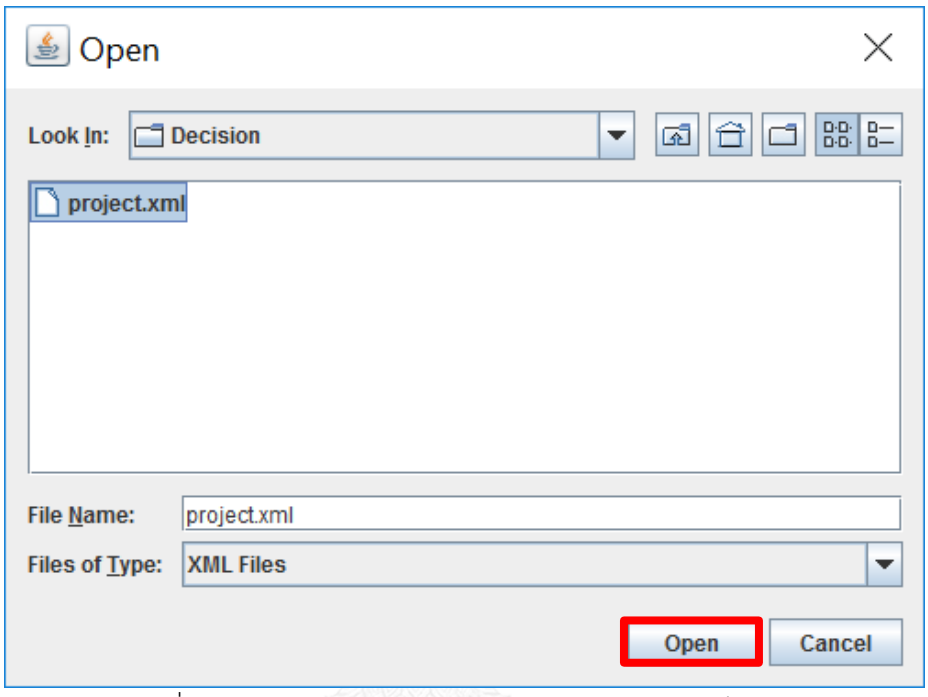
ในการเริ่มการใช้งานเครื่องมือแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต ในที่นี้ผู้วิจัยจะขออธิบายในกรณีที่ผู้ใช้งานมีแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลในรูปแบบที่เครื่องมือนี้รองรับ และทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลให้อยู่ในรูปแบบของเอกซ์เอ็มแอล โดยใช้เครื่องมือ Visual Paradigm ดังที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 การใช้งานเครื่องมือจึงมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เริ่มต้นด้วยการนำเข้าแผนภาพกิจกรรมที่เราต้องการจะแปลงเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ต เลือกปุ่ม Search File ดังแสดงในรูปที่ ก.1 เพื่อทำการค้นหาแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล



รูปที่ ก.1 การเลือกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

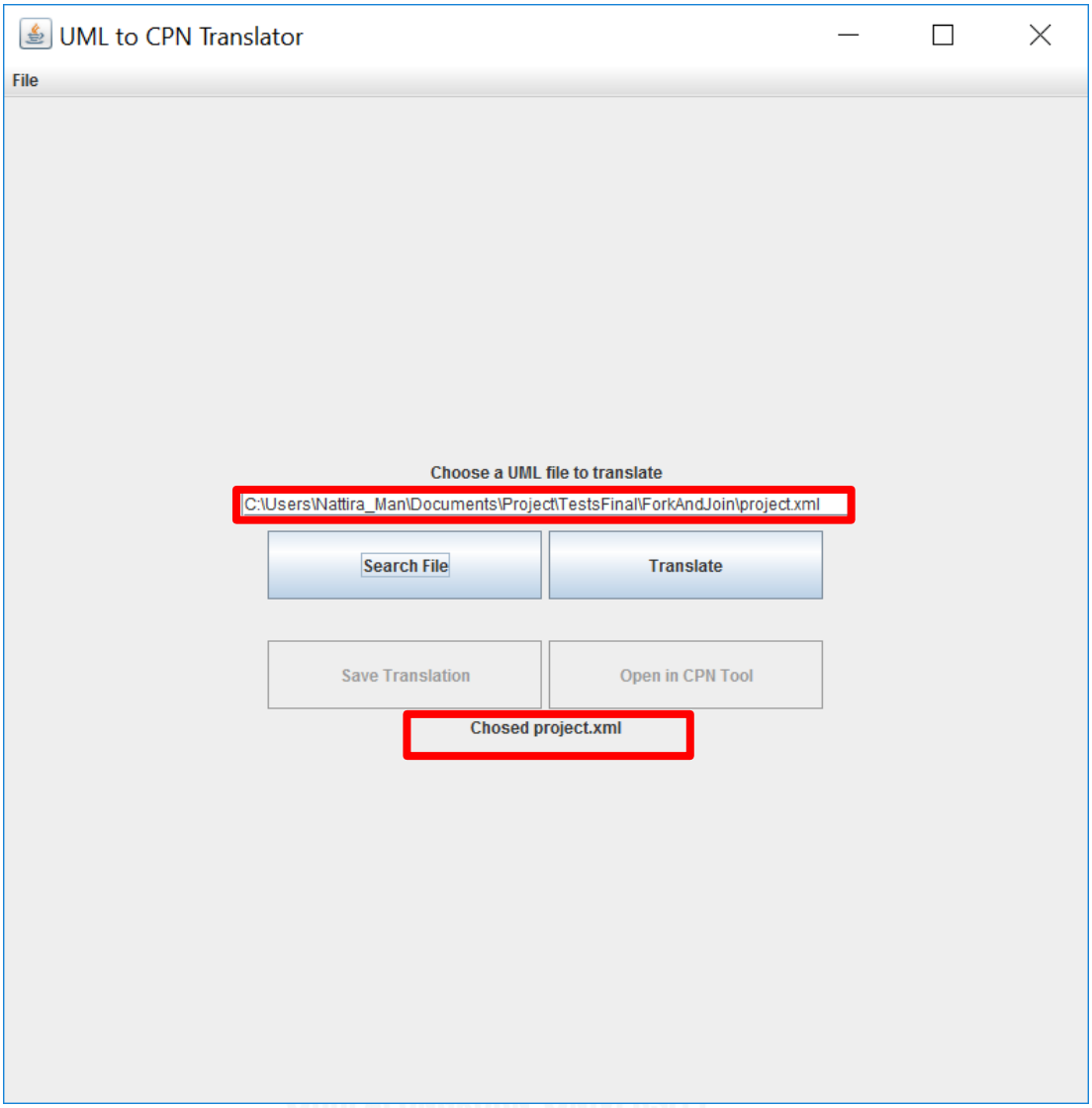
2) จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกที่อยู่ของเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ต้องการ และเลือกปุ่ม Open ตามตัวอย่างในรูปที่ ก.2



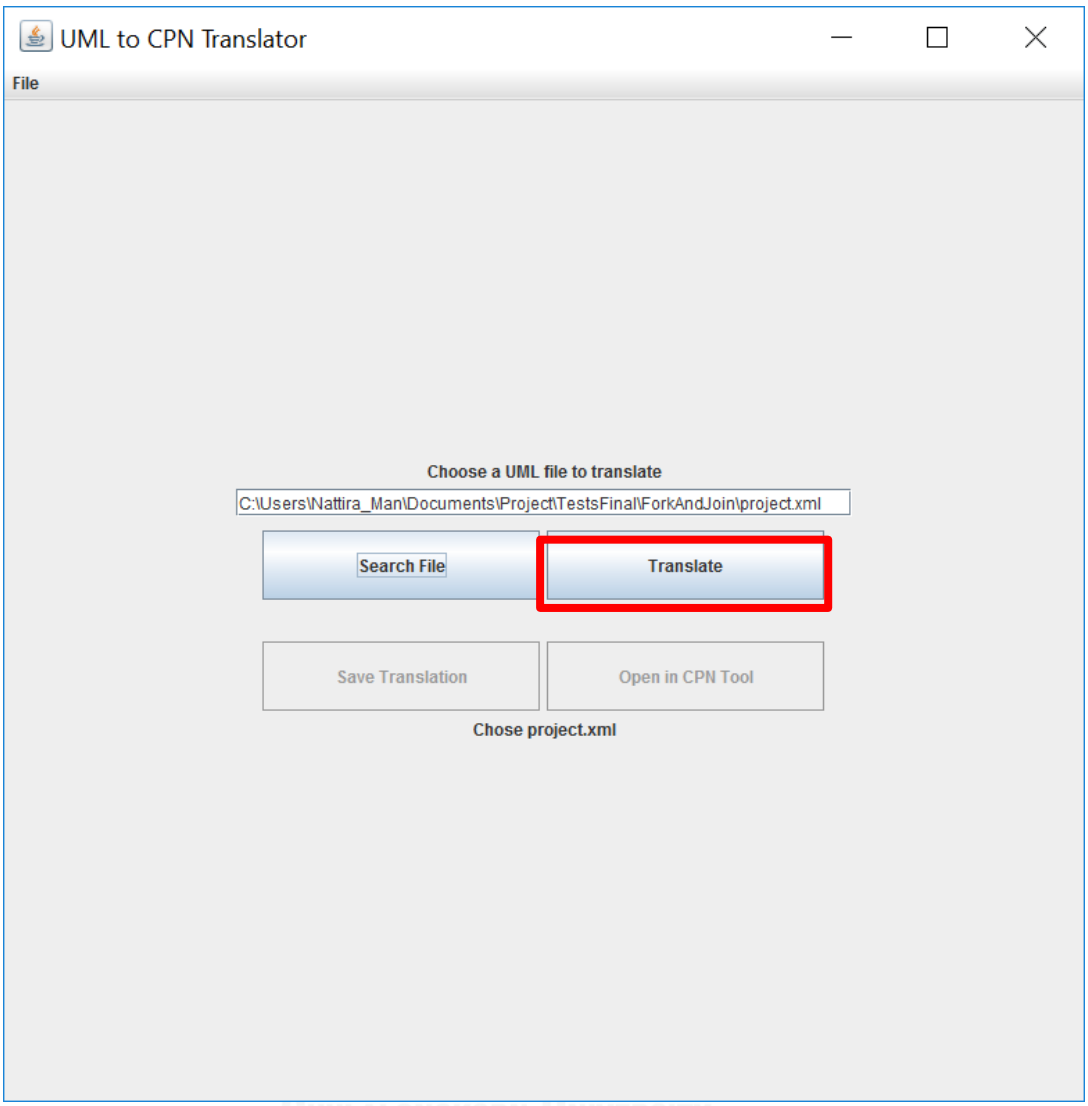
รูปที่ ก.2 หน้าต่างย่อยในการเลือกแฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอล

3) เมื่อนำเข้าแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลเรียบร้อยแล้ว แฟ้มเอกสารเอกซ์เอ็มแอลที่ได้ทำการเลือกจะปรากฏในกล่องข้อความ และจะปรากฏข้อความที่ป้ายสถานะ (Status Label) แจ้งให้ผู้ใช้งานทราบสถานะว่า Chose ตามด้วยชื่อเอกสารที่เราได้ทำการเลือก ดังแสดงในรูปที่ ก.3 เอกสารที่ทำการเลือกชื่อ project.xml ดังนั้น ป้ายสถานะจะแสดงข้อความว่า Chose project.xml

4) เลือกปุ่ม Translate เพื่อทำการแปลงแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลที่เลือกไปเป็นคัลเลอร์เพทริเน็ตตามกฎที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ ก.4

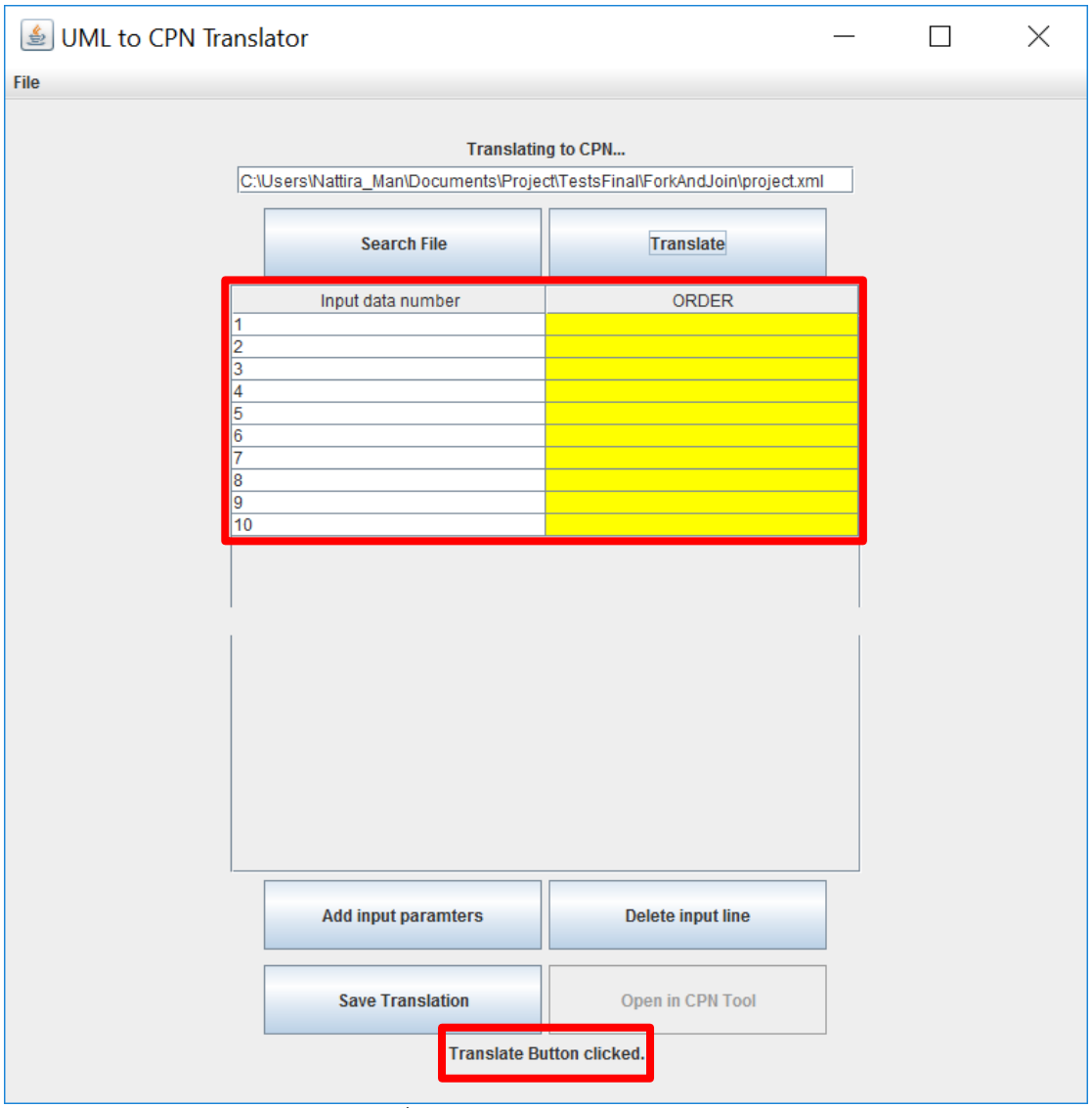


รูปที่ ก.3 เมื่อเลือกชื่อไฟล์สำเร็จ



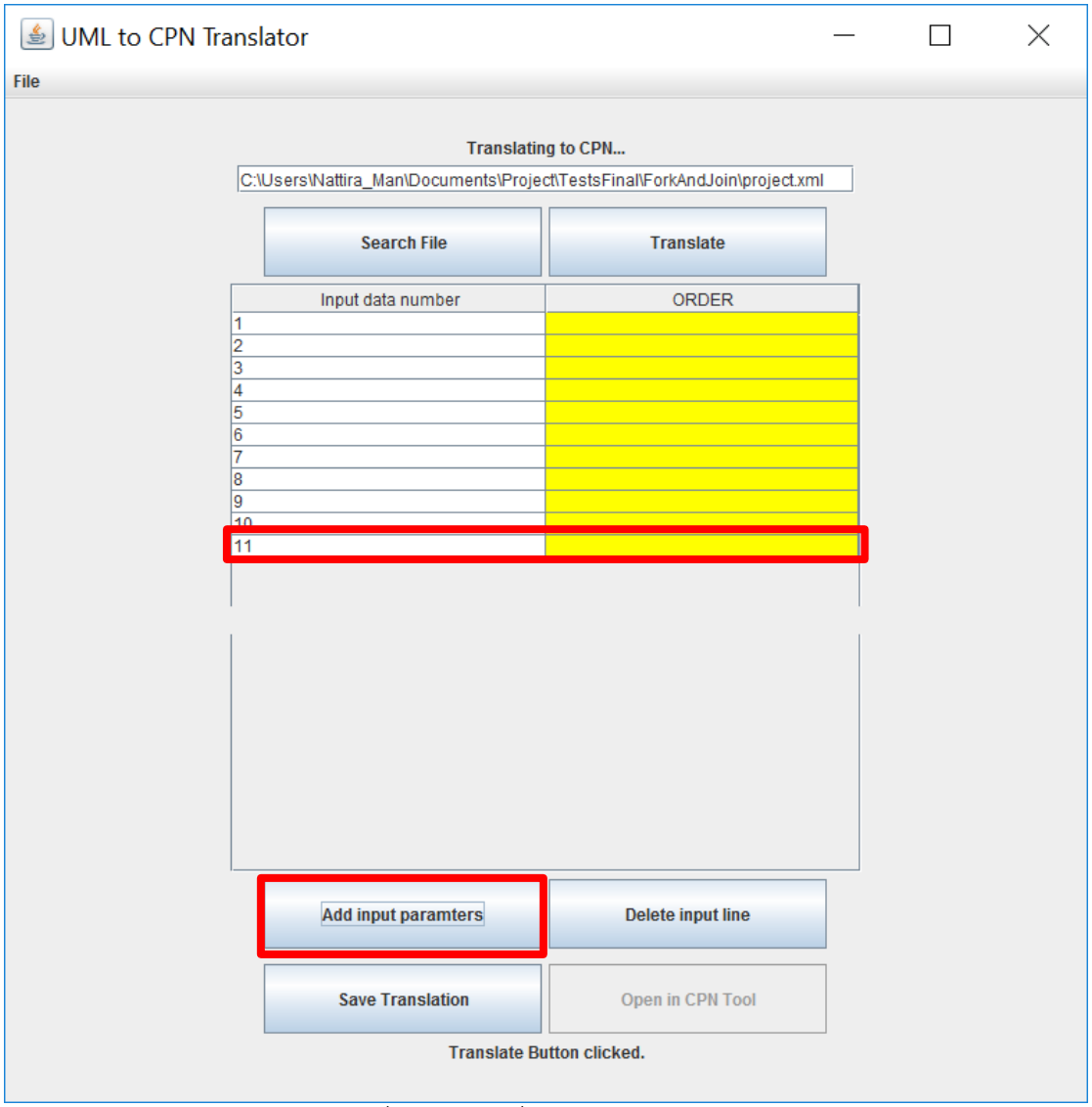
รูปที่ ก.4 การเลือกปุ่ม Translate

5) เมื่อผู้ใช้งานเลือกปุ่ม Translate ป้ายสถานะจะปรากฏข้อความ Translate Button Clicked และจะปรากฏตารางเพื่อให้เราทำการใส่พารามิเตอร์ ซึ่งพารามิเตอร์ที่เพิ่มลงไปนี้จะทำการแปลงไปเป็น โทเคนเริ่มต้น (Initial Token) ของคัลเลอร์เพทริเน็ต ซึ่งหากผู้ใช้งานไม่ใส่พารามิเตอร์ ก็จะยังสามารถแปลงไปแผนภาพกิจกรรมยูเอ็มแอลนี้ไปเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตได้ แต่จะเป็นแผนภาพคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ไม่มีโทเคนเริ่มต้น ในตัวอย่างรูปที่ ก.5 พารามิเตอร์ที่ใส่ลงไปคือ Iphone7



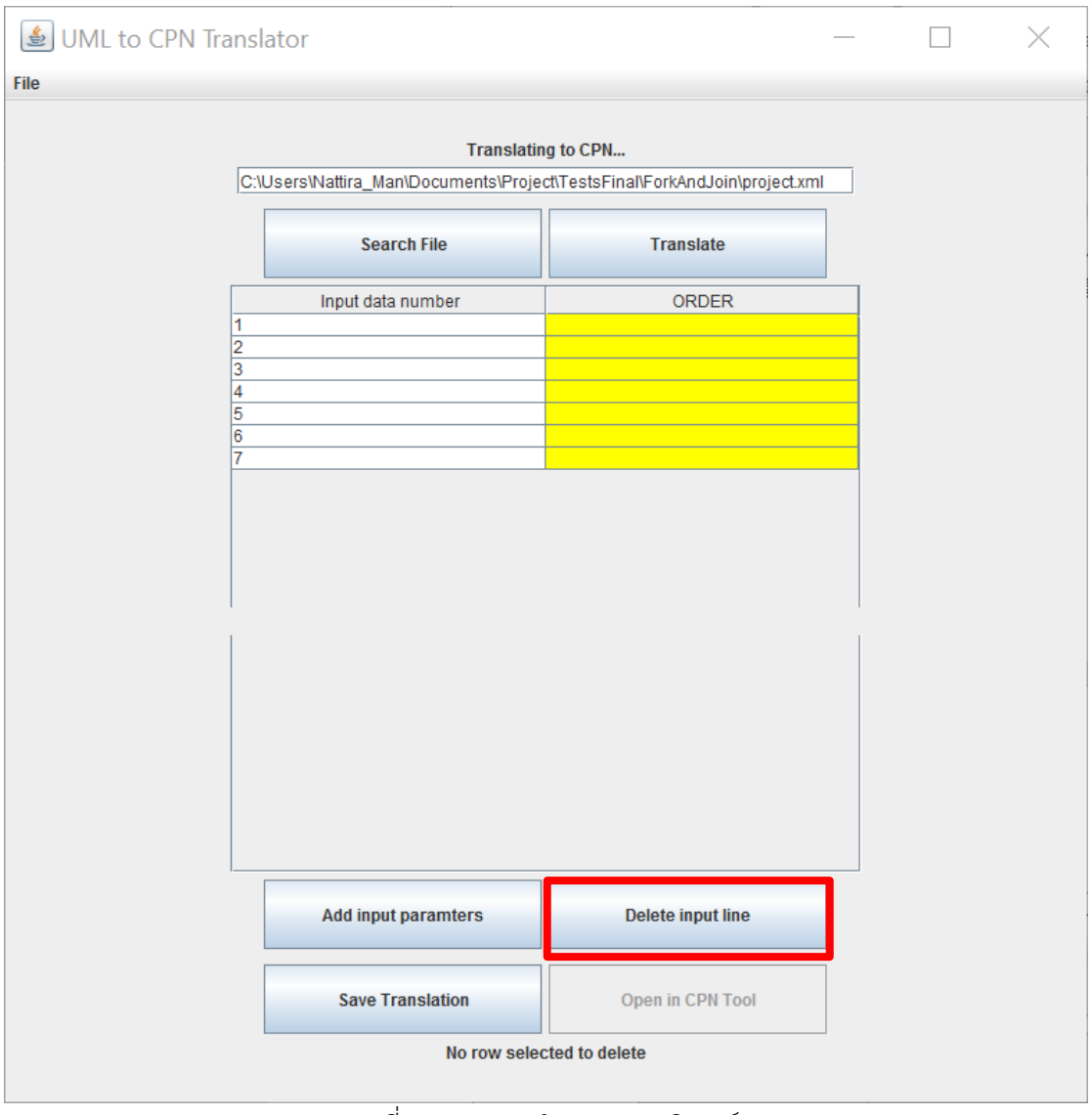
รูปที่ ก.5 การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์

5.1) ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์ได้ตามความต้องการโดยการเลือกปุ่ม Add Input Parameters จะปรากฏแถวเพิ่มขึ้นที่ละ 1 แถว ดังแสดงในรูปที่ ก.6 จำนวนแถวโดยปริยาย (Default) มี 10 แถว เมื่อทำการกดปุ่ม Add Input Parameters หนึ่งครั้งก็จะปรากฏแถวเพิ่มขึ้นมาหนึ่งแถวเป็น 11 แถว



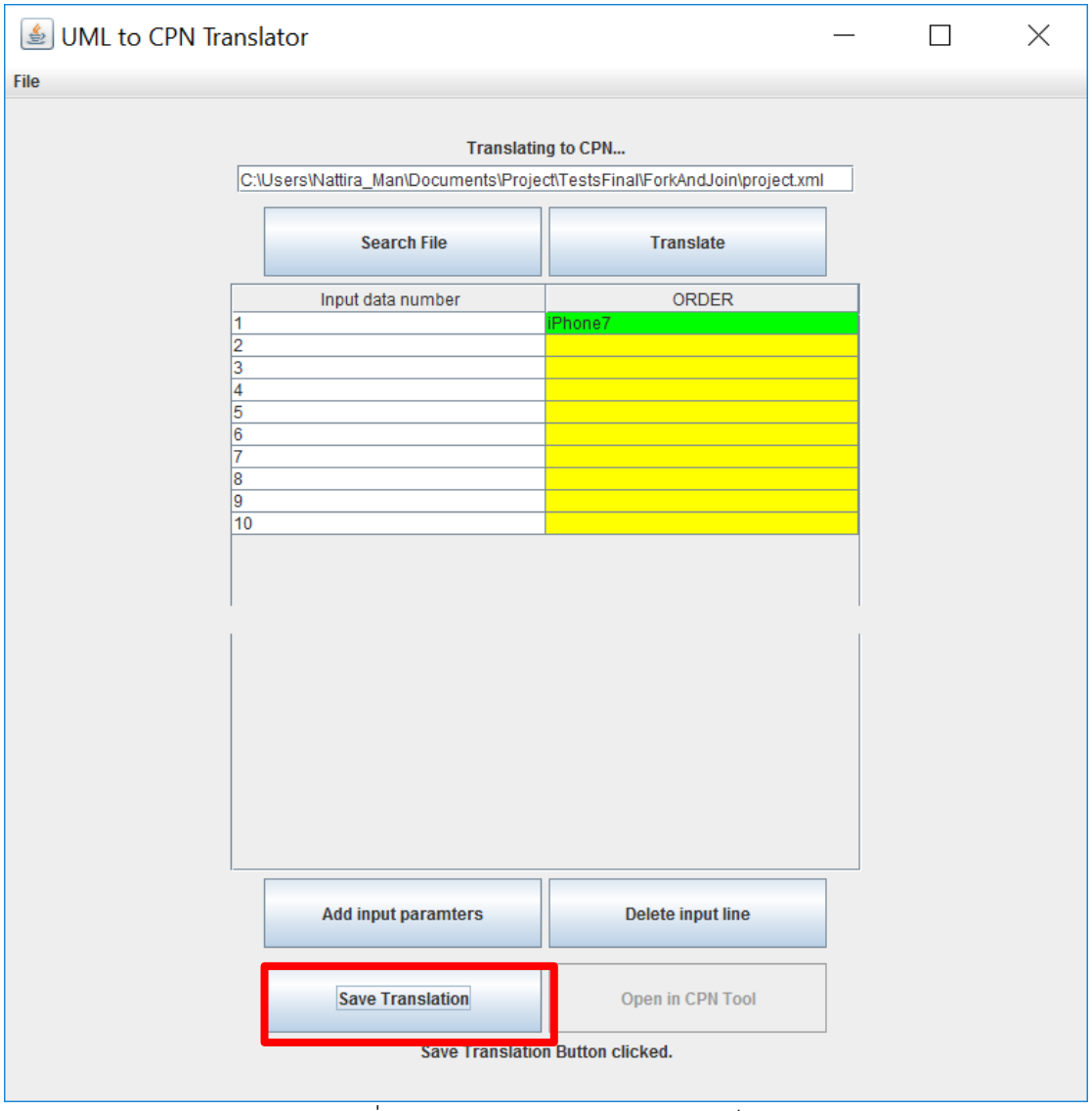
รูปที่ ก.6 การเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์

5.2) ผู้ใช้งานสามารถลบแถวพารามิเตอร์ได้ตามความต้องการโดยการเลือกแถวของพารามิเตอร์ที่ต้องการจะลบ แล้วเลือกปุ่ม Delete input line จะลบแถวพารามิเตอร์ออก ดังแสดงในรูปที่ ก.7

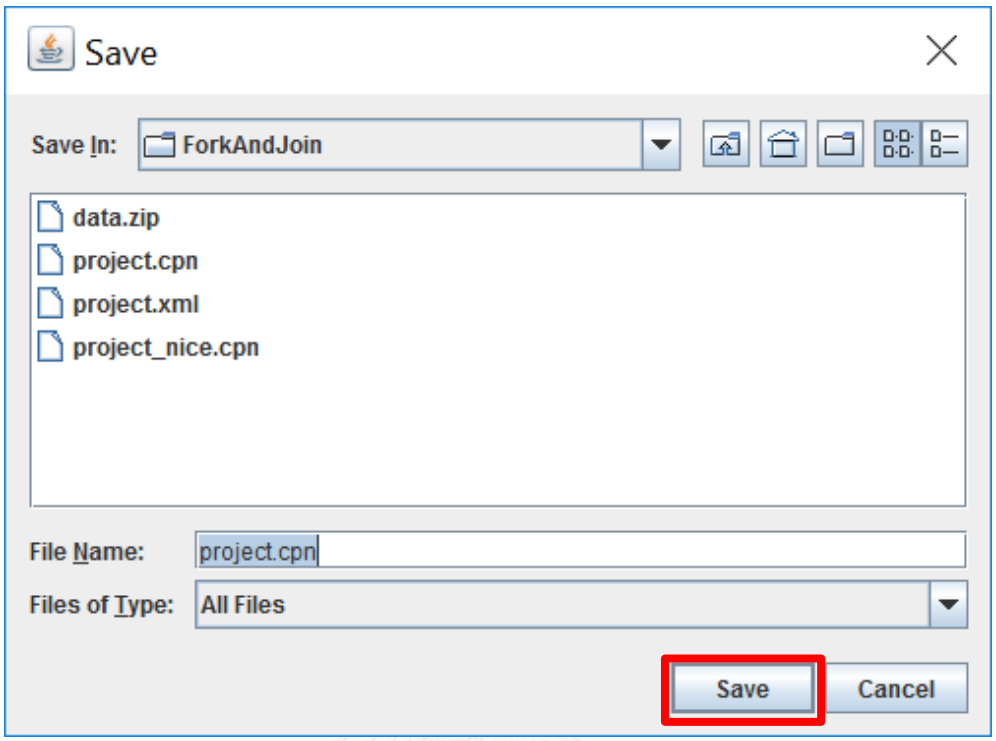


รูปที่ ก.7 การลบจำนวนพารามิเตอร์

6) เลือกปุ่ม Save Translation เพื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่แปลงได้ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น ดังแสดงในรูปที่ ก.8 และจะปรากฏหน้าต่างในรูปที่ ก.9 ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกที่อยู่ที่ต้องการจะบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น และเลือกปุ่ม Save เพื่อทำการบันทึก

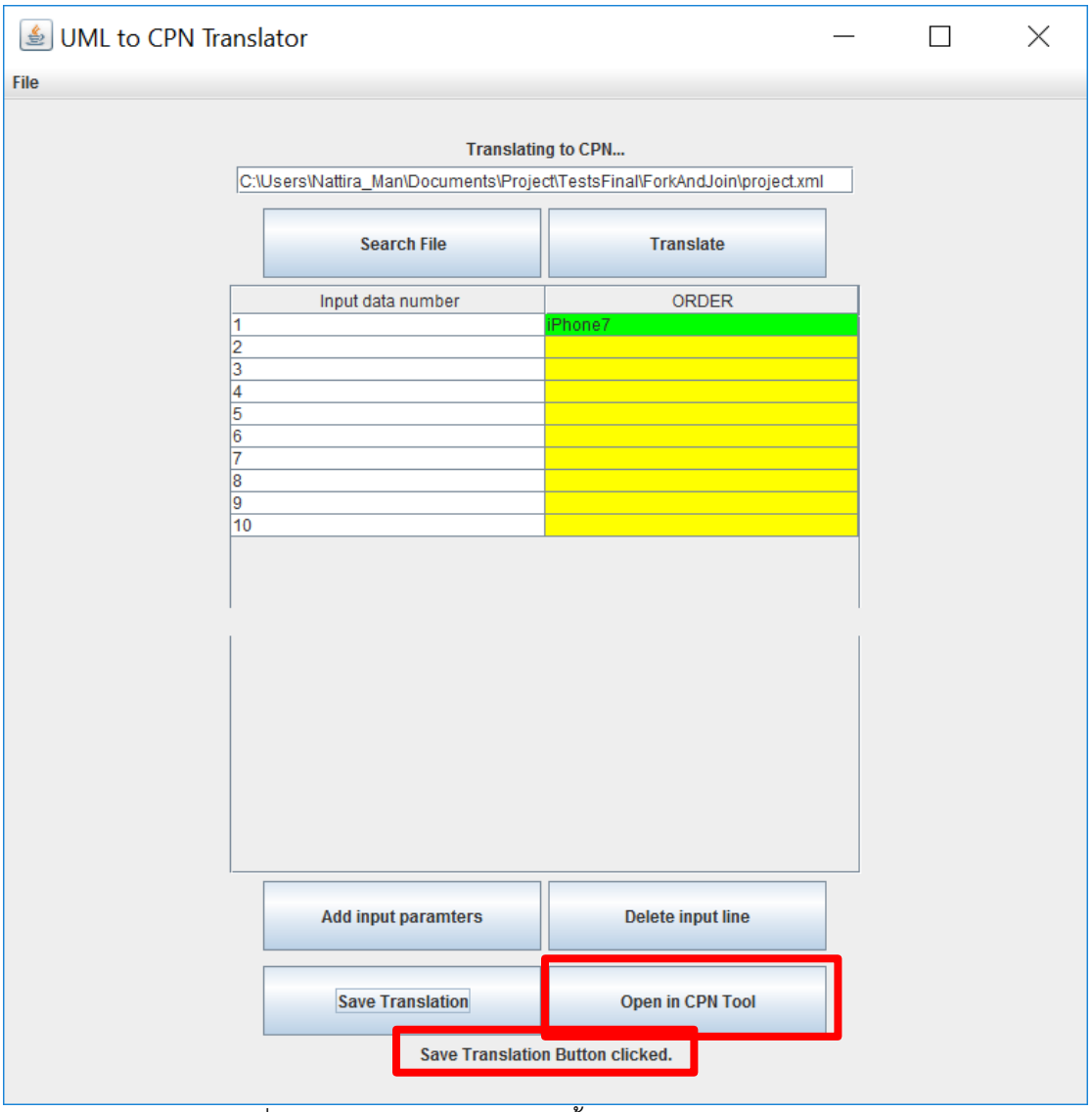


รูปที่ ก.8 การบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น



รูปที่ ก.9 หน้าต่างย่อยในการระบุตำแหน่งที่ต้องการบันทึกแฟ้มเอกสารซีพีเอ็น

7) เมื่อทำการบันทึกคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลงเรียบร้อยแล้ว ป้ายสถานะจะแสดงข้อความ Save Translation Button Clicked ผู้ใช้งานสามารถเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตที่ได้จากการแปลงขึ้นมาแสดงบนซีพีเอ็นทูลโดยการเลือกปุ่ม Open in CPN Tool ดังแสดงในรูปที่ ก.10 ซึ่งซีพีเอ็นทูลจะถูกเรียกขึ้นมาเพื่อทำการเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ต แต่การเปิดคัลเลอร์เพทริเน็ตเพื่อแสดงบนซีพีเอ็นทูลนั้น ผู้ใช้งานต้องมีการติดตั้งซีพีเอ็นทูลก่อน และต้องทำการตั้งค่าที่อยู่ของซีพีเอ็นทูล ตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2.1 การตั้งค่าที่อยู่ของซีพีเอ็นทูล



รูปที่ ก.10 การเรียกแฟ้มซีพีเอ็นขึ้นมาแสดงโดยใช้ซีพีเอ็นทูล

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฏฐิรา มณีรัตน์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปีการศึกษา 2548 และเมื่อปีการศึกษา 2557 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประวัติการทำงานในอดีตมีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์มาโดยตลอด ในปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้จัดการแผนกวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์ บริษัท พานาโซนิค ออโต้โมทีฟ เอเชีย แปซิฟิก จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University